

ДЕРЖАВНА УСТАНОВА «ІНСТИТУТ ПАТОЛОГІЇ ХРЕБТА
ТА СУГЛОБІВ ІМЕНІ ПРОФЕСОРА М.І. СИТЕНКА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ МЕДИЧНИХ НАУК УКРАЇНИ»
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МЕДИЧНИХ НАУК УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова праця

на правах рукопису

УДК 616.711.5.6–089.22–06-07-084

БАРКОВ ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ
ДИСЕРТАЦІЯ
ДІАГНОСТИКА ТА ПРОФІЛАКТИКА УСКЛАДНЕНЬ
ДЕКОМПРЕСІЙНО-СТАБІЛІЗУЮЧИХ УТРУЧАНЬ НА ГРУДНОМУ
ТА ПОПЕРЕКОВОМУ ВІДДІЛАХ ХРЕБТА

14.01.21 – ортопедія та травматологія

222 – медицина

Подається

на здобуття наукового ступеня

доктора медичних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.
У роботі не використовувалися інструменти штучного інтелекту.

О. О. Барков

Науковий консультант:
Корж Микола Олексійович
заслужений діяч науки і техніки
України, доктор медичних наук,
професор

Харків – 2026

АНОТАЦІЯ

Барков О.О. Діагностика та профілактика ускладнень декомпресійно-стабілізуючих утручань на грудному та поперековому відділах хребта – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора медичних наук за спеціальністю 14.01.21 «Травматологія та ортопедія» (222 – Медицина). Державна установа «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М. І. Ситенка Національної академії медичних наук України», Харків, 2026.

Досягнення науково-технічного прогресу суттєвим чином відобразились на стані медичної науки і медичних технологій, в тому числі на хірургії хребта. Завдяки якісно новому рівню діагностики та розвитку хірургічної техніки, за останні 10 років відзначено значне зростання хірургічної активності на хребті. Актуальність теми дослідження, в першу чергу, обумовлена доволі значною та варіабельною кількістю ускладнень, в межах від 1,8 % до 56,4 %, які виникають у хворих після проведення декомпресійно-стабілізуючих операцій на грудному та поперековому відділах хребта. Ускладнення, які виникають, ведуть до великих економічних втрат та значним чином впливають на якість життя та майбутнє хворого.

Встановлення транспедикулярних конструкцій на теперішній час є «золотим стандартом» стабілізуючих хірургічних утручань при лікуванні захворювань, деформацій та ушкоджень хребта, але їх необґрунтоване використання може призводити до неефективності, помилок та ускладнень. Виявлено, що основними післяопераційними ускладненнями після транспедикулярної фіксації є нестабільність конструкції, некоректне розташування гвинтів, захворювання суміжного сегменту, залишковий біль після хірургічного лікування, запалення м'яких тканин навколо гвинтів, неврологічні ускладнення та розвиток гіперкоагуляційних станів. Для зменшення частоти ускладнень транспедикулярної фіксації та ревізійних утручань в хірургії хребта, вагому нішу зайняли «спінальна навігація» та нейромоніторинг.

Саме тому метою роботи стало обґрунтування та розробка алгоритмізованої методики діагностики та профілактики ускладнень транспедикулярної фіксації при декомпресійно-стабілізуючих утручаннях на грудному та поперековому відділах хребта. Для досягнення цієї мети було використано сучасні інформаційно-аналітичні, клінічні, біохімічні, біомеханічні та експериментальні дослідження.

Так, завдяки проведеному ретроспективному аналізу протоколів операцій 268 хворих які зазнали ревізійних хірургічних утручань, визначено, що найбільш частими причинами для повторних операцій були ускладнення у 143 (53,4 %) хворих пов'язаних безпосередньо з конструкцією (некоректне проведення гвинтів, злам гвинтів, стрижнів, нестабільність гвинтів та стрижнів), другим за значущістю був залишковий біль у поперековому відділі хребта ("failed back" синдром) після первинно виконаної інструментації у 64 (23,9 %) хворих, на третьому місці були хворі з інфекційним запаленням післяопераційної рани 32 (11,9 %) та захворюванням суміжного сегмента 16 (6,0 %).

Отримані результати дослідження напружено-деформованого стану створеної математичної моделі «хребет – моно- та полісегментарна транспедикулярна фіксація», які описували інтактний та «патологічний» стан поперекового відділу хребта, зі включенням хребців L_1-S_1 , показали, що максимальні напруження кортикальної кістки концентруються у базовому L_5 хребці — 147 МПа при «патологічному» міжхребцевому диску L_v-S_1 у моделі з гіперлордозом. При моносегментарній фіксації L_v-S_1 та «патологічному» диску на цьому рівні, напруження на кортикальну кістку L_v та S_1 хребців складають (від 100 МПа до 134 МПа), як в групах з нормальним так і з гіперлордозом. При полісегментарній фіксації L_1-S_1 , виникає перерозподіл напруження на кортикальну кістку всіх хребців, але все ж такі кортикальна кістка L_v та S_1 хребців іспитує максимальні напруження (від 60 МПа до 98 МПа) і тільки в групі з гіполордозом ці напруження мінімальні (33 МПа, 52 МПа). Максимальні напруження іспитує, вище розташований міжхребцевий диск при моносегментарній фіксації L_v-S_1 та «патологічному»

диску на цьому рівні з гіполордозом, зростає напруження на міжхребцевий диск $L_{IV}-L_V$ до 0,90 МПа в порівнянні з інтактним станом (0,73 МПа). При полісегментарній транспедикулярній фіксації вже має місце розподілення навантажень між хребтовими руховими сегментами. Максимальне зростання напруження на хрящ дуговідросткових суглобів сегменту $L_{IV}-L_V$ до 15 МПа визначено при фіксації сегменту L_V та S_1 в групі з гіперлордозом. Максимальне напруження на стрижень 1800 МПа приходить на стрижень в групі з гіперлордозом і полісегментарною фіксацією L_1 та S_1 . Найменші значення максимальних еквівалентних напружень (від 600 МПа до 850 МПа) спостерігаються тільки в групі з гіполордозом. Отже, найбільш несприятливим збереженням положення поперекового лордозу при транспедикулярній фіксації с точки зору стабілізації «патологічного» сегменту, а також перерозподілу і зменшенню напружень, визначено положення гіперлордозу.

При дослідженні кінематичної моделі хребта на скелетно-м'язових моделях після виконання транспедикулярної фіксації $L_{IV}-S_1$, було визначено, що сила навантаження суміжних сегментів при згинанні вперед залежить від виконаного кута інструментального спондилодезу. Фіксація хребтово-рухових сегментів у гіполордотичному положенні призводить крижово-здухвинне зчленування до збільшення навантажень на 7,09 %, а на верхній суміжний до зони фіксації хребець на 14,35 %. Фіксація у гіперлордотичному положенні призводить до збільшення навантажень на верхній суміжний сегмент на 14,92 %, а на крижово-здухвинне зчленування навпаки до зменшення 15,17 %. Використана модель довела взаємозв'язок між м'язами, спондилодезом, кінематикою навантажень на крижово-здухвинне зчленування і тіло хребця вище рівня інструментації після виконаного хірургічного втручання. Такі зміни амплітуди навантажень, по-перше, можуть грати велику роль в розвитку захворювань суміжного сегмента прилеглого до зони спондилодезу, по-друге, бути одним із факторів причини розвитку синдрому невдало оперованої спини («failed back» синдром) і, по-третє,

можуть грати не останню роль в розвитку ускладнень, безпосередньо пов'язаних з транспедикулярною конструкцією.

За результатами експериментального дослідження на білих щурах, при визначенні змін у суміжних міжхребцевих дисків та навколо спинномозкових нервів із їх компресією за допомоги скоб або перев'язування, доведено, що обидва способи експериментальної компресії спинномозкових нервів з ушкодженням міжхребцевого диску призводять до розвитку деструктивних змін аксонів у ділянках, що знаходяться дистально від місця притискання, а також дегенеративних змін у суміжних міжхребцевих дисках, які у разі моделювання компресії нерва як ускладнення спондилодезу не відрізняються між краніальним і каудальним дисками та більш виражені у каудальному диску у разі перев'язування нерва (без стабілізації тіл хребців).

При вивченні характеру змін у міжхребцевих дисках та тілах суміжних хребців у динаміці за даними магнітно-резонансної томографії після транспедикулярної фіксації поперекового відділу хребта визначено, що зміни стану суміжних міжхребцевих дисків впродовж одного року після транспедикулярної фіксації хребців є розповсюдженим явищем. Зміни суміжних сегментів швидше виникали у сегментах, розташованих вище зони фіксації ($L_{III}-L_{IV}$), що мало місце частіше у перші 6 місяців після хірургічного лікування і, вірогідно, відбувалося за рахунок більшої амплітуди осьових та, особливо, поперечних здвигових навантажень, які компенсують нерухомість фіксованих сегментів. Зміни у нижніх суміжних з фіксованим сегментах (L_V-S_I) звичайно були менш вираженими та переважно проявлялися не раніше, ніж через рік після хірургічного втручання.

Виконано порівняльну оцінку точності розташування гвинтів в хребцях та оцінено кількість ревізійних хірургічних утручань, пов'язаних з некоректним розташуванням гвинтів між I групою хворих із стандартною технікою установки гвинтів (техніка «вільних рук») (747 хворих) та II групою хворих із технікою проведення гвинтів з використанням 3D-навігаційної системи (252 хворих). Аналіз випадків невдач при використанні навігаційної системи дав можливість розробити низку практичних рекомендацій, які

допомагають попередити порушення роботи навігаційної системи та уникнути ускладнень, пов'язаних з установкою транспедикулярних гвинтів. При цьому з 4,95 % до 0,39 % знижено відсоток некоректно встановлених транспедикулярних гвинтів, що дозволило збільшити складність та спектр хірургічних втручань, а також зменшити долю ревізійних хірургічних втручань, пов'язаних із порушенням їх позиціонування.

При дослідженні специфічності та чутливості інтраопераційного нейромоніторингу у хворих, яким виконували транспедикулярну фіксацію на грудному та поперековому відділах хребта, було доведено, що модальності інтраопераційного нейромоніторингу є високо чутливими та специфічними до ушкоджень структур спинного мозку та спинномозкових нервів під час проведення транспедикулярних гвинтів і корегувальних дій на грудному та поперековому відділах хребта, але залежність від ряду зовнішніх факторів може знижувати їх інформативність. Його використання, у хворих із захворюваннями, деформаціями та травмами хребта, при поєднанні з навігаційною системою, дозволило на 92 % зменшити ризик неврологічних ускладнень під час та після хірургічного лікування.

На підставі визначення змін маркерів запалення, метаболітів сполучної тканини та їх діагностичної чутливості у хворих, яким була проведена транспедикулярна фіксація, в тому числі, із ускладненим перебігом, в залежності від виду ускладнень створено алгоритмізовану схему лабораторного обстеження хворих, а також патернову схему прогнозування та розвитку післяопераційних ускладнень. При плануванні хірургічного втручання особливої уваги потребують хворі у яких змінено значення показників, діагностична чутливість яких складає від 60 % до 95 %: вміст хондроїтинсульфатів, С-реактивного білку, гаптоглобіну, сіалових кислот, глікопротеїнів, активність лужної фосфатази, концентрація циркулюючих імунних комплексів, коефіцієнт спонтанної міграції лімфоцитів, рівень міграції лімфоцитів із антитілами на хрящовий антиген та на антиген синовіальної оболонки.

Проведені клінічні, біохімічні, біомеханічні та експериментальні дослідження дали можливість розробити алгоритмізовану методику діагностики та профілактики розвитку ускладнень транспедикулярної фіксації хребтових рухових сегментів із практичними рекомендаціями на грудному та поперековому відділах хребта, які дозволяють структуровано оцінити ризик ускладнень, запланувати хірургічне лікування з урахування сучасних технологій та знань, контроль усіх критичних точок, індивідуальний підхід до кожного хворого, інтеграцію спінальної навігації та нейромоніторингу, що в цілому дозволяє мінімізувати ускладнення.

Наукова новизна отриманих результатів

Вперше в результаті математичного моделювання методом скінчених елементів, що описує різні кутові значення сагітального контуру хребта, без та з урахуванням транспедикулярної фіксації, визначені максимальні напруження системи «хребтово-руховий сегмент – транспедикулярна конструкція».

Вперше в результаті дослідження кінематичної моделі поперекового відділу хребта з використанням транспедикулярної фіксації хребців визначено силу навантаження на суміжні хребтово-рухові сегменти при максимальних нахилах тулуба, в залежності від виконаного кута інструментального спондилодезу та ушкодження м'язів під час виконання хірургічного доступу.

Вперше на підставі біохімічного дослідження визначено динаміку змін маркерів запалення, метаболітів сполучної тканини та імунної системи у хворих після транспедикулярної фіксації хребтових рухових сегментів у грудному та поперековому відділах хребта в залежності від виду післяопераційних ускладнень.

Вперше визначено специфічність та чутливість модальностей інтраопераційного нейромоніторингу у хворих з різною патологією хребта у разі застосування транспедикулярної фіксації.

Вперше на підставі експерименту вивчено, що обидва способи компресії спинномозкового нерва та пошкодження драглистого ядра

міжхребцевого диска поперекового відділу хребта у щурів призводять до розвитку деструктивних змін аксонів у ділянках, що знаходяться дистально від місця притискання, а також дегенеративних змін у суміжних міжхребцевих дисках, які у разі моделювання компресії нерва, як ускладнення спондилодезу, не відрізняються між краніальним і каудальним дисками та більш виражені у каудальному диску у разі перев'язування нерва (без стабілізації тіл хребців).

Практичне значення отриманих результатів

Розроблено математичні кінематичні моделі патології хребта, які можуть бути використані при плануванні хірургічного втручання в якості профілактичних заходів ускладнень транспедикулярної фіксації хребтових рухових сегментів на грудному та поперековому відділах хребта.

Розроблено низку практичних рекомендацій, які зможуть попередити некоректну роботу спинальної навігаційної системи та уникнути ускладнень під час та після інструментації хребта транспедикулярною конструкцією.

На основі аналізу результатів передопераційного лабораторного обстеження хворих із розвитком ускладнень транспедикулярної фіксації хребтових рухових сегментів, визначені біохімічні та імунологічні показники крові у хворих із різними видами ускладнень після проведення хірургічного лікування в грудному та поперековому відділах хребта, зміни яких дозволяють своєчасно діагностувати розвиток специфічних ускладнень.

Розроблена експериментальна модель ускладнень спондилодезу поперекового відділу хребта на білих щурах може бути використана для подальшого використання в наукових дослідженнях.

Розроблено алгоритмізовану методику діагностики та профілактики ускладнень транспедикулярної фіксації при декомпресійно-стабілізуючих втручаннях на грудному та поперековому відділах хребта.

Ключові слова: грудний та поперековий відділ хребта, транспедикулярна фіксація, ускладнення, спондилодез, діагностика, профілактика.

Список публікацій здобувача

1. Петренко, Д. Є., Мезенцев, А. О., Демченко, О. В. & **Барков, О. О.** (2013). Верифікація методу визначення протяжності фіксації хребта під час виконання вентрального коригувального спондилодезу. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 3(592), 5–8. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-5987201335-8>
2. Skidanov, A. G., Duplii, D. R., Kotulsky, I. V., **Barkov, O. O.**, Kys, A. V., Piontkovsky, V. K. & Radchenko, V. O. (2015). Functional state of back muscles in patients with degenerative diseases of the spine. *Orthopedics, traumatology and prosthetics*. 4(601), 59–68. DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872015459-68>
3. Kolesnychenko, V. A., **Barkov, O. O.**, Bolkhovytyn, P. V., Bondarenko, S. Ye., Burlaka, V. V., Garbuznyak, I. M., Golka, T. G., Golovyna, Ya. O., Kosteryn, S. B., Mezentsev, V. O., Petrenko, D. Ye., Pidgayska, O. O., Popsuishapka, K. O., Skidanov, A. G. & Fedotova, I.F. (2015). *Orthopedic handbook*. Ed. M. O. Korzha, V. O. Radchenko (2nd ed.). Kyiv: "Health of Ukraine" Library. ISBN 978-617-7100-18-7
4. Fedotova, I. F., Korzh, I. V., Lyzogub, M. V., **Barkov, O. O.** & Piontkovsky, V. K. (2016). Management of orthopedic patients with arterial hypertension in the perioperative period (literature review). *Orthopedics, traumatology and prosthetics*. 3(604), 110–114. DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-598720163110-114>
5. Дєдух, Н. В., Бенгус, Л. М., Лєвшин, О. А., Костерін, С. Б., **Барков, О. О.** & Піонтковський, В. К. (2017). Морфологічні зміни в хребтових рухових сегментах поперекового відділу хребта кролів після їх стабілізації ригідними імплантатами. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 1(606), 21–26. DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872017121-26>
6. Radchenko, V. O., **Barkov, O. O.** & Skidanov, A. G. (2019). Five-year experience using the navigation system in spine surgery. *Orthopedics,*

traumatology and prosthetics. 1, 5–13 DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-5987201915-13>

7. **Барков, О. О.**, Костерін, С. Б., Піонтковський, В. К., Попов, А. І., Попсуйшапка, К. О., Скіданов, А. Г., Федотова, І. Ф. & Шманько, О. П. (2020). *Біль у спині. Посібник для сімейних лікарів: довідник лікаря*. Під ред. Коржа М. О., Радченка В. О. Київ: ТОВ «Бібліотека «Здоров'я України». ISBN 978-617-7100-52-1

8. Радченко, В. О., Леонтєва, Ф. С., **Барков, О. О.**, Туляков, В. О. & Корж І. В. (2021). Біохімічні й імунологічні показники крові хворих зі запальними ускладненнями після транспедикулярної фіксації хребта *Ортопедія, травматологія та протезування*. 2(623), 23–27. DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872021223-27>

9. **Барков, О. О.**, Веретельник, О. В., Ткачук, М. М., Ткачук, М. А. & Веретельник В. В. (2021). Вплив сагітальних поперекових параметрів на напружено-деформований стан хребтових рухових сегментів за умов застосування транспедикулярної фіксації. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 3(624), 37–48. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872021337-48>

10. **Барков, О. О.** & Дуплій, Д. Р. (2021). Практичні аспекти інтраопераційного нейромоніторингу у хворих із різною патологією хребта. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 4(625), 5–12. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-5987202145-12>

11. Радченко, В. О., Скіданов, М. А., Ашукіна, Р. О., Мальцева, В. Є., Скіданов, А. Г. & **Барков, О. О.** (2022). Сучасні підходи до моделювання *in vivo* дегенеративних захворювань хребта. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 1–2(626-627), 108–117. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-598720221-2108-117>

12. **Барков, О. О.**, Радченко, В. О., Кацалап, Є. С. & Федотова, І. Ф. (2023). Двохетапне хірургічне лікування великих і ригідних деформацій хребта (передня мобілізація викривлення та задня інструментація хребта)

Ортопедія, травматологія та протезування. 4(633), 22–30. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872023422-30>

13. **Барков, О. О.**, Малик, Р. В. & Карпінська, О. Д. (2023а). Дослідження навантаження у крижово-клубовому зчленуванні при динамічній симуляції рухів у поперековому відділі хребта на скелетно-м'язових моделях після виконання заднього бісегментарного спондилодезу. *Травма*. 24(2), 46–51. DOI: <https://doi.org/10.22141/1608-1706.2.24.2023.944>

14. **Барков, О. О.**, Малик, Р. В. & Карпінська, О. Д. (2023б). Дослідження навантаження тіла хребця L_{IV} за динамічної симуляції рухів у поперековому відділі хребта на скелетно-м'язових моделях після виконання заднього бісегментарного спондилодезу. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 3(636), 13–18. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872023333-18>

15. **Барков, О. О.**, Туляков, В. О. & Аплевич, В. М. (2024). Використання лабораторних критеріїв для оцінювання ризику післяопераційних ускладнень після транспедикулярної фіксації поперекового відділу хребта. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 1(634), 19–26. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872024119-26>

16. **Барков, О. О.** (2024). Сучасні тенденції хірургічного лікування міжхребцевих гриж та стенозу поперекового відділу хребта. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 4(637), 105-113. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-598720244105-113>

17. Tuliakov, V. & **Barkov, O.** (2024). Biomarkers of inflammation in the blood of patients with the degenerative lumbar spine disease and complications after transpedicular fixation. *Wiad Lek.* 77(12), 2412-2418. DOI: 10.36740/WLek/195545. PMID: 39874324. DOI: [10.36740/WLek/195545](https://doi.org/10.36740/WLek/195545)

18. Корж, М. О., **Барков, О. О.** & Карпінська, О. Д. (2025). Рентгенометричні зміни прилеглих міжхребцевих дисків після транспедикулярної фіксації поперекового відділу хребта в лікуванні дегенеративних захворювань. *Вісник проблем біології і медицини*, 2 (177), 176-190. DOI: [10.29254/2077-4214-2025-2-177-176-190](https://doi.org/10.29254/2077-4214-2025-2-177-176-190).

19. **Барков, О. О.** & Карпінська, О. Д. (2025). Аналіз ревізійних хірургічних втручань грудного та поперекового відділу хребта після транспедикулярної фіксації хребта. *Травма*, 26(3), 189-196. DOI: <https://doi.org/10.22141/1608-1706.3.26.2025.1019>

20. **Barkov, O.** & Karpinska O. (2025). Comparison of the risk of complications in posterior fusion of the lumbar spine with cortical and transpedicular screw trajectories: a systematic review and meta-analysis. *Wiadomosci Lekarskie*, (7), 1253-1264. DOI: <https://doi.org/10.36740/WLek/204996>

21. **Барков, О. О.**, Мальцева, В. Є., Нікольченко, О. А., & Данишук, З. М., Самойлова К.М. (2025). Гістологічні зміни в суміжних міжхребцевих дисках у моделі щурів з пошкодженням дриглистого ядра та компресією спинномозкового нерва. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 3(640), 37-46 DOI: DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872025337-46>.

22. Бондаренко, С. Є., **Барков, О. О.** & Туляков, В. О. (2026). Рекомендації щодо попередження розвитку післяопераційних ускладнень транспедикулярної фіксації у хворих з патологією хребта. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 3(640), 53-60 DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872026153-60>.

23. Федотова, І. Ф., **Барков, О. О.**, Дуплій, Д. Р. & Сіренко, О. А. (2014). Проведення інтраопераційного нейромоніторингу під час хірургічних втручань на хребті. *III міжнародний конгрес України «Впровадження сучасних досягнень медичної науки в практику охорони здоров'я України»*, (14–16 жовтня, с. 55-56). Київ.

24. Радченко, В. О., Мезенцев, А. О. & **Барков, О. О.** (2016). Хірургічне лікування різних типів сколіозу у дорослих. *Збірник наукових праць XVII з'їзду ортопедів-травматологів*, (5-7 жовтня, с. 312-313). Київ.

25. Куценко, В. О., Чернишов, О. Г., Федотова, І. Ф. & **Барков, О. О.** (2017). Вплив параметрів сагітального хребтово-тазового балансу на морфогенез поперекових хребцевих сегментів. *Збірник наукових праць*

Науково-практичної конференції з міжнародною участю «Сучасні дослідження в ортопедії та травматології», (4-5 жовтня, с. 35). Харків.

26. Веретельник, О. В., Ткачук, М. А., **Барков, О. О.**, Радченко, В. О., Тимченко, І. Б. & Динник, О. А. (2018), Напружено-деформований стан елементів поперекового відділу хребта після проведення динамічної міжкостистої стабілізації, *Збірник наукових праць за матеріалами Науково-практичної конференції з міжнародною участю «Сучасні дослідження в ортопедії та травматології»*, (4-5 жовтня, сс. 35–38). Харків.

27. Радченко, В. О. & **Барков, О. О.** (2019). Помилки та ускладнення транспедикулярної фіксації в хірургії грудного та поперекового відділів хребта. *Збірник наукових праць XVIII з'їзду ортопедів-травматологів*, (9-11 жовтня, с. 127-128). Івано-Франківськ.

28. Радченко, В. О., **Барков, О. О.**, Хмизов, С. О., Гриценко, А. В. & Колесніченко, Ю. Е. (2020). Індивідуальне хірургічне лікування аномалій та деформацій хребта у дітей та підлітків із застосуванням 3D навігації та нейромоніторингу. *Актуальні питання патології суглобів та ендопротезування: матеріали П'ятої науково-практичної конференції*, (3–5 вересня, сс. 73-75). Запоріжжя.

29. **Барков, О. О.**, Нікольченко, О. А., Мальцева, В. Є. & Данищук, З. М. (2024). Розробка експериментальної моделі на щурах для дослідження ускладнень у хірургії поперекового відділу хребта. *Матеріали наукової конференції «Вертебрологія на сучасному етапі», присвячена 100-річчю з дня народження видатного вченого ортопеда-травматолога академіка О.О. Коржа*, (19 квітня, сс. 4-6). Харків.

30. **Барков, О. О.** & Дуплій, Д. Р. (2024). Інформативність модальностей інтраопераційного моніторингу у хворих з різною патологією хребта. *Матеріали науково-практичної конференції «Слобожанська конференція з анестезіології та інтенсивної терапії: професійний розвиток попри війну»*, (28 червня, с. 2.). Харків.

SUMMARY

Barkov O. O. Diagnosis and prevention of complications arising from decompression and stabilisation procedures on the thoracic and lumbar spine – Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation for the degree of Doctor of Sciences in the specialty 14.01.21 – Traumatology and orthopaedics (222 – Medicine) – State Institute "Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kharkiv, 2026.

The achievements of scientific and technological progress have significantly affected the state of medical science and medical technologies, including spine surgery. Thanks to a qualitatively new level of diagnostics and the development of surgical techniques, a significant increase in surgical activity on the spine has been noted over the past 10 years. The relevance of the researched topic is primarily caused by a fairly large and variable number of complications, ranging from 1.8 % to 56.4 %, that occur in patients after decompression and stabilization surgeries on the thoracic and lumbar spine. The arising complications lead to the large economic losses and significantly affect the patient's quality of life and future.

The installation of transpedicular constructs is currently the 'gold standard' of the stabilizing surgical interventions in the treatment of diseases, deformities, and injuries of the spine, but their unjustified use can lead to inefficiency, errors, and complications. It was found that the main postoperative complications after the transpedicular fixation are construct instability, incorrect screw placement, adjacent segment disease, residual pain after surgical treatment, inflammation of soft tissues around the screws, neurological complications, and development of the hypercoagulable states. A 'spinal navigation' and neuromonitoring have taken a rightful place in reducing the frequency of complications of the transpedicular fixation and revision interventions in the spine surgery.

That is why the purpose of the work was the substantiation and development of an algorithmized methodology for the diagnostic and prevention of complications of the transpedicular fixation during the decompressive and

stabilization interventions on the thoracic and lumbar spine. To achieve this goal, modern information, analytical, clinical, biochemical, biomechanical, and experimental studies were used.

Thus, thanks to the conducted retrospective analysis of the surgical protocols of 268 patients who underwent revision surgical interventions, it was determined that the most frequent reasons for repeated surgeries were complications in 143 (53.4 %) patients directly related to the construct (incorrect screw placement, fracture of the screws, rods, instability of the screws and rods), the second most significant was residual pain in the lumbar spine ('failed back' syndrome) after primarily performed instrumentation in 64 (23.9 %) patients, in third place were patients with infectious inflammation of the postoperative wound 32 (11.9 %) and adjacent segment disease 16 (6.0 %).

The obtained results of the study of the stress-strain state of the created 'spine – mono- and polysegmental transpedicular fixation' mathematical model, which described the intact and 'pathological' state of the lumbar spine, including the L_I – S_I vertebrae, showed that the maximum stresses of the cortical bone are concentrated in the base L_V vertebra — 147 MPa with a 'pathological' L_V – S_I intervertebral disc in the model with hyperlordosis. With monosegmental L_V – S_I fixation and a 'pathological' disc at this level, the stresses on the cortical bone of the L_V and S_I vertebrae are (from 100 MPa to 134 MPa), both in the normal group and a group with hyperlordosis. With polysegmental L_I – S_I fixation, a redistribution of stress on the cortical bone of all vertebrae occurs, but still, the cortical bone of the L_V and S_I vertebrae experiences maximum stresses (from 60 MPa to 98 MPa) and only in the group with hypolordosis are these stresses minimal (33 MPa, 52 MPa). The maximum stresses are experienced by the higher located intervertebral disc with monosegmental L_V – S_I fixation and a 'pathological' disc at this level with hypolordosis, the stress on the L_{IV} – L_V intervertebral disc increases to 0.90 MPa compared to the intact state (0.73 MPa). With polysegmental transpedicular fixation, there is already a distribution of loads between the spinal motion segments. The maximum increase in stress on the cartilage of the facet

joints of the L_{IV} – L_V segment up to 15 MPa was determined during fixation of the L_V and S_I segment in the group with hyperlordosis. The maximum stress on the rod of 1800 MPa falls on the rod in the group with hyperlordosis and polysegmental L_I and S_I fixation. The lowest values of maximum equivalent stresses (from 600 MPa to 850 MPa) are observed only in the group with hypolordosis. Therefore, the most unfavorable preservation of the position of the lumbar lordosis during the transpedicular fixation from the point of view of stabilization of the ‘pathological’ segment, as well as the redistribution and reduction of stresses, is determined to be the position of hyperlordosis.

When studying the kinematic model of the spine on the musculoskeletal models after performing the transpedicular fixation of the L_{IV} – S_I , it was determined that the load force of the adjacent segments during bending forward depends on the performed angle of the instrumental spinal fusion. Fixation of the spinal motion segments in a hypolordotic position makes the sacroiliac joint to increase the load by 7.09 %, and on the upper vertebra adjacent to the fixation zone by 14.35 %. Fixation in a hyperlordotic position leads to an increase in load on the upper adjacent segment by 14.92 %, and on the sacroiliac joint, conversely, to a decrease of 15.17 %. The used model proved the connection between the muscles, spinal fusion, kinematics of loads on the sacroiliac joint, and the vertebral body above the level of instrumentation after the performed surgical intervention. Such changes in the amplitude of loads, firstly, can play a major role in the development of the adjacent segment diseases contiguous to the spinal fusion zone, secondly, be one of the factors causing the development of a failed back surgery syndrome (‘failed back’ syndrome), and, thirdly, can play a significant role in the development of complications directly related to the transpedicular construct.

According to the results of an experimental study on white rats, when determining changes in the adjacent intervertebral discs and around spinal nerves with their compression using staples or ligation, it was proven that both methods of experimental compression of the spinal nerves with damage to the intervertebral disc lead to the development of destructive changes of axons in the areas located

distally from the site of compression, as well as degenerative changes in the adjacent intervertebral discs, which in the case of modeling a nerve compression as a complication of a spinal fusion do not differ between the cranial and caudal discs and are more pronounced in the caudal disc in case of nerve ligation (without stabilization of the vertebral bodies).

When studying the nature of changes in the intervertebral discs and bodies of the adjacent vertebrae in dynamics according to the magnetic resonance imaging data after the transpedicular fixation of the lumbar spine, it was determined that changes in the state of the adjacent intervertebral discs during one year after the transpedicular fixation of the vertebrae are a common phenomenon. The changes in the adjacent segments occurred faster in segments located above the fixation zone ($L_{III}-L_{IV}$), which occurred more often in the first 6 months after the surgical treatment and, probably, occurred due to a greater amplitude of the axial and, especially, transverse shear loads, which compensate for the immobility of the fixed segments. The changes in the lower segments adjacent to the fixed ones (L_V-S_I) were usually less pronounced and predominantly manifested no earlier than a year after the surgical intervention.

A comparative assessment of the accuracy of screw placement in the vertebrae was performed, and the number of revision surgical interventions caused by incorrect screw placement was evaluated between group I of patients with the standard screw installation technique ('freehand' technique) (747 patients) and group II of patients with the screw placement technique using a 3D navigation system (252 patients). The analysis of failure cases when using the navigation system made it possible to develop a number of practical recommendations that help prevent malfunctions of the navigation system and avoid complications associated with the installation of the transpedicular screws. At the same time, the percentage of the incorrectly installed transpedicular screws was reduced from 4.95 % to 0.39 %, which allowed to increase the complexity and spectrum of the surgical interventions, as well as to reduce the share of revision surgical interventions caused by a violation of their placement.

When studying the specificity and sensitivity of the intraoperative neuromonitoring in patients who underwent transpedicular fixation on the thoracic and lumbar spine, it was proven that the modalities of the intraoperative neuromonitoring are highly sensitive and specific to damage to the structures of the spinal cord and spinal nerves during the placement of transpedicular screws and corrective actions on the thoracic and lumbar spine, but dependence on a number of the external factors can reduce their informativeness. Its use in patients with diseases, deformities, and injuries of the spine, in combination with a navigation system, allowed to reduce the risk of the neurological complications during and after surgical treatment by 92 %.

Based on the determination of changes in the inflammation markers, connective tissue metabolites, and their diagnostic sensitivity in patients who underwent the transpedicular fixation, including those with a complicated course, depending on the type of complications, an algorithmized scheme for the laboratory examination of patients was created, as well as a pattern scheme for prediction and development of the postoperative complications. When planning surgical intervention, a special attention should be paid to the patients with altered values of indicators, whose diagnostic sensitivity ranges from 60 % to 95 %: the content of chondroitin sulfates, C-reactive protein, haptoglobin, sialic acids, glycoproteins, alkaline phosphatase activity, concentration of the circulating immune complexes, spontaneous lymphocyte migration coefficient, and the level of the lymphocyte migration with antibodies to cartilage antigen and synovial membrane antigen.

The conducted clinical, biochemical, biomechanical, and experimental studies made it possible to develop an algorithmized methodology for the diagnostic and prevention of the development of complications of transpedicular fixation of the spinal motion segments with practical recommendations for the thoracic and lumbar spine, which allowed to make a structured assessment of the risk of complications, planning of surgical treatment taking into account modern technologies and knowledge, control over all critical points, an individual approach

to each patient, and the integration of spinal navigation and neuromonitoring, which overall allows to minimize the complications.

Scientific novelty of the obtained results

For the first time, as a result of mathematical modeling by the finite element method, which describes various angular values of the sagittal contour of the spine, without and with taking into account the transpedicular fixation, the maximum stresses of the ‘spinal motion segment – transpedicular construct’ system were determined.

For the first time, as a result of studying the kinematic model of the lumbar spine using transpedicular fixation of the vertebrae, the load force on the adjacent spinal motion segments during maximum torso — inclinations was determined, depending on the performed angle of the instrumental spinal fusion and muscle damage during the surgical approach.

For the first time, based on a biochemical study, the dynamics of changes in the inflammation markers, connective tissue metabolites, and the immune system in patients after transpedicular fixation of the spinal motion segments in the thoracic and lumbar spine were determined depending on the type of postoperative complications.

For the first time, the specificity and sensitivity of the intraoperative neuromonitoring modalities in patients with various spinal pathologies in case of using the transpedicular fixation were determined.

For the first time, based on an experiment, it was studied that both methods of the spinal nerve compression and damage to the nucleus pulposus of the intervertebral disc of the lumbar spine in rats lead to the development of the destructive changes in axons in areas located distally from the compression site, as well as degenerative changes in the adjacent intervertebral discs, which, in case of modeling of nerve compression as a complication of the spinal fusion, do not differ between the cranial and caudal discs and are more pronounced in the caudal disc in case of nerve ligation (without stabilization of the vertebral bodies).

Practical significance of the obtained results

The mathematical kinematic models of the spinal pathology have been developed, which can be used when planning surgical intervention as preventive measures for complications of transpedicular fixation of the spinal motion segments in the thoracic and lumbar spine.

A number of practical recommendations have been developed that can prevent incorrect operation of the spinal navigation system and avoid complications during and after instrumentation of the spine with a transpedicular construct.

Based on the analysis of the results of the preoperative laboratory examination of patients with the development of complications of transpedicular fixation of the spinal motion segments, the biochemical and immunological blood parameters were determined in patients with various types of complications after surgical treatment in the thoracic and lumbar spine, changes in which allow to detect the development of specific complications in time.

The developed experimental model of complications of the lumbar spinal fusion in white rats can be utilized for further use in scientific research.

An algorithmized methodology for the diagnostic and prevention of complications of the transpedicular fixation during the decompression and stabilization interventions on the thoracic and lumbar spine has been developed.

Key words: thoracic and lumbar spine, transpedicular fixation, complications, spinal fusion, diagnostic, prevention.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць вимірювання, скорочень.....	27
Вступ.....	31
Розділ 1 Сучасні методи (способи, техніки) декомпресійно-стабілізуєчих утручань на грудному та поперековому відділах хребта та їх ускладнення (огляд літератури).....	53
1.1 Декомпресійні операції з транспедикулярною фіксацією хребців.....	53
1.2 Ускладнення декомпресійно-стабілізуєчих утручань на поперековому та грудному відділах хребта та вплив на них загальних факторів.....	65
1.3 Ризики виникнення ускладнень при задньому спондилодезі поперекового відділу хребта з кортикальною та транспедикулярною траєкторіями проведення гвинтів (метааналіз).....	70
1.4 Резюме.....	83
Розділ 2 Матеріал і методи.....	86
2.1 Виконання метааналізу даних щодо помилок та ускладнень хірургічних утручань на хребті з виконанням транспедикулярної фіксації.....	86
2.1.1 Метааналіз даних науково-медичної літератури.....	86
2.1.2 Ретроспективний аналіз результатів власних хірургічних утручань.....	87
2.2 Математичне моделювання.....	88
2.2.1 Комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану поперекового відділу хребта після проведення моно- та полісегментарної фіксації.....	88
2.2.2 Кінематичне моделювання на скелетно-м'язових моделях динамічної симуляції рухів у поперековому відділі хребта після виконання транспедикулярної фіксації.....	89

2.3 Експериментальні дослідження <i>in vivo</i>	101
2.3.1 Модель 1.....	102
2.3.2 Модель 2.....	103
2.3.3 Рентгенологічне дослідження.....	105
2.3.4 Гістологічне та гістоморфометричне дослідження.....	106
2.4 Загальна клінічна характеристика і дизайн дослідження результатів хірургічного лікування хворих із захворюваннями, травмами та деформаціями хребта.....	108
2.4.1 Дослідження хворих з використанням спинальної навігації.....	108
2.4.2 Дослідження хворих з використанням нейромоніторингу.....	108
2.5 МРТ-метричні дослідження.....	111
2.6 Техніки встановлення транспедикулярних гвинтів.....	113
2.6.1 Техніка встановлення гвинтів з використанням навігаційної системи.....	113
2.6.2 Техніка встановлення гвинтів за стандартною технікою «вільних рук».....	114
2.6.3 Класифікація некоректного проведення гвинтів.....	115
2.7 Лабораторні дослідження біологічного матеріалу.....	115
2.7.1 Гематологічні дослідження крові.....	117
2.7.2 Біохімічні маркери крові.....	118
2.7.3 Імунологічні маркери крові.....	120
2.7.4 Показники системи гемостазу.....	120
2.8 Статистична обробка результатів досліджень.....	120
Розділ 3 Аналіз ревізійних хірургічних утручань на грудному та поперековому відділах хребта.....	122
Резюме.....	133

Розділ 4 Дослідження напружено-деформованого стану поперекового відділу хребта у разі застосування транспедикулярної фіксації.....	135
4.1 Особливості використання скінчено-елементних моделей для дослідження напружено-деформованого стану поперекового відділу хребта у разі застосування транспедикулярної фіксації.....	135
4.2 Результати досліджень напружено-деформованого стану поперекового відділу хребта у разі застосування транспедикулярної фіксації.....	140
4.3 Резюме.....	163
Розділ 5 Дослідження динамічної симуляції рухів у поперековому відділі хребта на скелетно-м'язових моделях після виконання транспедикулярної фіксації.....	166
5.1 Зміни сили навантаження суглобової поверхні здухвинної кістки у крижово-здухвинному зчленуванні та на тіло хребця L_{IV} в умовах згинальних рухів у поперековому відділі хребта без створення дефектів та ефекту денервації м'язів (модель № 1).....	167
5.2 Зміни сили навантаження суглобової поверхні здухвинної кістки у крижово-клубовому зчленуванні та на тіло хребця L_{IV} в умовах згинальних рухів у поперековому відділі хребта із частковими дефектами та переміщенням точок фіксації м'язів, які ушкоджуються внаслідок хірургічного доступу для виконання заднього інструментального спондилодезу $L_{IV}-S_I$ (модель № 2).....	170
5.3 Зміни сили навантаження суглобової поверхні здухвинної кістки у крижово-клубовому зчленуванні та на тіло хребця L_{IV} в умовах згинальних рухів у поперековому відділі хребта із частковими дефектами та переміщенням точок фіксації м'язів, які ушкоджуються внаслідок хірургічного доступу, а також із транспедикулярною фіксацією $L_{IV}-S_I$ у нормолордотичному положенні поперекового лордозу (модель № 3).....	174

5.4 Зміни сили навантаження суглобової поверхні здухвинної кістки у крижово-клубовому зчленуванні та на тіло хребця L_{IV} в умовах згинальних рухів у поперековому відділі хребта із частковими дефектами та переміщенням точок фіксації м'язів, які ушкоджуються внаслідок хірургічного доступу, а також із транспедикулярною фіксацією $L_{IV}-S_I$ у гіполордотичному положенні поперекового лордозу (модель № 4).....	178
--	-----

5.5 Зміни сили навантаження суглобової поверхні здухвинної кістки у крижово-клубовому зчленуванні та на тіло хребця L_{IV} в умовах згинальних рухів у поперековому відділі хребта із частковими дефектами та переміщенням точок фіксації м'язів, які ушкоджуються внаслідок хірургічного доступу, а також із транспедикулярною фіксацією $L_{IV}-S_I$ у гіперлордотичному положенні поперекового лордозу (модель № 5).....	183
---	-----

5.6 Резюме.....	186
-----------------	-----

Розділ 6 Дослідження структурних особливостей хребтового рухового сегмента та прилеглих спинномозкових нервів за умов експериментального моделювання дегенерації міжхребцевого диска та компресії нервових структур у щурів для дослідження неврологічних ускладнень після спондилодезу.....	189
---	------------

6.1 Гістологічні зміни в структурах поперекового відділу хребта у щурів після моделювання ушкодження міжхребцевого диска та компресії прилеглого спинномозкового нерву шляхом його перев'язування (модель 1).....	190
---	-----

6.2 Гістологічні зміни в структурах поперекового відділу хребта у щурів після моделювання ушкодження міжхребцевого диска та спондилодезу з компресією прилеглих спинномозкових нервів шляхом їх притискання металевими скобами (модель 2).....	196
--	-----

6.3 Резюме.....	205
-----------------	-----

Розділ 7 Зміни прилеглих міжхребцевих дисків за даними магнітно-резонансної томографії після транспедикулярної фіксації грудного та поперекового відділів хребта в лікуванні дегенеративних захворювань.....	207
Резюме.....	223
Розділ 8 Результати порівняльного оцінювання коректності проведення гвинтів стандартною технікою «вільних рук» та з використанням спинальної навігаційної системи.....	224
8.1 Результати порівняльного оцінювання коректності проведення гвинтів стандартною технікою «вільних рук».....	224
8.2 Результати порівняльного оцінювання коректності проведення гвинтів з використанням спинальної навігаційної системи.....	227
8.3 Резюме.....	238
Розділ 9 Інтраопераційний нейромоніторинг у хворих із захворюваннями грудного та поперекового відділів хребта при транспедикулярній фіксації.....	241
Резюме.....	249
Розділ 10 Лабораторні показники у хворих із ускладненим перебігом післяопераційного періоду після транспедикулярної фіксації хребта.....	251
10.1 Група хворих без післяопераційних ускладнень.....	251
10.2 Група хворих із післяопераційним запаленням м'яких тканин.....	267
10.3 Група хворих із післяопераційним розвитком гіперкоагуляційних станів.....	275
10.4 Група хворих із розвитком нестабільності металевих конструкцій.....	281
10.5 Група хворих із одночасним розвитком кількох післяопераційних ускладнень.....	288

10.6 Діагностична чутливість досліджуваних лабораторних показників.....	294
10.7 Алгоритмізована схема лабораторного обстеження хворих із захворюваннями, деформаціями та травмами хребта для прогнозування вірогідності розвитку в них післяопераційних ускладнень.....	295
10.8 Резюме.....	306
Розділ 11 Алгоритмізована методика та практичні рекомендації щодо діагностики та попередження розвитку післяопераційних ускладнень транспедикулярної фіксації при декомпресійно-стабілізуючих утручаннях на грудному та поперековому відділах хребта.....	308
Резюме.....	330
Висновки.....	331
Перелік джерел посилань	339
Додаток А Список хворих, які отримали лікування в Державній установі «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М. І. Ситенка Національної академії медичних наук України» та історії хвороби яких використано в рамках дисертаційної роботи Баркова Олександра Олександровича.....	380
Додаток Б Список публікацій за темою дисертації.....	402
Додаток В Апробація результатів дослідження.....	408
Додаток Г Акти впровадження результатів роботи.....	410

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ ВИМІРЮВАННЯ, СКОРОЧЕНЬ

АЛТ — аланінамінотрансфераза;
АСТ — аспартатамінотрансфераза;
АЧТЧ — активований частковий тромбіновий час;
Б — загальний білірубін;
Баз — базофіл;
ВД — відкрита дискектомія;
ВПДЕ — відкрита поперекова мікродискектомія;
ГВХ — грудний відділ хребта;
ГГ — гаптоглобін;
ГП — глікопротеїн;
ДД — Д-димер;
ДП — дійсно позитивний результат тесту;
ДУ «ІПХС» — Державна установа «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка Національної академії медичних наук України»;
ДЧ — діагностична чутливість;
Е — еозинофіл;
ЕМГ — електроміографія;
ЗБ — загальний білок;
ІЗЛ — індекс здвигу лейкоцитів;
ІЛГ — індекс лімфоцитарно-гранулоцитарний;
ІСЛЕ — індекс співвідношення лімфоцитів та еозинофілів;
ІСНЛ — індекс співвідношення нейтрофілів та лімфоцитів;
ІЯСН — індекс ядерного здвигу нейтрофілів;
К — креатинин;
КА — рівень міграції лімфоцитів із антитілами на кістковий антиген;
КГ — кортикальний гвинт;
ККТ — кортикальна кісткова траєкторія;

КТ — комп'ютерна томографія;
Л — загальний лейкоцит;
ЛІ — лейкоцитарний індекс;
ЛІІ — лейкоцитарний індекс інтоксикації;
Лімф. — лімфоцит;
ЛФ — лужна фосфатаза;
М — моноцит;
МВП — моторний викликаний потенціал;
МД — мікродискектомія;
МЕД — мікроендоскопічна дискектомія;
МІД — малоінвазивна дискектомія;
МІХ — мініінвазивна хірургія;
МРТ — магнітно-резонансна томографія;
МСЕ — метод скінчених елементів;
МХД — міжхребцевий диск;
НДР — науково-дослідна робота;
НДС — напружено-деформований стан;
НН — несправжньо-негативний результат тесту;
НТУ «ХПІ» — Національний технічний університет «Харківський Політехнічний інститут»;
ОБЕД — одностороння біпорціальна ендоскопічна дискектомія;
П — паличкоядерний нейтрофіл;
ПВХ — поперековий відділ хребта;
ПДС — постдискектомічний синдром;
ПЕ — техніка повного ендоскопу;
ПЕД — повноендоскопічна дискектомія;
ПЧ — протромбіновий час;
РФМК — розчинний фібрин-мономерний комплекс;
С — сечовина;
СМ — ступень мінералізації;

СМЛ — коефіцієнт спонтанної міграції лімфоцитів;

СН — сегментоядерний нейтрофіл;

СРБ — С-реактивний білок;

ТГ — транспедикулярний гвинт;

ТК — транспедикулярна конструкція;

ТКЕС — транскраніальна електрична стимуляція;

ТФ — транспедикулярна фіксація;

ФА — фібринолітична активність;

ХА — рівень міграції лімфоцитів із антитілами на хрящовий антиген;

ХРС — хребтово-руховий сегмент;

ХСТ — хондроїтинсульфат;

ЦІК — циркулюючий імунний комплекс;

ЧЕПД — черезшкірна ендоскопічна поперекова дискектомія;

Шкала JOA — Japanese Orthopaedic Association (шкала на основі опросника Японської ортопедичної асоціації);

AVHC — anterior vertebral height compressive ratio (коефіцієнт передньої висоти (зламаного) хребця при стисненні);

AVHR — anterior vertebral height ratio (коефіцієнт передньої висоти (зламаного) хребця);

GLM — Generalized Linear Model (бібліотека комп'ютерної мови C++, призначена для використання в графічних програмах, що розроблена для роботи з Open Graphic Library).

Id — disk index (індекс диска);

If — intervertebral disk form index (індекс форми міжхребцевого диска);

FBSS — Failed Back Surgery Syndrome (синдром невдалої операції на спині);

Kdp — vertebra-disk coefficient (хребцево-дисковий коефіцієнт);

LIF — коефіцієнт спонтанної міграції лімфоцитів;

LS — поперековий відділ (lumbar segment);

MD — mediana (медіана);

ODI — Oswestry disease index (Індекс захворювання Освестрі);

Pc — перцентіль;

RMDQ — Roland Morris Disability Questionnaire (опитувальник інвалідності Роланда-Морріса);

TC — transpedicular contsruction (транспедикулярна конструкція);

TF — transpedicular fixation (транспедикулярна фіксація);

TPS — transpedicular screw (транспедикулярний гвинт);

TS — thorasic segment (грудний відділ);

SS — sacral inclination (нахил крижів).

VWA — vertebra wedge angle (кут заклинювання хребця).

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження

Досягнення науково-технічного прогресу суттєвим чином відобразились на стані медичної науки і медичних технологій, в тому числі на хірургії хребта. Завдяки якісно новому рівню діагностики та розвитку хірургічної техніки, за останні 10 років відзначено значуще зростання числа вертебрологічних хірургічних операцій. Актуальність теми дослідження, в першу чергу, обумовлена великою кількістю ускладнень, які виникають у хворих після проведення декомпресійно-стабілізуючих операцій на грудному відділі хребта (ГВХ) та поперековому відділах хребта (ПВХ) з використанням транспедикулярної фіксації (ТФ), виконаних з приводу захворювань, деформацій або ушкоджень. При цьому ускладнення, які виникають, ведуть до великих економічних втрат та значним чином впливають на якість життя та майбутнє хворого.

За даними літератури, частота ускладнень в хірургії хребта, з використанням різноманітних декомпресивно-стабілізуючих методів лікування, коливається в межах від 1,8 % до 56,4 % [1–9]. Розбіжність показників частоти ускладнень, насамперед, може бути пояснена відсутністю єдиного систематизованого аналізу помилок та ускладнень при використаннілюбих відомих та сучасних методів, імплантатів і пристроїв для стабілізації хребта. Надмірне та необґрунтоване їх використання часто призводить до їх неефективності та незадовільних результатів.

Розбіжність показників ускладнень також пов'язана з тим, що більшість досліджень ретроспективні та кожен автор або дослідник, висловлює саме виявлені безпосередньо ним помилки та ускладнення, без проведення їх систематизації або взаємозв'язку [9, 10–12].

Важливим фактором для систематизації ускладнень є визначення саме дефініції «ускладнення в хірургії хребта», бо і тут залишаються протиріччя [13, 14].

Коморбідний стан хворого, вік хворого, мінеральна щільність кісткової тканини, вага та шкідливі звички мають вагомий вплив на розвиток помилок та ускладнень при хірургічному лікуванні на ГВХ та ПВХ. Деякі автори таких хворих виключають з дослідження, а деякі вважають, що вони не впливають на результати досліджень. Однак, даний напрямок досліджень також не слід виключати з оцінки ризиків ймовірних ускладнень, що потребує подальшого уточнення наукових обґрунтувань [13–19].

В літературі представлені різноманітні класифікації помилок і ускладнень в хірургії хребта, які розподілені за тяжкістю ускладнень, часу їх виникнення, пов'язані вони або ні безпосередньо з зоною фіксації або місцем хірургічного втручання, тобто розподіл їх на загальні, місцеві та пов'язані з фіксуючим пристроєм [20–22]. Однак в більшості випадків ці класифікації цілеспрямовані на одну нозологію або пристрій, не систематизовані, мають обмежені рамки дослідження та в більшості випадків мають особисте спостереження автора, що також являють собою причину неефективності хірургічного лікування.

ТФ хребців та формування спондилодезу за останні десятиріччя стало «золотим стандартом» хірургічного лікування дегенеративних захворювань, деформацій, пухлин та ушкоджень хребта. Транспедикулярні конструкції мають різні генерації гвинтів, виробників, технічні рішення їх фіксації по відношенню до хребта, що також призводить в багатьох випадках до ускладнень при необґрунтованому і неправильному використанні [23–26]. Незважаючи на те, що з того часу, як вперше було запропоновано використання транспедикулярних пластин [27], а потім і транспедикулярних гвинтів (ТГ) в ПВХ [28], пройшло більше трьох десятиків років, ускладнення, які пов'язані з ТФ хребців, залишаються і до теперішнього часу. Надруковано не одне практичне видання та розроблена відома на весь світ, і широко використовується техніка «вільних рук» («free-hand» – англomовний термін) для точного та ефективного проведення ТГ в ГВХ та ПВХ [29–31]. Однак всі ці знання не гарантують стовідсотковий успіх, тому що така

помилка, як некоректне проведення гвинтів (інша назва мальпозиція) займають вагоме місце серед причин ускладнень в хірургії хребта. Некоректне проведення ТГ безпосередньо пов'язане з ризиком неврологічних, судинних, вісцеральних ускладнень та ликвореї [23, 32, 33]. Так, наприклад, коли це стосується деформацій хребта, середні величини частоти некоректного проведення ТГ в різних дослідженнях варіюють від 0 % – 2 % до 25 % – 95 % у хворих зі сколіотичною деформацією хребта та близько 4,2 % у хворих з дегенеративними захворюваннями хребта [34, 35].

Впровадження нових розробок дозволили значно розширити можливості допомоги вертебрологічним хворим. В той же час, широке використання транспедикулярних конструкцій (ТК) виявило певну кількість можливих ускладнень. Збільшена тривалість життя і попит на кращу якість життя в процесі старіння, привели до значного зростання кількості кандидатів на корекцію і стабілізацію хребта серед дорослих хворих. З цих причин в останні десятиліття були зроблені зусилля для розширення знань в цій області, в першу чергу, за рахунок біомеханічних досліджень. Було продемонстровано, що об'ємні операції, які порушують баланс хребта в сагітальній площині, призводять до неприпустимо високих показників поганих результатів і ревізійних втручань [22, 36, 37]. В свою чергу, покращення ефективності ТФ, передбачає знання біомеханічних умов функціонування елементів хребтово-рухового сегменту (ХРС) і його тканин (кісткової тканини тіл хребців, МХД, суглобового хряща, дуговідросткових суглобів) за умов різних конфігурацій сагітального контуру ПВХ при ТФ [38, 39]. Патологія та деформації в ГВХ та ПВХ стосуються від 60 % до 70 % загальної популяції людей [40]. Клінічні прояви можуть широко варіювати та залежать від змін сагітального контуру хребта. Хворі мають широкий спектр проблем, від легких симптомів до значних болів і вираженої інвалідності. Сагітальний контур хребта і його взаємовідношення до тазу отримали велику увагу, так як останні дослідження показали, що викривлення хребта в сагітальній площині тісно корелюють з інвалідністю та якістю життя [41].

Фактично, допущення помилки при виправленні сагітального контуру (тобто наявності проблеми в сагітальній площині), є незалежним предиктором негативних результатів та ускладнень у хворих після проведення стабілізуючих операцій в ГВХ та ПВХ з приводу будь-якої патології [42–45]. При проведенні обзору літератури щодо характеру навантажень на ХРС з урахуванням сагітального контуру хребта окремо для кожного виду сполучної тканини були визначені роботи, в яких автори не враховували використання ТК [5, 46]. Також мало місце подібне дослідження без урахувань умов різних конфігурацій сагітального контуру поперекового лордозу [21]. Саме тому, для подальшої успішної стабілізації хребта необхідно поглиблення теоретичних знань щодо розподілу навантажень на кісткову та хрящову тканини передніх і задніх опорних структур ХРС, а також на стрижні та ТГ за різних варіантів сагітального контуру хребта при проведенні моно- та полісегментарної ТФ, а також визначення впливу ушкоджених під час виконання хірургічного доступу м'язів на фіксований ТК ХРС за умов динамічних навантажень на хребет.

Проведення ТФ у ГВХ та ПВХ, потребує значних економічних затрат. Збільшення хірургічної активності та відсутність загальноприйнятих лікувально-діагностичних стандартів і алгоритмів призводить до негативної сторони, а саме зростанню незадовільних результатів хірургічного лікування та збільшенню ревізійних операцій [51–53]. Дестабілізація та патологічна рухомість на оперованому сегменті, дегенерація суміжних із зоною операції сегментів («adjacent segment diseases» — англomовний термін), неврологічний дефіцит, хронічний залишковий больовий синдром («failed back syndrome» — англomовний термін), все це є наслідками невдало виконаного хірургічного втручання. Частота цих ускладнень досягає величини від 10 % до 46 % [9, 47, 48–50, 51–54]. У зв'язку з цим є необхідним розвинення методичних підходів та діагностичних заходів для запобігання цього патологічного каскаду незворотних процесів та механізмів.

Відносно новим стабілізуючим методом хірургічного лікування хребта є динамічна стабілізація одного або кількох ХРС для збереження рухливості оперованого сегменту хребта. Використання динамічної стабілізації засновано на застосуванні ТГ із гнучким з'єднанням між собою, що забезпечує зниження навантаження на задні опорні стовпи, або зменшення інтенсивності скорочення відстані між остистими відростками хребців. Однак використання динамічних фіксаторів також не позбавлено пов'язаних із імплантатами ускладнень, таких як нестабільність імплантатів, формування механічного стенозу хребтового каналу та виникнення вторинної проблеми на суміжному сегменті [55].

У сучасному світі інноваційних комп'ютерних технологій і пристроїв, «спинальна навігація» та нейромоніторинг в хірургії хребта зайняли вагомую нішу, продовжують набувати все більшої популярності і вдосконалюються для максимального зменшення частоти ускладнень при проведенні ревізійних хірургічних втручань. Одним з головніших завдань, що стоїть перед хірургом є збереження функції спинного мозку. Хірургічні втручання при важких деформаціях хребта (набутих або посттравматичних), ревізійних операціях, при використанні протяжної інструментації хребта мають бути проведені із застосуванням інтраопераційного моніторингу функції спинного мозку. Реєстрація моторних та сенсорних потенціалів у сполученні з тестом на пробудження (wake-up test) є протокольними процедурами, які застосовує переважна частина хірургів [56]. За даними літератури існує великий розбіг критеріїв оцінки показників інтраопераційного моніторингу та їх специфічності, що значно ускладнює безпосередню інтерпретацію результатів, особливо, коли це стосується деформацій хребта [57–59]. Саме це диктує необхідність в подальших дослідженнях параметрів інтраопераційного моніторингу для визначення його чутливості й специфічності при проведенні декомпресійно-стабілізуючих операцій на хребті.

Існують різні підходи для використання спинальної навігаційної системи, такі, як навігація на основі попередньої комп'ютерної томографії (КТ) або інтраопераційної візуалізації з використанням 3D/2D флюороскопу, або КТ,

що вимагають різних методів реєстрації хворого [24, 60–63]. Незважаючи на широке використання спинальної навігації, до теперішнього часу не визначена специфічність та коректність їх використання в запобіганні некоректного проведення гвинтів та неврологічних ускладнень при ТФ хребта.

З числа ускладнень ТФ хребців найбільш часто зустрічається навколоконструкційне запалення м'яких тканин [64–69]. У зв'язку з цим, особливу актуальність набуває дослідження метаболічного статусу хворих до початку хірургічного лікування для визначення підвищеної вірогідності ускладнень [70]. При цьому вимоги доказової медицини потребують формалізації оціночних систем з оцінкою діагностичної чутливості (ДЧ) досліджуваних параметрів [71].

У поданій роботі було вивчено комплексний характер змін, які призводять до ускладнень і небажаних результатів після ТФ хребтових рухових сегментів у ГВХ та ПВХ, здійснено систематизацію отриманих результатів клінічних досліджень, удосконалення методів діагностики, прогнозування та профілактики ускладнень з урахуванням даних клінічних та експериментальних досліджень для покращення результатів транспедикулярної фіксації при декомпресійно-стабілізуючих утручаннях на ГВХ та ПВХ у хворих із дегенеративними захворюваннями, травмами та деформаціями.

Мета дослідження: обґрунтувати та розробити алгоритмізовану методику діагностики та профілактики ускладнень транспедикулярної фіксації при декомпресійно-стабілізуючих утручаннях на грудному та поперековому відділах хребта.

Завдання дослідження:

1. Провести систематичний огляд даних літератури, присвячених помилкам та ускладненням декомпресійно-стабілізуючих утручань в грудному та поперековому відділах хребта. Здійснити мета-аналіз даних з вказаної проблеми.

2. На основі ретроспективних досліджень визначити основні причини ревізійних утручань з приводу ускладнень після транспедикулярної фіксації грудного та поперекового відділів хребта у хворих із дегенеративними захворюваннями, травмами та деформаціями.

3. На основі математичного моделювання методом скінчених елементів побудувати модель хребта з транспедикулярною фіксацією при змінах сагітального контуру хребта для визначення оптимальних умов та жорсткості його фіксації.

4. Дослідити динамічну симуляцію рухів поперекового відділу хребта з транспедикулярною фіксацією із використанням скелетно-м'язової моделі та на її основі вивчити вплив ушкоджених м'язів під час хірургічного доступу на фіксований хребтовий руховий сегмент в залежності від виконаного кута інструментального спондилодезу.

5. Вивчити розвиток неврологічних ускладнень після спондилодезу поперекового відділу хребта у білих щурів *in vivo*.

6. Визначити ефективність використання навігаційної системи в запобіганні неврологічних ускладнень транспедикулярної фіксації у хворих із дегенеративними захворюваннями, травмами та деформаціями грудного та поперекового відділів хребта.

7. Визначити специфічність та чутливість модальностей інтраопераційного нейромоніторингу в запобіганні неврологічних ускладнень транспедикулярної фіксації у хворих із дегенеративними захворюваннями, травмами та деформаціями грудного та поперекового відділів хребта.

8. Здійснити аналіз стану суміжних міжхребцевих дисків за даними магнітно-резонансної томографії у хворих із дегенеративними захворюваннями поперекового відділів хребта в динаміці впродовж року після транспедикулярної фіксації.

9. Визначити зміни значень маркерів запалення, метаболітів сполучної тканини та імунної системи при розвитку різних видів ускладнень за використання транспедикулярної фіксації.

10. Розробити алгоритмізовану схему лабораторного обстеження хворих та патернову схему прогнозування розвитку післяопераційних ускладнень транспедикулярної фіксації на грудному та поперековому відділах хребта.

11. На підставі узагальнення отриманих результатів розробити практичні рекомендації та алгоритмізовану методику діагностики та профілактики ускладнень декомпресійно-стабілізуючих утручань на грудному та поперековому відділах хребта.

Об'єкт дослідження — ускладнення та небажані результати які виникли після транспедикулярної фіксації хребта на грудному та поперековому відділах.

Предмет дослідження — хірургічні методи лікування хворих із захворюваннями, травмами та деформаціями грудного та поперекового відділів хребта, транспедикулярні конструкції, інтраопераційні спинальні навігаційні системи, нейромоніторинг, математичні біомеханічні моделі хребта, діагностика та профілактика ускладнень, експериментальні моделі патології хребта у тварин.

Методи дослідження: інформаційно-аналітичний метод, клінічний метод дослідження хворих, променеві методи дослідження (рентгенографія, магніторезонансна та комп'ютерна томографія), біохімічні методи, біомеханічні методи (математичного моделювання та кінематичної моделі), експериментальний та морфологічний метод дослідження, статистичний метод.

Наукова новизна отриманих результатів

Вперше в результаті математичного моделювання методом скінчених елементів, що описує різні кутові значення сагітального контуру хребта, без та з урахуванням транспедикулярної фіксації, визначені максимальні

напруження системи «хребтово-руховий сегмент – транспедикулярна конструкція».

Вперше в результаті дослідження кінематичної моделі поперекового відділу хребта з використанням транспедикулярної фіксації хребців визначено силу навантаження на суміжні хребтово-рухові сегменти при максимальних нахилах тулуба, в залежності від виконаного кута інструментального спондилодезу та ушкодження м'язів під час виконання хірургічного доступу.

Вперше на підставі біохімічного дослідження визначено динаміку змін маркерів запалення, метаболітів сполучної тканини та імунної системи у хворих після транспедикулярної фіксації хребтових рухових сегментів у грудному та поперековому відділах хребта в залежності від виду післяопераційних ускладнень.

Вперше визначено специфічність та чутливість модальностей інтраопераційного нейромоніторингу у хворих з різною патологією хребта у разі застосування транспедикулярної фіксації.

Вперше на підставі експерименту вивчено, що обидва способи компресії спинномозкового нерва та пошкодження драглистого ядра міжхребцевого диска поперекового відділу хребта у щурів призводять до розвитку деструктивних змін аксонів у ділянках, що знаходяться дистально від місця притискання, а також дегенеративних змін у суміжних міжхребцевих дисках, які у разі моделювання компресії нерва, як ускладнення спондилодезу, не відрізняються між краніальним і каудальним дисками та більш виражені у каудальному диску у разі перев'язування нерва (без стабілізації тіл хребців).

Практичне значення отриманих результатів

Розроблено математичні кінематичні моделі патології хребта, які можуть бути використані при плануванні хірургічного втручання в якості профілактичних заходів ускладнень транспедикулярної фіксації хребтових рухових сегментів на грудному та поперековому відділах хребта.

Розроблено низку практичних рекомендацій, які зможуть попередити некоректну роботу спинальної навігаційної системи та уникнути ускладнень під час та після інструментації хребта транспедикулярною конструкцією.

На основі аналізу результатів передопераційного лабораторного обстеження хворих із розвитком ускладнень транспедикулярної фіксації хребтових рухових сегментів, визначені біохімічні та імунологічні показники крові у хворих із різними видами ускладнень після проведення хірургічного лікування в грудному та поперековому відділах хребта, зміни яких дозволяють своєчасно діагностувати розвиток специфічних ускладнень.

Розроблена експериментальна модель ускладнень спондилодезу поперекового відділу хребта на білих щурах може бути використана для подальшого використання в наукових дослідженнях.

Розроблено алгоритмізовану методику діагностики та профілактики ускладнень транспедикулярної фіксації при декомпресійно-стабілізуючих утручаннях на грудному та поперековому відділах хребта.

Дані розробки впроваджено у лікувальний процес відділення вертебрології ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України» (Харків); ортопедо-травматологічне відділення з травмпунктом у складі відділення Комунального некомерційного підприємства «Міська багатoproфільна клінічна лікарня ім. проф. М. Ф. Руднева Дніпровської міської ради»; нейрохірургічне відділення Комунального некомерційного підприємства «Обласна клінічна лікарня Івано-Франківської обласної ради»; обласний центр ортопедії, травматології та вертебрології КП «Рівненська обласна клінічна лікарня ім. Ю. Семенюка» РОР; травматологічне відділення з нейрохірургічними ліжками «Ужгородська міська багатoproфільна клінічна лікарня» УМР: ВП «Клінічна лікарня з невідкладних станів та екстреної медичної допомоги»; травматологічне відділення для дорослих та травматологічне відділення для дітей з цілодобовим травмпунктом ОКНП «Чернівецька лікарня швидкої медичної допомоги»; ТОВ «МЕДЛОН» (Кам'янець-Подільський); хірургічне

відділення ТОВ «МЦ «Клініка Святого Луки» (урочище «Вознесенське», Горбівська сільрада, Банчени, Чернівецька область), про що отримано акти впровадження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційну роботу заплановано на засіданні Вченої ради Державної установи «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І.Ситенка Національної академії медичних наук України» (протокол №5 від 09.06.2023), розглянуто і затверджено на засіданнях Комітету з біоетики Інституту від 14.05.2018 р., протокол № 180 та від 19.04.2021 р., протокол № 215 та виконано згідно з планом науково-дослідних робіт Державної установи «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І.Ситенка Національної академії медичних наук України» «Вивчити основні помилки та ускладнення транспедикулярної фіксації в хірургії хребта та розробити заходи їх профілактики та лікування» (прикладна), ЦФ.2019.1.НАМНУ (державний реєстраційний номер 0118U006949). Автором обґрунтовано використання навігаційної системи та нейромоніторингу в запобіганні ускладнень транспедикулярної фіксації хребта. За допомоги математичного моделювання методом скінчених елементів досліджено напружено деформований стан поперекового відділу хребта з полісегментарною транспедикулярною фіксацією та вивчено динамічну стимуляцію його рухів із використанням скелетно-м'язової моделі при змінах сагітального контуру хребта. «Удосконалити методи хірургічного лікування хворих з дегенеративно-дистрофічними захворюваннями поперекового відділу хребта з використанням новітніх технологій» (прикладна), ЦФ.2022.1.НАМНУ (державний реєстраційний номер 0121U111749). Автором розроблено, обґрунтовано та впроваджено в практику алгоритмізовану систему та патернову схему прогнозування вірогідності та диференційної діагностики розвитку післяопераційних ускладнень сучасного хірургічного лікування

пацієнтів із дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта на підставі використання діагностичних, лікувальних та експериментальних технологій з розробкою рекомендацій для удосконалення хірургічного лікування зазначеної патології.

Особистий внесок здобувача

Дисертаційна робота є самостійною завершеною науковою працею. Автором обрано напрямок роботи, визначено мету і задачі дослідження, методичні підходи вивчення розвитку методів діагностики, профілактики та ускладнень транспедикулярної фіксації на грудному та поперековому відділах хребта у хворих із захворюваннями, травмами та деформаціями. Виконано патентно-інформаційний пошук, проведено аналіз даних сучасної вітчизняної і зарубіжної наукової медичної літератури. Особисто проведено ретроспективні дослідження із визначенням основних причин ревізійних втручань з приводу ускладнень після транспедикулярної фіксації грудного та поперекового відділів хребта. Автор особисто асестував та оперував у багатьох хірургічних втручаннях та провів дослідження з визначення ефективності використання спинальної навігаційної системи та використання нейромоніторингу в запобіганні неврологічних ускладнень транспедикулярної фіксації. Також особисто автором виконано хірургічні втручання та проведено МРТ-метричний аналіз змін суміжних міжхребцевих дисків у хворих в динаміці після транспедикулярної фіксації. Ним узагальнено результати досліджень та інтерпретовано висновки. Автором розроблено алгоритмізовану методику та практичні рекомендації щодо діагностики та профілактики ускладнень транспедикулярної фіксації хребтових рухових сегментів на грудному та поперековому відділах хребта.

Наукові дослідження виконані в Державній установі «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М. І. Ситенка Національної академії медичних наук України». Біомеханічні дослідження методом кінцевих

елементів щодо побудови скелетно-м'язової моделі хребта з транспедикулярною фіксацією хребців при змінах сагітального контуру хребта для визначення оптимальних умов та жорсткості його фіксації, а також вивчення впливу ушкоджених м'язів під час хірургічного доступу на фіксований хребтово-руховий сегмент транспедикулярною конструкцією при динамічній симуляції рухів хребта на кінематичній моделі - в лабораторії біомеханіки за консультативної допомоги наукових співробітників Карпінського М. Ю., Карпінської О. Д., Малика Р. В. та консультанта НТУ «ХПІ» МОН України Веретельніка О. В. За консультативної допомоги ст. н. співр. відділу трансплантології та експериментального моделювання з експериментально-біологічною клінікою кандидата біологічних наук О. А. Нікольченко та завідуючої лабораторією морфології сполучної тканини кандидата біологічних наук В. Є. Мальцевої виконано вивчення розвитку ускладнень спондилодезу поперекового відділу хребта білих щурів залежно від ушкодження нервових структур або міжхребцевих дисків в експерименті. Дослідження змін значень маркерів запалення, метаболітів сполучної тканини та імунної системи при розвитку ускладнень транспедикулярної фіксації хребців в грудному та поперековому відділах хребта за консультативної допомоги завідуючої відділом лабораторної діагностики та імунології з клініко-діагностичною лабораторією кандидата біологічних наук Ф. С. Леонтьєвої та головного співробітника відділу лабораторної діагностики та імунології доктора фармацевтичних наук, старшого наукового співробітника Тулякова В. О.

Автором проведено статистичну обробку та науковий аналіз отриманих результатів, сформульовано висновки дисертації. У працях, опублікованих у співавторстві, дисертанту належить основна частина цифрового матеріалу і основні творчі напрацювання: результати власних та виконаних у співавторстві експериментальних досліджень, участь в аналізі та узагальненні отриманих даних, формування наукових робіт до друку.

Участь співавторів відображено у спільних публікаціях. Всього опубліковано за темою дисертації 30 наукових праць, в тому числі, 20 статей у рекомендованих фахових наукових журналах (12 в журналах, індексованих на наукометричних базах «Web of Science» та «Scopus»), 2 глави в посібниках, крім того, 8 тез та зроблено 19 доповідей на конференціях та з'їздах.

1. Петренко, Д. Є., Мезенцев, А. О., Демченко, О. В. & **Барков, О. О.** (2013). Верифікація методу визначення протяжності фіксації хребта під час виконання вентрального коригувального спондилодезу. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 3(592), 5–8. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-5987201335-8> (Автор прийняв участь у виконанні оперативних втручань та здійснив обробку інформаційних результатів).

2. Skidanov, A. G., Duplii, D. R., Kotulsky, I. V., **Barkov, O. O.**, Kys, A. V., Piontkovsky, V. K. & Radchenko, V. O. (2015). Functional state of back muscles in patients with degenerative diseases of the spine. *Orthopedics, traumatology and prosthetics*. 4(601), 59–68. DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872015459-68> (Автор прийняв участь у виконання оперативних втручань у хворих, обробці отриманого інформаційного матеріалу).

3. Kolesnychenko, V. A., **Barkov, O. O.**, Bolkhovytyn, P. V., Bondarenko, S. Ye., Burlaka, V. V., Garbuznyak, I. M., Golka, T. G., Golovyna, Ya. O., Kosteryn, S. B., Mezentsev, V. O., Petrenko, D. Ye., Pidgayska, O. O., Popsuishapka, K. O., Skidanov, A. G. & Fedotova, I.F. (2015). *Orthopedic handbook*. Ed. M. O. Korzha, V. O. Radchenko (2nd ed.). Kyiv: "Health of Ukraine" Library. ISBN 978-617-7100-18-7. (Автором особисто написано розділи, що до хірургічного лікування дегенеративних захворювань та сколіотичних деформацій хребта).

4. Fedotova, I. F., Korzh, I. V., Lyzogub, M. V., **Barkov, O. O.** & Piontkovsky, V. K. (2016). Management of orthopedic patients with arterial

hypertension in the perioperative period (literature review). *Orthopedics, traumatology and prosthetics*. 3(604), 110–114. DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-598720163110-114> (Автором проведено науково-інформаційний пошук, сформульовано мету дослідження, відібрано та проаналізовано джерела літератури).

5. Дедух, Н. В., Бенгус, Л. М., Левшин, О. А., Костерін, С. Б., **Барков, О. О.** & Піонтковський, В. К. (2017). Морфологічні зміни в хребтових рухових сегментах поперекового відділу хребта кролів після їх стабілізації ригідними імплантатами. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 1(606), 21–26. DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872017121-26> (Автору належить ідея дослідження, ним визначено стан проблеми, прооперовано тварин, узагальнено результати, підготовлено матеріали до публікації).

6. Radchenko, V. O., **Barkov, O. O.** & Skidanov, A. G. (2019). Five-year experience using the navigation system in spine surgery. *Orthopedics, traumatology and prosthetics*. 1, 5–13 DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-5987201915-13> (Автор прийняв участь у виконанні оперативних втручань, обробці матеріалу, формуванні висновків).

7. **Барков, О. О.**, Костерін, С. Б., Піонтковський, В. К., Попов, А. І., Попсуйшапка, К. О., Скіданов, А. Г., Федотова, І. Ф. & Шманько, О. П. (2020). Біль у спині. Посібник для сімейних лікарів. (Серія «Бібліотека «Здоров'я України»). Під. ред. М. О. Коржа, В. О. Радченка. – Київ: ТОВ «Бібліотека «Здоров'я України», 110 с. (Автором особисто написано розділи щодо хірургічного лікування дегенеративних захворювань та сколіотичних деформацій хребта).

8. Радченко, В. О., Леонтєва, Ф. С., **Барков, О. О.**, Туляков, В. О. & Корж І. В. (2021). Біохімічні й імунологічні показники крові хворих зі запальними ускладненнями після транспедикулярної фіксації хребта. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 2(623), 23–27. DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872021223-27> (Автор прийняв участь у

виконанні оперативних втручань у хворих, обробці інформаційного матеріалу і формуванні висновків).

9. **Барков, О. О.**, Веретельник, О. В., Ткачук, М. М., Ткачук, М. А. & Веретельник В. В. (2021). Вплив сагітальних поперекових параметрів на напружено-деформований стан хребтових рухових сегментів за умов застосування транспедикулярної фіксації. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 3(624), 37–48. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872021337-48> (Автор прийняв участь у обробці інформаційного матеріалу, узагальненні результатів, написанні роботи та формуванні висновків).

10. **Барков, О. О.** & Дуплій, Д. Р. (2021). Практичні аспекти інтраопераційного нейромоніторингу у хворих із різною патологією хребта. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 4(625), 5–12. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-5987202145-12> (Автор прийняв участь у оперативних втручаннях хворих, обробці інформаційного матеріалу, створенні висновків).

11. Радченко, В. О., Скіданов, М. А., Ашукіна, Р. О., Мальцева, В. Є., Скіданов, А. Г. & **Барков, О. О.** (2022). Сучасні підходи до моделювання in vivo дегенеративних захворювань хребта. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 1–2(626-627), 108–117. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-598720221-2108-117> (Автору належить ідея дослідження, ним визначено стан проблеми, прооперовано тварин, узагальнено результати, підготовлено матеріали до публікації.)

12. **Барков, О. О.**, Радченко, В. О., Кацалап, Є. С. & Федотова, І. Ф. (2023). Двохетапне хірургічне лікування великих і ригідних деформацій хребта (передня мобілізація викривлення та задня інструментація хребта) *Ортопедія, травматологія та протезування*. 4(633), 22–30. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872023422-30> (Автор прийняв особисту участь у виконання оперативних втручань, розробці концепції статті та її написанні).

13. **Барков, О. О.,** Малик, Р. В. & Карпінська, О. Д. (2023а). Дослідження навантаження у крижово-клубовому зчленуванні при динамічній симуляції рухів у поперековому відділі хребта на скелетно-м'язових моделях після виконання заднього бісегментарного спондилодезу. *Травма*. 24(2), 46–51. DOI: <https://doi.org/10.22141/1608-1706.2.24.2023.944> (Автору належить ідея дослідження, ним визначено стан проблеми, прооперовано тварин, узагальнено результати, підготовлено матеріали до публікації.)

14. **Барков, О. О.,** Малик, Р. В. & Карпінська, О. Д. (2023б). Дослідження навантаження тіла хребця L_{IV} за динамічної симуляції рухів у поперековому відділі хребта на скелетно-м'язових моделях після виконання заднього бісегментарного спондилодезу. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 3(636), 13–18. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872023333-18> (Автору належить ідея дослідження, ним визначено стан проблеми, прооперовано тварин, узагальнено результати, підготовлено матеріали до публікації.)

15. **Барков, О. О.,** Туляков, В. О. & Аплевич, В. М. (2024). Використання лабораторних критеріїв для оцінювання ризику післяопераційних ускладнень після транспедикулярної фіксації поперекового відділу хребта. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 1(634), 19–26. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872024119-26> (Автор прийняв участь у оперативному лікуванні хворих, обробці інформаційного матеріалу, формуванні висновків).

16. **Барков, О. О.** (2024). Сучасні тенденції хірургічного лікування міжхребцевих гриж та стенозу поперекового відділу хребта. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 4(637), 105-113 DOI: DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-598720244105-113> (Автором проведено науково-інформаційний пошук, сформульовано мету дослідження, відібрано та проаналізовано джерела літератури).

17. Tuliakov, V. & **Barkov, O.** (2024). Biomarkers of inflammation in the blood of patients with the degenerative lumbar spine disease and complications after transpedicular fixation. *Wiad Lek.* 77(12), 2412-2418. DOI: 10.36740/WLek/195545. PMID: 39874324. DOI: [10.36740/WLek/195545](https://doi.org/10.36740/WLek/195545) (Автор прийняв участь у оперативному лікуванні хворих, обробці інформаційного матеріалу, формуванні висновків).

18. Корж, М. О., **Барков, О. О.** & Карпінська, О. Д. (2025). Рентгенометричні зміни прилеглих міжхребцевих дисків після транспедикулярної фіксації поперекового відділу хребта в лікуванні дегенеративних захворювань. *Вісник проблем біології і медицини*, 2 (177), 176-190. DOI: [10.29254/2077-4214-2025-2-177-176-190](https://doi.org/10.29254/2077-4214-2025-2-177-176-190) (Автор прийняв участь у оперативному лікуванні хворих, обробці інформаційного матеріалу, формуванні висновків).

19. **Барков, О. О.** & Карпінська, О. Д. (2025). Аналіз ревізійних хірургічних втручань грудного та поперекового відділу хребта після транспедикулярної фіксації хребта. *Травма*, 26(3), 189-196. DOI: <https://doi.org/10.22141/1608-1706.3.26.2025.1019> (Автор прийняв участь у виконанні хірургічних втручань у хворих, обробці інформаційного матеріалу, узагальнено результати, підготовлено матеріали до публікації).

20. **Barkov, O.** & Karpinska O. (2025). Comparison of the risk of complications in posterior fusion of the lumbar spine with cortical and transpedicular screw trajectories: a systematic review and meta-analysis. *Wiadomosci Lekarskie*, (7), 1253-1264. DOI: <https://doi.org/10.36740/WLek/204996> (Автор прийняв участь у виконанні оперативних втручань у хворих, обробці інформаційного матеріалу, написанні висновків).

21. **Барков, О. О.**, Мальцева, В. Є., Нікольченко, О. А., & Данищук, З. М., Самойлова К.М. (2025). Гістологічні зміни в суміжних міжхребцевих дисках у моделі щурів з пошкодженням дриглистого ядра та компресією спинномозкового нерва. *Ортопедія, травматологія та*

протезування. 3(640), 37-46 DOI: DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872025337-46> (Автором сформульовано мету дослідження, прооперовано тварин, узагальнено результати, підготовлено матеріали до публікації.)

22. Бондаренко, С. Є., **Барков, О. О.** & Туляков, В. О. (2026). Рекомендації щодо попередження розвитку післяопераційних ускладнень транспедикулярної фіксації у хворих з патологією хребта. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 1(642), 53-60 DOI: DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872026153-60> (Автором сформульовано мету дослідження, прооперовано тварин, узагальнено результати, підготовлено матеріали до публікації.)

23. Федотова, І. Ф., **Барков, О. О.**, Дуплій, Д. Р. & Сіренко, О. А. (2014). Проведення інтраопераційного нейромоніторингу під час хірургічних втручань на хребті. *III міжнародний конгрес України «Впровадження сучасних досягнень медичної науки в практику охорони здоров'я України»*, (14–16 жовтня, с. 55-56). Київ. (Автором розроблено дизайн експерименту, проаналізовано наукову інформацію, узагальнено результати та зроблено висновки).

24. Радченко, В. О., Мезенцев, А. О. & **Барков, О. О.** (2016). Хірургічне лікування різних типів сколіозу у дорослих. *Збірник наукових праць XVII з'їзду ортопедів-травматологів*, (5-7 жовтня, с. 312-313). Київ. (Автором проаналізовано наукову інформацію, узагальнено результати, зроблено висновки та представлено результати на з'їзді).

25. Куценко, В. О., Чернишов, О. Г., Федотова, І. Ф. & **Барков, О. О.** (2017). Вплив параметрів сагітального хребтово-тазового балансу на морфогенез поперекових хребцевих сегментів. *Збірник наукових праць за матеріалами Науково-практичної конференції з міжнародною участю «Сучасні дослідження в ортопедії та травматології»*, (4-5 жовтня, с. 35). Харків. (Автором проаналізовано наукову інформацію, узагальнено результати, зроблено висновки та представлено результати на конференції).

26. Веретельник, О. В., Ткачук, М. А., **Барков, О. О.**, Радченко, В. О., Тимченко, І. Б. & Динник, О. А. (2018), Напружено-деформований стан елементів поперекового відділу хребта після проведення динамічної міжкостистої стабілізації, *Збірник наукових праць за матеріалами Науково-практичної конференції з міжнародною участю «Сучасні дослідження в ортопедії та травматології»*, (4-5 жовтня, сс. 35–38). Харків. (Автор запропонував концепцію, розробив дизайн дослідження, узагальнив результати, представив результати на конференції).

27. Радченко, В. О. & **Барков, О. О.** (2019). Помилки та ускладнення транспедикулярної фіксації в хірургії грудного та поперекового відділів хребта. *Збірник наукових праць XVIII з'їзду ортопедів-травматологів*, (9-11 жовтня, с.127-128). Івано-Франківськ. (Автор запропонував концепцію, розробив дизайн дослідження, узагальнив результати, представив результати на з'їзді).

28. Радченко, В. О., **Барков, О. О.**, Хмизов, С. О., Гриценко, А. В. & Колесніченко, Ю. Е. (2020). Індивідуальне хірургічне лікування аномалій та деформацій хребта у дітей та підлітків із застосуванням 3D навігації та нейромоніторингу. *Актуальні питання патології суглобів та ендопротезування: матеріали П'ятої науково-практичної конференції*, (3–5 вересня, сс. 73-75). Запоріжжя. (Автор запропонував концепцію, розробив дизайн дослідження, узагальнив результати, представив результати на конференції).

29. **Барков, О. О.**, Нікольченко, О. А., Мальцева, В. Є. & Данищук, З. М. (2024). Розробка експериментальної моделі на щурах для дослідження ускладнень у хірургії поперекового відділу хребта. *Матеріали наукової конференції «Вертебрологія на сучасному етапі», присвячена 100-річчю з дня народження видатного вченого ортопеда-травматолога академіка О.О. Коржа*, (19 квітня, сс. 4-6). Харків. (Автором проаналізовано наукову інформацію, узагальнено результати, зроблено висновки та представлено результати на конференції).

30. Барков, О. О. & Дуплій, Д. Р. (2024). Інформативність модальностей інтраопераційного моніторингу у хворих з різною патологією хребта. *Матеріали науково-практичної конференції «Слобожанська конференція з анестезіології та інтенсивної терапії: професійний розвиток попри війну»*, (28 червня, с. 2.). Харків. (Автором проаналізовано стан проблеми, взято участь у аналізі та узагальненні результатів, представлено доповідь на конференції).

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи викладено та обговорено на III міжнародному конгресі України «Впровадження сучасних досягнень медичної науки в практику охорони здоров'я України», Київ, 14–16 жовтня, 2014 р.; 13-му Міжнародному симпозиумі «Minimal invasive and instrumented surgery of the spine», Львів, 30 травня 2015 р.; XVII з'їзді ортопедів-травматологів України, Київ, 5–7 жовтня 2016 р.; 15-му Міжнародному симпозиумі «Minimal invasive and instrumented surgery of the spine», Харків, 27 травня 2017 р.; науково-практичній конференції з міжнародною участю «Сучасні дослідження в ортопедії та травматології» (наукові читання, присвячені пам'яті акад. О. О. Коржа), Харків 4-5 жовтня 2018 р.; X ювілейному міжнародному медичному форумі України, 17-19 квітня 2019 р.; 17-му Міжнародному симпозиумі «Minimal invasive and instrumented surgery of the spine», Харків, 25 травня 2019 р.; 16-му Міжнародному симпозиумі «Minimal invasive and instrumented surgery of the spine», Харків, 26 травня 2018 р.; 17-му Міжнародному симпозиумі «Minimal invasive and instrumented surgery of the spine», Харків 25 травня 2019 р.; симпозиумі «Ukraine-Turkey Spine Days», Запоріжжя, 8 листопада 2019 р.; 4-й науковій зустрічі Північноамериканського товариства спинальних хірургів (NASS), Міжнародного товариства мінімального втручання в хірургії хребта (ISMISS) та Індонезійського товариства спинальних хірургів (ISS), Джакарта (Індонезія), 23–24 серпня 2019 р.; 18-му Міжнародному симпозиумі «Minimal invasive and instrumented surgery of the spine», Харків, 05 грудня 2020 р.; 19-му

Міжнародному симпозиумі «Minimal invasive and instrumented surgery of the spine», Харків, 04 грудня 2021 р.; VII з'їзді Української асоціації нейрохірургів, Одеса, 16–18 вересня 2021 р.; Науково-практичній конференції «Бойова травма», Харків, 21 грудня 2023 р.; Науково-практичній конференції «Вертебрологія на сучасному етапі», присвяченій 100-річчю з дня народження видатного вченого ортопеда-травматолога академіка О.О. Коржа, Харків, 19 квітня 2024 р.; 20-му Міжнародному симпозиумі «Minimal invasive and instrumented surgery of the spine», Рівне, 1–2 червня 2024 р.; 21-му Міжнародному симпозиуму «Minimal invasive and instrumented surgery of the spine», Івано-Франківськ, 31 травня – 1 червня 2025 р.

Обсяг та структура дисертації

Дисертаційна робота містить вступ, огляд наукової літератури, опис матеріалів і методів досліджень, дев'ять розділів власних досліджень, висновки, список джерел літератури та додатки. Дисертація викладена українською мовою на 379 сторінках машинописного тексту, включає 32 таблиці та 170 рисунків, а також 259 джерел літератури, з них 212 — латиницею, 47 — мовами з кириличною символікою.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНІ МЕТОДИ (СПОСОБИ, ТЕХНІКИ) ДЕКОМПРЕСІЙНО-СТАБІЛІЗУЮЧИХ УТРУЧАНЬ НА ГРУДНОМУ ТА ПОПЕРЕКОВОМУ ВІДДІЛАХ ХРЕБТА ТА ЇХ УСКЛАДНЕННЯ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1 Декомпресійні операції з транспедикулярною фіксацією хребців

ТФ хребців є поширеним методом хірургічного лікування захворювань, деформацій і травм хребта [72, 73]. Створення заднього кістково-пластичного спондилодезу з використанням ТГ забезпечує стабілізацію ураженого сегмента, але водночас порушує нормальні біомеханічні взаємовідносини між ХРС. Це може спричиняти або прискорювати розвиток дегенеративних змін у прилеглих сегментах хребта. Патологічні зміни в суміжних ділянках можуть проявлятися зниженням висоти дисків, формуванням гриж, розвитком сколіотичних деформацій, спондилолітезу або стенозу хребтового каналу. Рентгенологічні ознаки захворювання прилеглого сегмента можуть спостерігатися без клінічних симптомів від 12,2 % до 42,6 % випадків, тоді як рентгенологічні зміни з клінічними проявами від 4 % до 20 % [74, 75]. Найчастішими факторами ризику розвитку синдрому прилеглого сегмента вважаються наявні дегенеративні зміни в суміжних сегментах, сагітальний дисбаланс, ригідна фіксація та інтраопераційне пошкодження м'язів [76, 77].

Визначення факторів ризику розвитку ускладнень після поперекового спондилодезу дуже важливо для безпеки майбутніх хворих. Саме тому, J. Di Sarua та співавт. (2017) провели аналіз факторів ризику будь-яких значних ускладнень після планового заднього спондилодезу ПВХ. Всього 7761 хворий відповідав їх критеріям включення, при дослідженні яких у 2055 (26,5 %) хворих було виявлено одне значне ускладнення, у 249 (3,2 %) — два, а у 151 (1,9 %) — одночасно три значних ускладнення [78].

Поширеність інфекційних та специфічних ускладнень після стабілізації хребта становить від 0,44 % до 1,81 %, які, у свою чергу, поділяються на ранові (1,38 %), серцево-судинні (2,67 %), легеневі (1,47 %), шлунково-кишкові (1,38 %), урологічні (0,93 %), непостійні неврологічні (36,07 %) та стійкі неврологічні (3,98 %) розлади [79]. Нерідко трапляються й ускладнення, зумовлені використанням металоконструкцій, зокрема перелом імплантатів. Збільшення кількості оперативних втручань із використанням ТФ закономірно супроводжується і наростанням числа ускладнень, пов'язаних з міграцією чи неспроможністю металоконструкції [80]. Важливими залишаються проблеми ранньої діагностики неспроможності і переломів елементів ТК, а також визначення протяжності її фіксації ХРС, особливо при сколіотичних деформаціях хребта [81]. Клінічна настороженість, своєчасна діагностика та оперативне лікування дозволяють не лише нівелювати больовий синдром та неврологічну симптоматику, а й уникнути інвалідизації хворого [82]. При малоінвазивних методиках ТФ загальна частота ускладнень приблизно складає 6 % випадків [83].

За даними М. Tanaka та співавт. (2021), потенційні ускладнення від ТГ зазвичай включають проблеми із системою стрижень-гвинт або пошкодження прилеглих тканин. Найбільш частим ускладненням ТГ є міграція стрижнів, їх перелом, ослаблення фіксації фіксуючим вузлом, а також неправильна установка стрижнів, що часто слідує за неправильним підбором стрижнів [84].

За даними А. В. Vardiman та співавт. (2020), М. К. Kwan та співавт. (2021) найбільш частими інтра- та післяопераційними ускладненнями, пов'язаними з проведеннями гвинтів є злам гвинта, розхитування гвинта, перелом медіальної стінки ніжки хребця, перелом латеральної стінки ніжки хребця, поверхнєве інфікування, глибоке інфікування до мозковий оболонки [85, 86].

Дослідження показали, що неврологічними ускладненнями, що найбільш часто спостерігалися, були парез, парестезія, подразнення

корінця L_v , сильний головний біль через фістули спинномозкової рідини, ішіас, дизестезія, біль у ногах і пошкодження твердої мозкової оболонки [87].

Серед судинних ускладнень спостерігалися ушкодження черевної аорти, розрив клубової вени, нижньої порожнистої вени та синдром верхньої брижової артерії [85].

Одним із найчастіших ускладнень жорсткої фіксації хребта є дестабілізація транспедикулярного фіксатора, яка виникає у частини від 4 % до 20 % оперованих хворих і може перевищувати 50 % у хворих із порушенням мінеральної щільності кісткової тканини [86, 87]. Для підвищення стабільності ТФ запропоновано нарощування кісткової тканини кістковим цементом із фосфату кальцію та поліметилметакрилату [88]. Як повідомлялося, аугментація на основі поліметилметакрилату забезпечувала більш міцну та стабільну фіксацію, однак цей метод має суттєві недоліки, пов'язані з використанням кісткового цементу [89]. Серед таких ускладнень виділяють витік кісткового цементу в хребтовий канал, що може призвести до стиснення спинного мозку та корінців. Потрапляння кісткового цементу до судинного русла, може призвести до легеневої емболії. Описано також синдром імплантації кісткового цементу, який може призвести до гострої серцевої недостатності та навіть раптової смерті в ранньому післяопераційному періоді [90]. Зазначені проблеми наголошують на необхідності вирішення питання збільшення міцності фіксації ТГ без використання кісткового цементу.

Некоректне розташування ТГ пов'язано з ризиком неврологічних ускладнень. Нейропатичний біль є одним з можливих ускладнень після хірургічних втручань на хребті із ТФ і призводить до суттєвого погіршення якості життя хворих [91]. Серед хворих, які вже мають неврологічні ускладнення через компресію нервів у ПВХ, виконання декомпресійно-стабілізуючих втручань не у всіх призводить до повного одужання [92]. А тривалий нейропатичний біль після спондилодезу звичайно не виникає після лікування, а залишається від часу до оперативного втручання, коли він був викликаний порушенням анатомічних взаємовідносин у ХРС [93]. Важливим

є дослідження стану МХД, суміжних з дегенеративним сегментом, через відповідне ускладнення, яке виникає після спондилодезу ПВХ у частини від 5 % до 30 % хворих [94].

Пошук рішень цієї проблеми полягає у розробці нових методів лікування та профілактики таких ускладнень. Зокрема, для вирішення цієї задачі необхідною є розробка і використання експериментальних моделей спинальної патології, які дозволять вивчити на дослідних тваринах розвиток змін у хребті з компресією нервів у ПВХ як до так і після виконання декомпресійно-стабілізуючих утручань. Зазначений напрямок може сприяти раціоналізації використання різних методів лікування, зокрема біологічної терапії для суміжних сегментів. Невеликі гризуни такі, як миші або щури, є одним з поширених варіантів для моделювання дегенеративних захворювань хребта [95–98].

Перевагою лабораторних гризунів перед великими тваринами в якості моделей для вивчення механізмів розвитку дегенеративних захворювань хребта і тестування методик їхнього лікування є простота застосування та легкість відтворювання, економічна й етична виправданість [99].

S. Shehab зі співавт. (2024) виявили у щурів з однобічним перев'язуванням спинномозкового нерву на рівні L_V , що вплив капсаїцину або резиніфератоксину на суміжні нерви L_{III} та L_{IV} зменшив біль на структурні зміни у нервах [100]. Це дає напрямок у створенні моделей тварин для вивчення розвитку структурних змін у хребті аналогічних як у хворих з дегенеративними захворюваннями хребта та невропатичним болем, на ураженому та суміжних рівнях.

Оцінку ступеня розхитування гвинтів здійснюють за допомогою КТ за утворенням зон зниження щільності кісткової тканини навколо різьблення [101].

При визначенні точності та безпеки установки ТГ у ГВХ та ПВХ з використанням хірургічної техніки під контролем рентгеноскопії в П'ятому військовому навчальному госпіталі Мохаммеда в Рабаті з використанням класифікації Герцбейна для оцінки порушень педикулярного кортексу, при

якому проникнення більше 6 мм вважалося критичним, а менше 4 мм — некритичним (класи А–С), проведено дослідження за участю 25 хворих, яким було встановлено 122 гвинти, встановлені у хребці рівнів від Th₁ до L_v. При цьому було виявлено 11 випадків некоретного встановлення ТГ. Частота порушень була достовірно вищою у грудних рівнях (8 гвинтів), ніж у поперекових (3 гвинти). З них три критичні випадки сталися у двох хворих, і один із них потребував повторного втручання [102].

У дослідженні A. R. Kothari та співавт. (2023) розглядалися підсумки установки 259 гвинтів (63,45 %) у 384 хребетних відростків у 21 хворих зі сколіозом. При цьому спостерігалось 22 порушення встановлення ТГ. Значні (> 2 мм) порушення спостерігалися у двох випадках медіальної та в одному нижньої стінки, що вимагало ревізії. Загальна біомеханічно значна частота поломок з ТГ склала 3 з 259 (1,2 %) при точності 98,8 %. Установка ТГ призвела до ще 14 незначних (< 2 мм) порушень, з яких десять були медіальними і чотири торкалися нижньої стінки. Навігація за допомогою О-дуги знизилася частоту медіальних і латеральних (тобто «критичних») порушень встановлення ТГ > 2 мм) [103].

Для попередження порушення фіксації ТГ розроблено гвинти зміненої форми з поступовим розширюванням [104].

Коли жорсткі стрижні з'єднані з хребцями в дуже рухливих відділах хребта, особливо таких як поперекової та шийний відділи, згинальні та скручувальні рухи можуть збільшити концентрацію напруги в області кріплення стрижнів до гвинтів. Зрештою, згинальні сили можуть викликати злам гвинта в точці, де головка гвинта прикріплена до його різьбового корпусу [104, 105].

Ригідні стрижні можуть розхитатися та викликати подальшу нестабільність і біль у інструментованому сегменті. Цей ризик можна зменшити, використовуючи динамічні стрижні, які допускають обмежені рухи, але при цьому дозволяють хребцям залишатися стабільними та зростатися.

Неправильне проведення ТГ може призвести до розвитку уповільненої інфекції в місці прикріплення ТГ до хребетної кістки [106, 107]. При цьому

інфікування може призвести до розхитування ТГ та виникнення болю. У цих випадках необхідне видалення гвинта [108].

Суттєву роль при встановленні систем ТФ грає крутний момент при затягуванні гвинтів, який має бути знаходиться в межах значень. З меншого боку він обмежений мінімальними зусиллями, необхідними для виникнення потрібної сили тертя, з більшого боку він не повинен перевищувати поріг, за яким починається руйнування кісткової тканини [109].

Існують дослідження про те, що навантаження на суміжний сегмент є залежним від ступеня лордозу, який створюють під час інструментації хребців. Дегенерація суміжного сегменту часто спостерігається після поперекового спондилодезу, але причинно-наслідковий механізм не є цілком очевидним. У даних ситуаціях кінематика сусідніх сегментів є зміненою та задіяні потенційно нефізіологічні механічні навантаження на міжхребцеві суглоби. Однак мало відомо про те, як зміна лордозу та кінематика впливають на навантаження на сусідні міжхребцеві суглоби, з урахуванням активних м'язових сил [110, 111].

Зазначеній проблемі присвятили своє дослідження М. Senteler та співавт. (2017). Робота була присвячена оцінці ефектів змін навантаження на суміжні міжхребцеві суглоби в умовах імітації спондилодезу $L_{IV}-L_V$, із використанням кінематично-контрольованої моделі опорно-рухової системи з одним загальним та вісьмома моделями сагітального вирівнювання. Моделі мали різні конфігурації хребта, але були нормалізовані за ростом, масою тіла та властивостями м'язів. Нахил з вертикального положення до 45° згинання та назад було змодельовано для всіх моделей в умовах без урахування інших факторів. В результаті дослідження було визначено, що гіполордотична конфігурація призводила до збільшення ссувних сил навантаження на суміжний сегмент в середньому на 29 %, тоді як спондилодез в положенні гіперлордозу зменшив навантаження на 39 %. Загалом, штучне зменшення поперекового лордозу, призводить до несприятливих умов навантаження, особливо на суміжних краніальних рівнях, а також до зміни в м'язовому

моменті плеча сили, зокрема, для м'язів задіяних під час виконання спондилодезу [39].

Окремої уваги заслуговують хворі, яким необхідно проводити ревізійні (повторні) хірургічні втручання [112]. Технічно це є дуже складні операції з невизначеним і негарантованим позитивним результатом. Передопераційне, внутрішньоопераційне, а також післяопераційне ведення таких хворих важче, ніж у хворих із первинними операціями. Успішне втручання вимагає детального обстеження та ретельного підбору діагностичних тестів. У цих випадках першорядним є передопераційне планування. Процес прийняття рішення повинен вирішувати питання об'єму та виду операції, необхідність та протяжність фіксації сегментів хребта, корекцію сагітального дисбалансу, тип остеотомії хребта та її розташування. Хірург має бути готовим до регулювання супутніх ускладнень, таких, наприклад, як лікварея або масована втрата крові та вирішити який вид трансплантату необхідно використати, щоб сприяти досягненню спондилодезу.

Із-за збільшення кількості вікового населення пропорційно зростає кількість хворих із запущеними дегенеративними захворюваннями хребта, що потребують хірургічного лікування. При ретроспективному дослідженні історій хвороб хворих із ревізійними операціями з причин дегенеративних захворювань поперекового відділу хребта були детально проаналізовані причини негативних ісходів операцій на основі анамнезу, фізичного обстеження, візуальних досліджень та звітів про операцію. Визначено, що найбільш частими причинами ревізійних операцій на одному і тому ж самому ХРС були рецидивуючі грижі диска, неадекватна декомпресія хребтового каналу та невідповідна хірургічна техніка. В групі хворих, котрим встановили імпланти для стабілізації хребта, ревізійні втручання в більшості випадків були пов'язані з захворюванням суміжного сегменту [5].

Проведення ригідної фіксації поперекових ХРС пов'язано з ризиком ранньої дестабілізації імплантів і формуванням псевдоартрозів, особливо у хворих похилого віку. Мінеральна щільність кісткової тканини за

результатами КТ є значущим прогностичним фактором розвитку нестабільності імплантів. Суттєвими факторами ризику розхитування гвинтів автори вважають збільшення протяжності ригідної фіксації і широку резекцію дугоотросткових суглобів і зв'язкового апарату ХРС. Фактори ризику необхідно враховувати при плануванні декомпресивно-стабілізуючих втручань, особливо у хворих похилого віку [25].

Представлені дослідження, в яких визначено, що для хворих віком 65 років і старше, яким виконано задню ТФ хребта, більш тривалий час операції пов'язаний з більшим ризиком розвитку тромбоемболії, переливання, інтубації, проблем нирок, інфекцій сечовивідних шляхів, інфекцій в ділянці хірургічного втручання та загальних післяопераційних ускладнень [113].

Післяопераційні ускладнення при операціях на хребті пов'язані зі збільшенням захворюваності, тривалості перебування в лікарні та витратами. Вчені з Аргентини провели ретроспективне дослідження для визначення кількості післяопераційних ускладнень. В ретроспективному дослідженні G. Camino Willhuber та співавт. (2019) було проаналізовано 274 операції на хребті, проведених в період з липня 2016 року по червень 2017 року, та визначено наявність післяопераційних ускладнень на 90-й день (за класифікацією Діндо-Клав'єна, I–V ступінів), тривалість перебування в лікарні, складність хірургії (низька, середня та висока), незапланована ревізія та фактори ризику. Результати дослідження показали, що усього 79 хворих перенесли ускладнення (28,8 %), з них 21 (26,7 %) — I ступеня, 24 (30,3 %) — II ступеня, 4 (5,7 %) — IIIA ступеня, а 29 (37,3 %) — ступеня IIIB. Випадків IV та V класу не було. Найчастішим ускладненням був надмірний біль з подальшим глибоким зараженням рани та анемією. Хірургічна складність та тривалість втручання були суттєво пов'язані з ризиком розвитку ускладнень. Середній термін перебування у лікарні у хворих без/та із ускладненнями становила відповідно 2,7 діб та 10,6 діб, а частота незапланованих ревізій — 11 % [114].

Одним із загрозових видів ускладнень в хірургії хребта при використанні ТГ є можливість некоректного їх проведення, особливо в грудному відділі хребта, або у хворих з деформаціями хребта, що може призвести до незворотніх неврологічних ускладнень [115].

Неясним до кінця залишається питання, чи можуть післяопераційні рентгенограми точно визначити коректне розташування гвинта в хребці. Саме цьому було присвячене одне із ретроспективних досліджень, де було визначено придатність післяопераційних рентгенограм для оцінки коректного розташування ТГ. В післяопераційному періоді використовували рентгенограми в якості попередника для виявлення проблемних гвинтів, а для підтвердження безпечного їх проведення виконували КТ. Положення гвинтів класифікували, як прийнятне або некоректне. Мальпозицію гвинтів було класифіковано за розташуванням, як медіальне, латеральне або переднє розташування. До дослідження було залучено 104 хворих зі сколіозом або кіфозом, які перенесли задню інструментацію хребта та мали післяопераційну КТ. Загалом було оцінено 2034 грудних та поперекових ТГ. За даними КТ було визнано прийнятним встановлення 1772 гвинтів, 142 були розміщені латерально, 30 — медіально та 90 ближче до переду. З числа 30 медіально розташованих гвинтів вважали, що від 80 % до 87 % гвинтів знаходяться в іншому положенні, ніж медіальному, також приймали, що 73 % (від 63 % до 92 %) цих гвинтів були в нормальному положенні. Із 142 гвинтів, розміщених латерально, від 49 % до 81 % гвинтів було визначено у положеннях, відмінних від латерального, при цьому у середньому в 77 % (від 59 % до 96 %) цих гвинтів були в нормальному положенні. З 90 передньо розташованих ТГ, від 16 % до 87 % гвинтів було визначено в іншому положенні, ніж спереду, 72 % (від 20 % до 98 %) в нормальному положенні. На підставі проведеного дослідження автори зробили висновок, що рентгенографія мало придатна для спостереження за коректністю розташування гвинтів [116].

У сучасному світі іноваційних комп'ютерних технологій і пристроїв, «спинальна навігація» та нейромоніторинг в хірургії хребта зайняли вагому

нішу, продовжують набувати все більшої популярності і вдосконалюються для максимального зменшення частоти ускладнень та проведення ревізійних хірургічних втручань. Існують різні підходи для використання навігаційної системи, такі, як стереотактична навігація, навігація на основі попередньої КТ або інтраопераційної КТ або інтраопераційної візуалізації з використанням 3D/2D флюороскопа, що вимагають різних методів реєстрації хворих [117].

На сьогодні у великій кількості досліджень проведено оцінку коректності проведення гвинтів в шийному відділі хребта, ГВХ та ПВХ з використанням різних систем навігації, а також порівняння їх між собою та стандартною методикою установки гвинтів. Спинальна навігація тісно пов'язана зі створенням інтраопераційного тривимірного зображення, яке надає набір даних для навігації та можливість негайної інтраопераційної оцінки кінцевого положення гвинта, що в подальшому уможливлює виконання швидкої корекції його розташування в тілі хребця і, тим самим, уникнути ускладнень та ревізійних хірургічних втручань [62, 85, 105, 118, 119].

В останні роки набуває популярності метод хірургічного планування, особливо при деформаціях хребта, заснований на використанні спеціально виготовленої для кожного конкретного хворого 3D-друкованої моделі хребта. Перш за все, цей метод дозволяє наглядно уявити відділ хребта, який планується для хірургічного втручання, спланувати необхідну маніпуляцію і максимально зменшити можливі ускладнення, особливо при повторних втручаннях, коли анатомічні орієнтири хребта є втраченими [119].

Використання навігаційної системи фірми «Brainlab» (Німеччина) при операціях, що включають встановлення гвинтів в підздухвинні кістки, дозволило скоротити час інтраопераційної рентгенографії на 50 %, значно зменшити променеве навантаження на хворого та персонал, за рахунок чого значно скорочується час хірургічного втручання [63].

Застосування засобів інженерії у вертебрології дозволяє визначити компоненти НДС елементів досліджуваної біомеханічної системи ХРС хребців, тим самим обґрунтувати використання імплантатів або визначити їх слабкі місця

та зміни сил навантаження. На сучасному етапі найбільшу популярність у рішенні таких завдань отримав МСЕ, який не тільки дозволяє збудувати геометричну модель, наближену до реальної анатомії кісткових структур, а й врахувати механічні та кінематичні властивості навантаження досліджуваного анатомічного кістково-м'язового комплексу. Дослідженню НДС як окремих хребців, так і блоку хребців за допомогою МСЕ присвячено багато досліджень [45, 121–128]. У наведених роботах досліджено «поведінку» хребта як у нормі, так і з різноманітними відхиленнями.

У іншому метааналізі, метою якого було визначити точність встановлення ТГ в порівнянні вільного встановлення, флюороскопічного встановлення, навігації за допомогою КТ та роботизованого встановлення на прикладі 78 досліджень з 1 січня 1990 року по червень 2018 року, що включали в себе 7858 хворих 51161 ТГ та 3614 кортикальних гвинтів (КГ). Найбільшу точність у якості навігаційної системи продемонструвало використання КТ. Показники поєднаного показника точності позиціонування гвинтів, використаного авторами, склали 95,5 %, 93,1 %, 91,5 % и 90,5 % для методів КТ, вільного встановлення, флюорографічної навігації та роботизованого встановлення відповідно. Роботизоване встановлення та КТ-навігація були пов'язані із найбільшою точністю встановлення ТГ у ГВХ у порівнянні з їх вільним встановленням [129].

У ретроспективному дослідженні за участю 110 хворих, які перенесли операцію на хребті з грижею одного поперекового диска, пролікованих з послідовним виконанням задньої дискектомії, міжтілового спондилодезу та ТФ. У 54 хворих, ТГ були встановлені за авторською методикою на рівні латерального краю верхнього суглобового відростка (Crista Lambdoidalis), 56 хворим ТГ були встановлені традиційним методом. Виявлено, що були відсутні достовірні відмінності у величині інтраопераційної кровотечі, точності розміщення гвинтів та частоті та тяжкості розвитку післяопераційних ускладнень між груп з авторською технікою та традиційним методом ($p > 0,05$), проте час експозиції до встановлення

гвинта (12) $0,3$ проти $17,4 \pm 0,3$, $p = 0,001$) та загальний час операції ($97,2 \pm 1,9$ проти $102,3 \pm 0,9$, $p = 0,020$) були значно скорочені за допомогою авторського методу. Крім того, у випадках з неуточненим розташуванням лямбдоподібних гребенів авторська методика показала задовільну точність: $97,6\%$ гвинтів були розміщені за відповідною траєкторією з першої спроби, і всі гвинти зрештою опинилися в безпечній зоні відповідно до класифікації Герцбейна-Робінсона. У всіх хворих після операції відзначалося стійке покращення самопочуття [130].

У дослідженні А. В. Vardiman та співавт. (2020) під час виконання роботизованого малоінвазивного доступу у 56 хворих було встановлено 356 ТГ, 8 з яких методом «вільної руки», а 348 — за допомогою робота, з останніх 9 ($2,5\%$) довелося перемістити [85].

Роботизована техніка не зменшує впливу радіації на хірурга в порівнянні з технікою «вільної руки», і не було продемонстровано відмінності щодо тривалості оперативних втручань між цими техніками [132].

У порівнянні з методом рентгеноскопії роботизована хірургія показала нижчу частоту неправильної установки ТГ і меншу інтраопераційну крововтрату [85].

Роботизована комп'ютерна допомога може зменшити частоту післяопераційних ревізій. Мінімально інвазивні методи сприяли зниженню хірургічної травми та ускладнень, що дозволило хворим, у яких були обмеження у виконанні хірургічного доступу, наприклад, літнім та тяжко хворим хворим, пройти хірургічне лікування [132].

Слід зазначити початок практичного розвитку нового напрямку — трансплантації кадаверного дискового матеріалу в лікуванні дегенеративних захворювань хребта [133].

Таким чином, наявність великої розбіжності як показників так і видів ускладнень диктує необхідність у вивченні комплексного характеру змін, які призводять до помилок і ускладнень при ТФ хребців, систематизувати

отриманні знання і розробити заходи їх профілактики для покращення результатів лікування захворювань, деформацій та ушкоджень хребта.

1.2 Ускладнення декомпресійно-стабілізуючих утручань на поперековому та грудному відділах хребта та вплив на них загальних факторів

Часто хворі з дегенеративними захворюваннями хребта, потребують не тільки стабілізації хребта ТК, а також також звільнення нервових структур від грижі або стенозу хребтового каналу. Вагома доля усіх декомпресійних утручань доводиться на поперековий відділ для виконання різних видів дискектомій. Для поперекової дискектомії використовують декілька хірургічних методів. Вони поділяються на відкриту дискектомію (ВД) та мініінвазивну хірургію (МІХ). ВД в свою чергу може бути доповнена стабілізацією за рахунок ТГ або міжтілових імплантатів. Мікродискектомія (МД) дозволяє робити розрізи меншого розміру порівняно зі стандартною ВД, забезпечуючи менш тривалий час операції, скорочення перебування в лікарні та швидше повернення до роботи [134], що в цілому сприяє тому, що ця процедура є найпоширенішою. Однак, незважаючи на те, що МД та ВД забезпечують порівняні результати, вони пов'язані з ризиком ускладнень, таких як кровотеча, пошкодження твердої мозкової оболонки, післяопераційний біль та пошкодження нервових корінців [135].

Операції дискектомії поперекового відділу хребта характеризуються наступним чином:

- відкрита (стандартна) дискектомія (доступ 5 см);
- мікродискектомія (доступ 3 см, мікроскоп або лупа для збільшення);
- черезшкірна ендоскопічна поперекова дискектомія (ЧЕПД) (черезшкірна ендоскопічна поперекова дискектомія з виконанням розсічення екстра / трансфорамінальним / інтерламінарним доступом);

– мікроендоскопічна дискектомія (МЕД) (відеотехніка з використанням трубчастого робочого каналу або дзеркала з розрізом 2 см при трансмускулярному доступі без релізу мультифідуса).

У 1993 р. Н. М. Mayer та М. Brock, а в 1997 р. К. Т. Foley та М. М. Smith описали техніки з використанням трубчастих ретракторів, МЕД і ЧЕПД (відеоендоскопічної) для доступу до м'язів. МІХ зменшувала кількість ускладнень, скорочуючи час операції, перебування у лікарні та час відновлення [135, 136]. Суперечки навколо використання процедур МІХ на практиці залишаються суперечливими, оскільки впровадження цих процедур потребує тривалого навчання, що може вплинути на безпеку хворих та результати [137]. Порівняльні дослідження показали, що клінічні результати між МІХ і ВД/МД, як і раніше, є схожими. Середня частота рецидиву грижі автори вказують однаковою для всіх досліджуваних методів, вона становила відповідно 4,8 %, 5,1 % та 3,9 %. [138, 139].

Ускладнення поперекової дискектомії класифікують за наступними категоріями:

- дуротомія (будь-яке інтраопераційне пошкодження твердої мозкової оболонки плюс післяопераційна лікворея і менінгоцеле);
- пошкодження нервового корінця (будь-яке інтраопераційне пошкодження або зміщення нервового корінця);
- неврологічні ускладнення (погіршення раніше існуючих рухових або сенсорних симптомів і поява нових післяопераційних симптомів (включаючи симптоматичне пошкодження нервових корінців);
- раневі ускладнення (поверхневі раневі інфекції (включаючи целюліт) і глибокі раневі інфекції (включаючи спондилодисцит), ранева гематома, погане загоєння ран і розходження швів);
- рецидивуюча дископатія (рецидивуюча грижа диска);
- повторна операція (будь-яка повторна операція незалежно від показів у післяопераційному періоді);

– інші (хірургічні помилки — інструментація неправильного рівня хребця, відмова хірургічного обладнання та ятрогенне пошкодження судини і медичні ускладнення — тромботичні явища, кровотечі, що вимагають переливання крові, інфекції сечовивідних шляхів та затримка сечі, витікання спинномозкової рідини, менінгоцелі).

Середня частота повторних операцій була зафіксована однаковою для всіх досліджуваних методів і становила 5,2 %, 7,5 %, 4,9 % і 4,0 % для ВД та МД, ЧЕПД та МЕД відповідно (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Частота ускладнень після виконання різних видів поперекової дискектомії
(за L. Tassoni та співавт. (2020) [138], Q. P. Song та співавт. (2021) [139])

Ускладнення	Участь у дослідженнях	Кількість хворих	Загальна доля, %
1	2	3	4
Дуротомія			
відкрита дискектомія	3	227	6,6
мікродискектомія	13	2730	2,3
черезшкірна ендоскопічна поперекова дискектомія	11	1519	1,1
мікроендоскопічна дискектомія	12	1526	4,4
пошкодження нервового корінця			
відкрита дискектомія	—	—	—
мікродискектомія	7	1777	0,3
черезшкірна ендоскопічна поперекова дискектомія	10	1361	1,2
мікроендоскопічна дискектомія	10	1241	0,8
неврологічні ускладнення			
відкрита дискектомія	3	227	1,8
мікродискектомія	12	2399	2,8

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
черезшкірна ендоскопічна поперекова дискектомія	14	1931	4,9
мікроендоскопічна дискектомія	12	1319	4,5
раневі ускладнення			
відкрита дискектомія	3	227	1,5
мікродискектомія	16	2942	3,5
черезшкірна ендоскопічна поперекова дискектомія	9	1337	2,0
мікроендоскопічна дискектомія	13	1526	1,2
рецидивуюча дископатія			
відкрита дискектомія	3	227	4,1
мікродискектомія	13	3092	5,1
черезшкірна ендоскопічна поперекова дискектомія	12	1679	3,5
мікроендоскопічна дискектомія	12	1392	3,9

Кількість повторних операцій із зазначенням (якщо є):

– ВД (12 повторних операцій): рецидив грижі диска (11 з 12) та менінгоцеле (1 з 12);

– МД (280 повторних операцій): рецидив грижі диска (135 з 280), менінгоцеле (1 з 280), залишкова грижа диска (9 з 280) і витік ліквору (3 з 280).

– МЕД (69 повторних операцій): рецидив грижі диска (52 з 69), залишкова грижа диска (7 з 69), дисцит (1 з 69), стеноз (2 з 69) і фіброз (6 з 69). Причина 1 для повторної операції не вказана (1,4 %);

– ЧЕПД (61 повторна операція): рецидив гриж диска 53 з 61 і залишкова грижа диска (7 з 61). Причина однієї повторної операції (1,6 %) не вказана.

Для 132 повторних операцій (47 %) причина не була вказана.

Раневі ускладнення. До числа раневих ускладнень відноситься поверхнева інфекція, глибока інфекція (дисцит) та інші (в основному погане загоєння, а також раневі гематоми). Частота цих ускладнень була близькою в усіх досліджуваних групах: 1,3 % для ВД (3 з 227), 0,5 % для МД (16 з 2942), 0,7 % для ЧЕПД (9 з 1337) і 0,9 % для МЕД (13 з 1526).

Дуротомія. Частота ускладнень, пов'язаних з пошкодженням дуральної оболонки, становила: 6,6 % для ВД (3 з 227), 2,3 % для МД (13 з 2730), 1,1 % для ЧЕПД (11 з 1519) та 4,4 % для МЕД (12 з 1526) (табл. 1.1). Про післяопераційну лікворею повідомлялося в двох дослідженнях МД з частотою 1,1 %. Менінгоцеле було зареєстровано у двох дослідженнях ВД (1,8 %) і в одному дослідженні МД (1,4 %).

Пошкодження нервового корінця. Частота пошкодження нервових корінців не була зареєстрована для ВД, складала 0,3 % для МД (7 з 1777), 1,2 % для ЧЕПД (10 з 1361) і 0,8 % для МЕД (10 з 1241), як показано в табл. 1.1.

Неврологічні ускладнення. Загальна частота всіх неврологічних ускладнень варіювала за напрямками: 1,8 % для ВД (3 з 227), 2,8 % для МД (12 з 2399), 4,9 % для ЧЕПД (14 з 1931) та 4,5 % для МЕД (12 з 1319), як зазначено в таблиці 1.1. Залишкові симптоми були зареєстровані в 7 дослідженнях МД (2,3 %), 4 дослідженнях ЧЕПД (4,3 %) і 3 дослідженнях МЕД (1,7 %).

Рецидивуюча дископатія. Рецидив ушкодження диску був зафіксований у 4,1 % хворих після ВД (3 з 227), 5,1 % хворих після МД (13 з 3092), 3,5 % хворих після ЧЕПД (12 з 1679) та 3,9 % хворих після МЕД (12 з 1392) (табл. 1.1).

Багато чинників можуть сприяти цій розбіжності в частоті виникнення ускладнень. Визначення ускладнень у хірургії хребта є незрозумілим, як і відповідність чисто медикаментозних періопераційних побічних подій для оцінки показників ускладнень. Коморбідний стан хворого, вік хворого, мінеральна щільність кісткової тканини, вага та шкідливі звички мають вагомий вплив на кількість помилок та ускладнень при хірургічному лікуванні

захворювань хребта. Однак деякі автори хворих із такими особливостями виключають з дослідження, а інші вважають, що вони не впливають на результати досліджень [140].

В ретроспективному огляді N. Patel та співавт. (2007) показано лінійну кореляцію між індексом маси тіла та частотою ускладнень, хоча ці спостереження не були підтверджені проспективними дослідженнями [13].

Так чи інакше, хворі із коморбідною патологією, яким потрібно проводити спинальні хірургічні втручання, мають бути під особливою увагою лікаря і отримувати додаткове лікування соматичних захворювань [141].

Вчені з Бразилії провели проспективну оцінку частоти ускладнень у хворих, які перенесли операцію на хребті з 1 лютого 2013 року по 1 лютого 2014 року, та визначили фактори ризику їх виникнення. Вони зафіксували та проаналізували епідеміологічні характеристики та ускладнення під час хірургічних втручань у 95 хворих, середній вік яких склав 59 років. В цілому 23 % хворих страждали ожирінням. Приблизно 53 % хворих мали супутні захворювання. Ускладнення виявлено в 23 % випадках, де місцеві інфекції були найпоширенішими (9 %). Ризик ускладнень був більшим серед хворих, яким виконували фіксацію хребта, ніж у хворих, яким не виконували (33 % проти 22 %), а наявність супутніх захворювань не пов'язано з підвищеним ризиком ускладнень після операцій на хребті [22]. На жаль, не існує загально прийнятих стандартів оцінки результатів хірургії хребта і, таким чином, визначення пов'язаності частоти ускладнень із загальними хірургічними результатами є складним.

1.3 Ризики виникнення ускладнень при задньому спондилодезі поперекового відділу хребта з кортикальною та транспедикулярною траєкторіями проведення гвинтів (метааналіз)

Традиційна техніка фіксації ТГ, відома як ефективна та безпечна процедура фіксації хребців з високою швидкістю зрощення. Це робить її

загальноприйнятою процедурою спондилодезу хребта при лікуванні дегенеративних захворювань, деформацій та травм хребта. Друга її сторона, вона може стати причиною нестабільності гвинтів, особливо у хворих зі зниженою масою кісткової тканини [142]. Наявність великої розбіжності ускладнень та різноманітність досліджень пов'язаних з ТФ, потребує систематизації та об'єктивізації цих даних. Саме тому для отримання таких даних, було проведено порівняння ускладнень після транспедикулярного проведення гвинтів та близьким за принципом кортикальним проведенням гвинтів.

Традиційна ТФ здійснюється за траєкторією від латеральної до медіальної сторони [143]. Для встановлення ТГ необхідно значно оголювати задні елементи хребців, що призводить до великих хірургічних розрізів, значної інтраопераційної крововтрати та пошкодження м'язів і м'яких тканин, що підвищує ризик пошкодження фасеткових суглобів, кровоносних судин та пошкодження нервових гілочок спинномозкових нервів [144]. Для усунення цих проблем В. G. Santoni з колегами у 2008 році представили метод фіксації гвинтами через кортикальну кістку (кортикальна кісткова траєкторія — ККТ), який може підвищити міцність утримання гвинтів у остеопоротичних кістках [145]. Було доказано *in vivo*, що гвинт з ККТ має в 1,71 рази більший крутний момент введення, ніж традиційний ТГ [146]. Багато біомеханічних досліджень показали, що гвинт з ККТ має хороші механічні властивості у зразках поперекового відділу хребта [147, 148]. Крім того, КГ встановлюють за траєкторією від медіальної до латеральної сторони, що дозволяє зменшити ризик інвазії фасеткових суглобів, пошкодження м'язової тканини, а також ризик пошкодження нервів та кровоносних судин [149, 150].

Встановлення КГ може стати у нагоді при необхідності заміни пошкоджених ТГ. Біомеханічне обґрунтування такої можливості наведені у роботі G. C. Calvert та співавт. (2015) [151].

З огляду на ці переваги, багато хірургів виявили значний інтерес до технології фіксації ККТ як альтернативи традиційній фіксації ТФ. В даний час для спондилодезу ПВХ використовуються обидва метода. Проте питання про те, яка з цих технологій повинна вважатися золотим стандартом, досі є суперечливим. На сьогодні виявлено систематичні огляди з мета-аналізами, які порівнюють типи задньої фіксації ХРС у ПВХ. В представлених дослідженнях розглядається багато параметрів від часу операції та крововтрати до біомеханічних властивостей фіксації. Але вони не дають остаточної відповіді на питання, який підхід до фіксації сегментів ПВХ є кращім з точки зору зменшення кількості ускладнень.

Хірургічна техніка. Точка входу гвинта при ККТ розташована на латеральному боці перешийка ніжки, а саме у місці сходження середньої лінії верхнього суглобової горбистості та горизонтальної лінії на 1 мм нижче нижнього краю поперечного відростка (рис. 1.1, а).

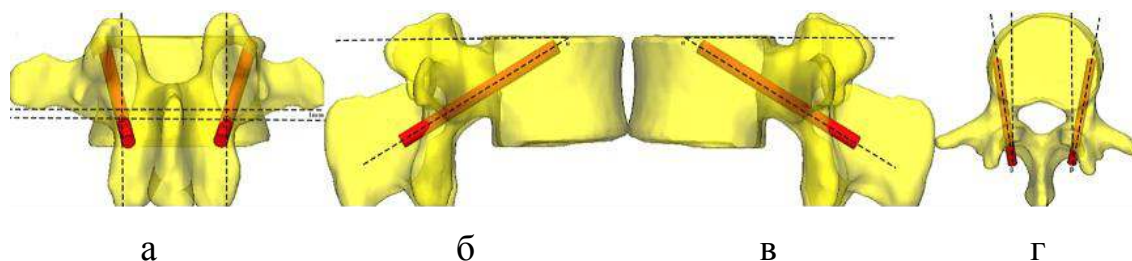


Рис. 1.1. Кортикальна траєкторія встановлення гвинтів (за J. Zheng та співавт. (2024)) [152]

Напрямок введення гвинта нахилено краніально на $25\text{--}30^\circ$ у сагітальній площині (рис. 1.1, б, в) та задньомедіально приблизно на 10° у поперечній площині (рис. 1.1, г). Загальна траєкторія руху гвинта — каудально-цефальна в сагітальній площині та медіально-латеральна в поперечній площині [146, 149].

Точка входу гвинта при ТФ зазвичай вибирають на місці сходження вертикальної лінії, що тягнеться від зовнішнього краю верхнього суглобового виступу, та горизонтальної лінії, що відповідає середині поперечного відростка (рис. 1.2, а). Орієнтація введення гвинта під кутом від 0° до 30° у сагітальній площині (рис. 1.2, б, в) і медіально від 5° до 15° у поперечній

площині (рис. 1.2, г). Загальний напрямок траєкторії гвинта приблизно збігається з віссю ніжки хребця [153].

Для оцінки стану проблеми щодо порівняння ефективності попередньо було оцінено систематичні огляди з метааналізом за останні 10 років і визначено 6 оглядів (рис. 1.3).

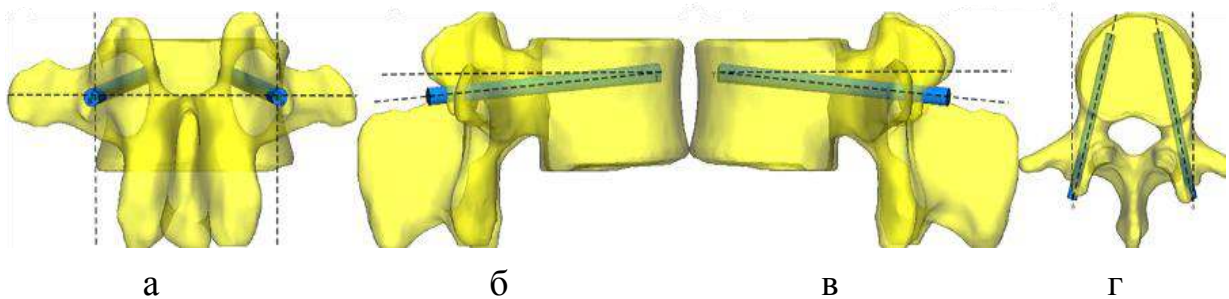


Рис. 1.2. Транспедикулярна траєкторія встановлення гвинтів (за J. Zheng та співавт. (2024)) [152]

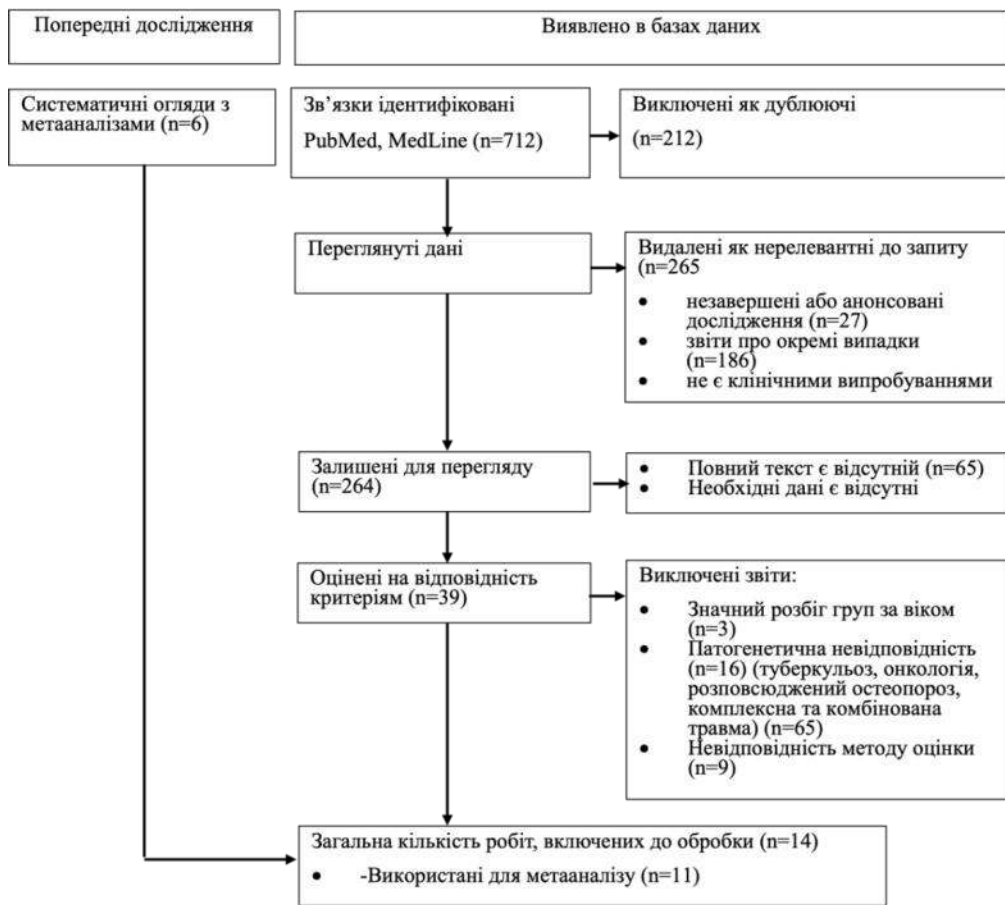


Рис. 1.3. Блок-схема відбору дослідження

До метааналізу було включено 11 порівняльних досліджень ефективності ККТ проти ТФ. Задача метааналізу полягала у вивченні ускладнень, які супроводжують дані техніки спондилодезу поперекового відділу хребта. Результати метааналізу представлені на рис. 1.4.

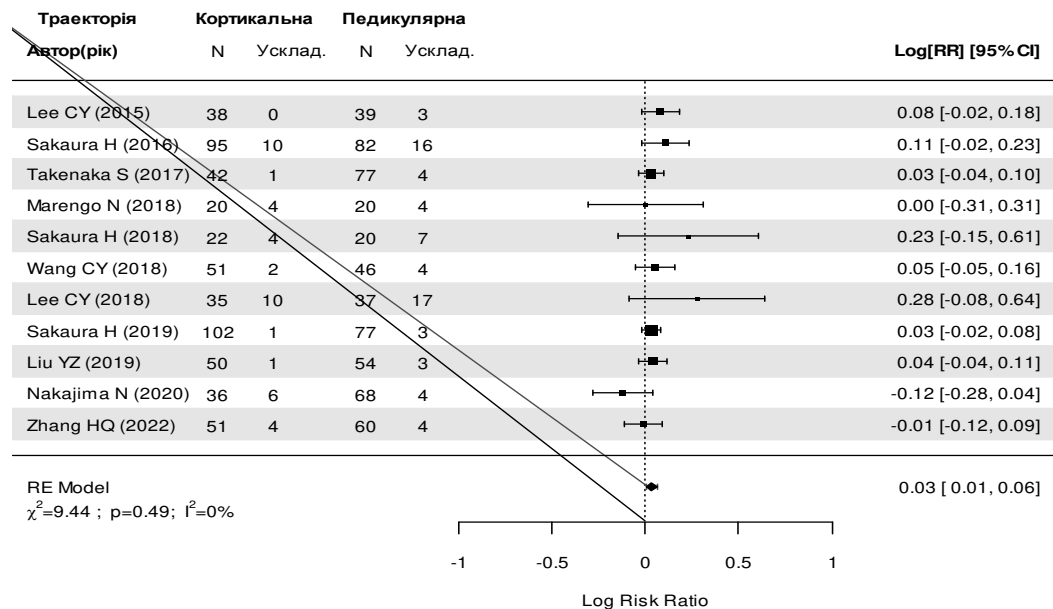


Рис. 1.4. Загальна кількість ускладнень

За даними діаграми спостерігається зміщення в середньому на 3 % ($\log RR = 0.03$; 95 % CI [0,01; 0,06]) кількості ускладнень у бік ТФ. Індекс гетерогенності I^2 дорівнює 0, що свідчить про відсутність неузгодженості між даними, представленими в роботах. Перелік ускладнень наведено в табл. 1.2.

Порушення стабільності конструкції. Результати, наведені на рис. 1.5, До таких ускладнень відносять розхитування гвинтів та їх міграція, злам гвинта, але такий поділ ускладнень дають не всі автори, тому в аналізі враховуємо тільки міграцію або злам гвинта. Дані про ускладнення, пов'язані з гвинтами знайдені у 8 роботах.

За даними аналізу не виявлено суттєвої різниці ризику зламу або звиху гвинтів, різниця становить 1 %. Дані в роботах мають низьку варіабельність $I^2=0\%$.

Таблиця 1.2

Основні характеристики включеної літератури

Автор (рік)	Тип дослідження	Група	Кількість спостережень	Вік M±SD	Стать Ч/Ж	Всього ускладнень	Порушення стабільності конструкції	Захворювання суміжного сегменту	Ранова інфекція	Дуральне пошкодження	Зрошення	Ревізія	Термін спостереження (міс)
Lee, C.Y. (2015) [154]	РКД	ККТ	38	51,3±12,4	33/5	-	-		-		34		12
		ТФ	39	51,9±11,7	34/5	3	2		1		34		12
Lee, G.W. (2018) [155]	РКД	ККТ	35	51,2±11,9	31/4	10	6	4			33		24
		ТФ	37	51,7±10,4	33/4	17	9	8			35		24
Sakaura, H. (2016) [149]	когортне	ККТ	95	68,7±9,5	46/49	10	2	3	2	2	84	1	35
		ТФ	82	67,0±8,7	36/46	16	3	8	1	3	79	12	40
Takenaka, S. (2017) [146]	когортне	ККТ	42	65,8±8,1	18/24	1			0	0		1	12
		ТФ	77	66,0±11,2	31/46	4			2	2		2	12
Marengo, N. (2018) [142]	когортне	ККТ	20	45,8±9,6	12/8	4	3		1		18		12
		ТФ	20	54,0±12,0	9/11	4	3		1		17		12
Sakaura, H. (2018) [156]	когортне	ККТ	22	70,7±7,3	4/18	4	0	2	1	1	18	0	39
		ТФ	20	68,3±9,5	6/14	7	1	4	1	0	18	2	35
Wang, C. Y. (2018) [147]	когортне	ККТ	51	62,8±8,7	23/28	2			1	0	48		12
		ТФ	46	61,9±11,3	18/28	4			2	2	44		12
Sakaura, H. (2019) [157]	когортне	ККТ	102	67,5±9,2	35/67	1		1				1	36
		ТФ	77	66,4±10,5	28/49	3		3				3	36
Liu, Y. Z. (2019) [158]	когортне	ККТ	50	68,0±5,0	26/24	1	1		0			0	12
		ТФ	54	67,0±5,0	27/27	3	2		1			2	12
Nakajima N. (2020) [159]	когортне	ККТ	36	69,7±10,0	16/20	6	3		2	1	35		12
		ТФ	68	69,1±10,8	25/43	4	2		2	0	64		12
Zhang H. Q. (2022) [160]	когортне	ККТ	51	57,1±9,7	18/33	4	2		1	1			34
		ТФ	60	55,5±10,4	23/37	4	0		3	1			34

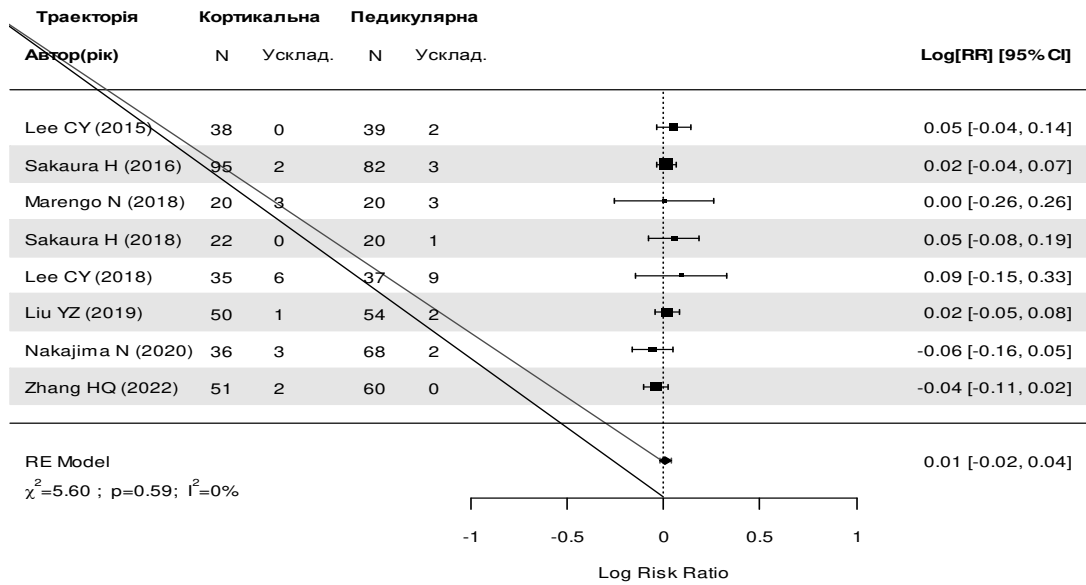


Рис. 1.5. Діаграма ризику розвитку порушення стабільності конструкції. об'єднують дані, пов'язані з порушенням стабільності або цілісності гвинтової системи

Наступне ускладнення, ранова інфекція, зазначено у 9 роботах (рис. 1.6).

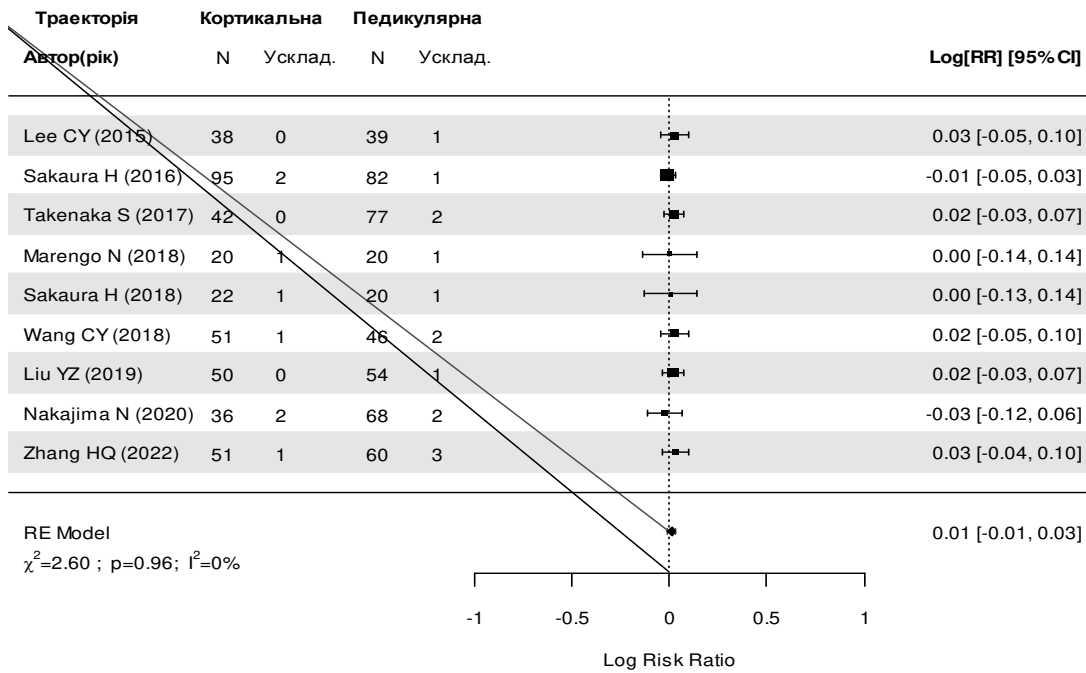


Рис. 1.6. Діаграма ранової інфекції

За даними аналізу не визначена різниця між технологіями постановки гвинтів, однорідність досліджень висока ($I^2 = 0\%$).

Про ушкодження дурального мішку згадується в 6 дослідженнях, ще 2 дослідження повідомляють про відсутність таких ускладнень (рис. 1.7).

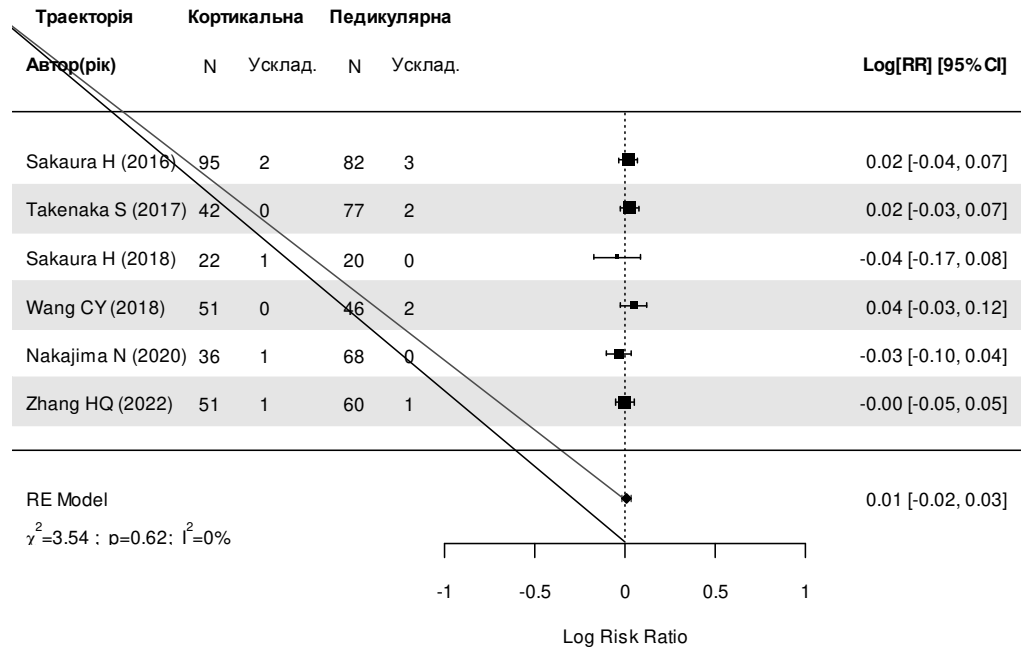


Рис. 1.7. Діаграма ризиків ушкодження дурального мішку

Ушкодження дурального мішку є доволі рідким ускладненням, особливо при удосконаленні технологій як транспедикулярного, так і кортикального проведення гвинтів. В дослідженнях ризик цього ускладнення однаковий ($I^2 = 0\%$).

До віддалених ускладнень відносять захворювання суміжних сегментів, незрощення та ревізійні хірургічні втручання. Про захворювання суміжного, частіше верхнього сегменту повідомляють автори у 5-ти роботах (рис. 1.8).

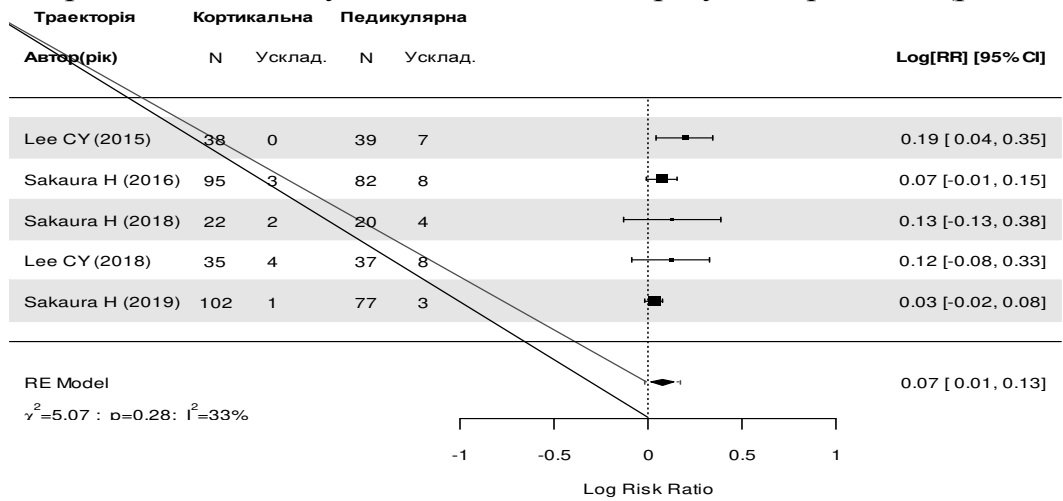


Рис. 1.8. Діаграма ризику захворювання суміжного сегменту

За даними метааналізу ризик захворювання суміжного сегменту на 7 % частіше відмічають при ТФ, хоча значуща різниця відсутня ($p = 0,28$).

Незрощення сегментів є одним з головних ускладнень спондилодезу. Про відсутність досягнення зрощення повідомляють автори 7 робіт (рис. 1.9).

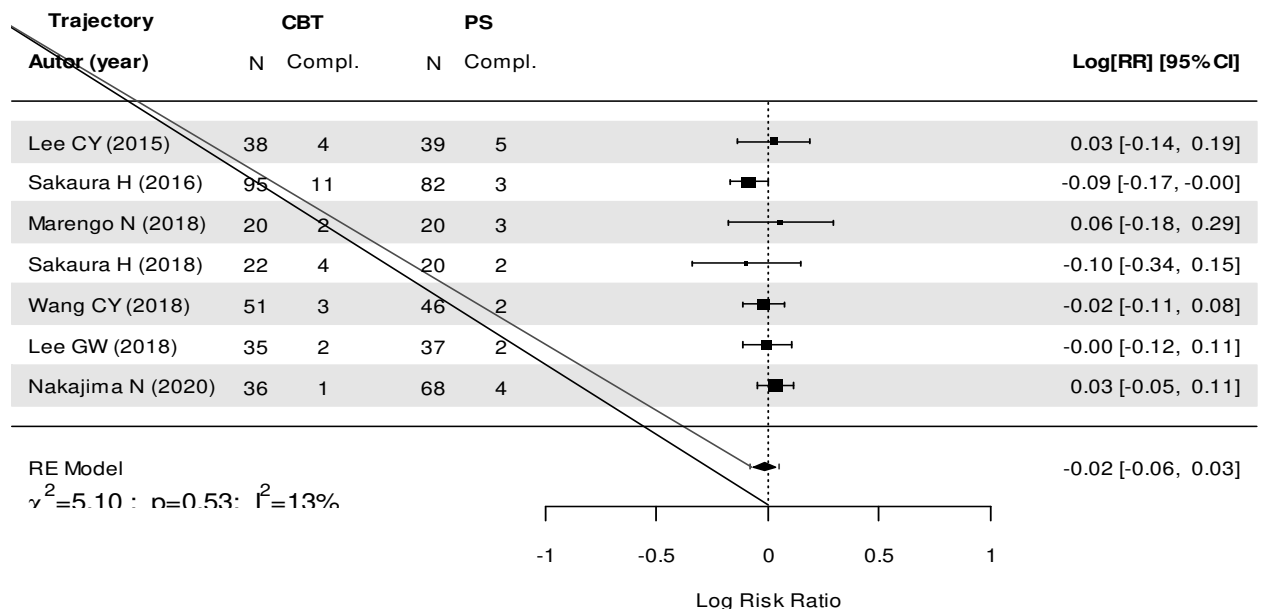


Рис. 1.9. Діаграма ризику незрощення сегментів

Незрощення сегментів може спостерігатися з частотою до 10–15 %. Результат залежить не тільки від техніки спондилодезу, а більше від стану хворого, віку, стану кісткової тканини, причини проведення операції. За проведеним нами аналізом, не було визначено різниці ризику незрощення сегментів між техніками фіксації сегментів ($p = 0,96$). Дані, представлені в літературі, є однорідними.

Ризик ревізійних хірургічних втручань часто залежить від означених вище ускладнень, частіше це порушення стабільності гвинтової системи, наприклад, злам або міграція гвинта та незрощення сегментів, яке може викликати біль, неврологічні розлади, стеноз, тощо (рис. 1.10).

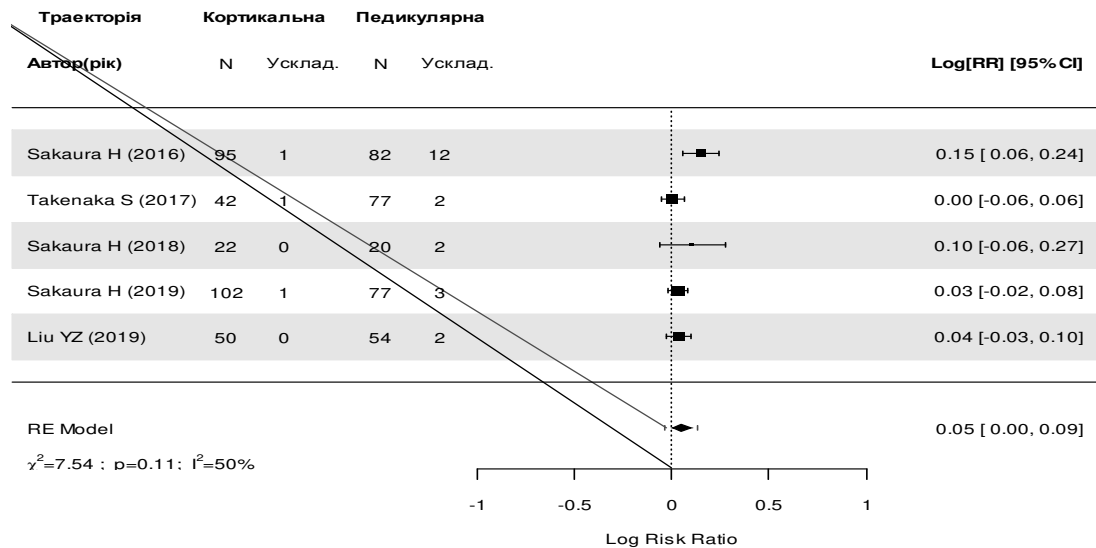


Рис. 1.10. Діаграма ризику ревізійних хірургічних втручань

За даними метааналізу, різниця ризиків повторної операції становить 5 %, більше при ТФ. Щодо гетерогенності, то $I^2 = 50\%$, це може свідчити, що представлені в літературі мають деяку неоднорідність, яка не впливає на загальний результат. Скоріше така ситуація пов'язана з тим, що автори порізно враховують причини повторних операцій. Наприклад в дослідженнях Н. Sakaura та співавт. (2016, 2018, 2019) враховують ревізійні втручання як причину інструментальних ускладнень, наприклад, злам, міграція, вивих гвинтів, які призвели до нестабільності сегментів, так і ревізійні операції, пов'язані з розвитком нестабільності суміжних сегментів. Інші автори враховують повторні операції при ускладненні раніше оперованого сегменту [149, 156, 157].

Задній спондилодез широко застосовується для лікування захворювань поперекового відділу хребта. Показаннями до поперекового спондилодезу є постійний біль у попереку в поєднанні з грижею МХД після гострої фази, хронічна дегенерація диска в поєднанні з болем у попереку, схильність до сегментарної нестабільності внаслідок декомпресії, патологія МХД в поєднанні з патологією дуги та сегментарна нестабільність. Фіксація за допомогою ТГ виконується в більшості операцій для досягнення спондилодезу і визнана золотим стандартом завдяки своїй здатності міцно

фіксувати хребетний сегмент. Міцність гвинтової фіксації залежить від геометрії хребців, щільності кісткової тканини, конструкції системи фіксації та механічних властивостей [161]. Однак, використання техніки ТФ може призвести до ризику порушення верхнього фасеткового суглоба, пошкодження задньої медіальної гілки спинномозкового нерву, денервації паравертебральної м'язової тканини та, зрештою, перешкоджати мобілізації хребтового сегмента, спричиняючи біомеханічні зміни та створюючи стійкий біль у спині [162]. Існує ризик травмування верхнього фасеткового суглоба, твердої мозкової оболонки та корінця спинномозкового нерву під час хірургічного доступу для встановлення ТГ [158].

Гвинти, які проходять через кортикальну масу хребця встановлюються через суглоб верхнього суглобового відростка та перешийок, який через дорсальний вхідний отвір входить у кортикальну кістку тіла хребця, що забезпечує вищий рівень контакту гвинтів та покращує їхню анкерну здатність, зменшуючи ризик їх розхитування. За даними досліджень, навіть менші та коротші гвинти для ККТ перевершують традиційні ТФ. Біомеханічні дослідження показали, що хоча гвинти для ККТ мають більш щільну різьбу, ніж традиційні ТГ, особлива траєкторія КГ є основним фактором, що впливає на силу виривання. Теоретично, контакт з кортикальною кісткою збільшився завдяки проходженню каудоцефалічного шляху в сагітальній площині і латерально спрямованого шляху в поперечній площині [159].

На сьогодні проведено декілька систематичних оглядів, які намагалися визначити клінічну ефективність методів заднього спондилодезу поперекового відділу хребта.

Одним з найважливіших факторів для оцінки клінічної ефективності заднього поперекового спондилодезу є швидкість зрощення, а ускладнення є важливим фактором для оцінки хірургічної безпеки. Не менш важливими факторами ефективності є операційні показники — час операції та

крововтрата, а також точність проведення гвинтів та надійність їх фіксації у майбутньому.

Проведений нами пошук літератури виявив 6 систематичних оглядів з мета-аналізами. Так, J. N. Hu та співавт. (2019) за даними 12 досліджень провели мета-аналіз, який показав, що не було статистично значущої різниці в оцінці за візуальною аналоговою шкалою, шкалою на основі опросника Японської ортопедичної асоціації (JOA), Індексом захворювання Освестрі (ODI), ускладненнях, частоті зрощення і тривалості операції між ККТ і ТФ [163].

При цьому, за результатами систематичного огляду, T. Zhang з колегами (2019), визначили, що тривалість операції, інтраопераційна крововтрата, частота ускладнень, частота незрощення сегментів і показник ODI для техніки ККТ є кращими, ніж для техніки ТФ [164]. Однак для болю в спині та ногах за шкалою VAS та швидкістю міжхребцевого зрощення ТФ та ККТ досягли подібних клінічних результатів та зробили припущення, що методи фіксації ККТ можуть бути використані для заміни методів ТФ при спондилодезі одного-двох сегментів у поперековому відділі. Подібні результати були отримані раніше G. Keorochana з колегами (2017), але в оцінці болю в спині та нижніх кінцівках у віддаленому періоді не було зафіксовано різниці між методами, і визначено статистично значуща менша частота ускладнень при фіксації ККТ, ніж при ТФ [165].

У дослідженні Kim та співавт. (2021) було показано, що метод ККТ показав кращі результати по функціональному відновленню, нижчі показники хірургічної захворюваності, меншу кількість ревізій та загальних ускладнень, але обидва метода мали однакову швидкість зрощення і кількість ускладнень, пов'язаних з порушенням стабільності гвинтової системи (неправильне положення, ослаблення та виривання гвинта) та ранові інфекції. Основний висновок, який був визначений за результатами метааналізу, є той, що обирати хірургічний метод необхідно з урахуванням мінеральної щільності кісткової тканини хворого, стану міжсуглобових частин та кваліфікації хірурга [166].

В систематичному огляді з метааналізом Н. Мао та співавт. (2023) вирішувалося доволі вузьке питання на вплив метода фіксації на розвиток ранової інфекції у місті операції. За результатами аналізу 13 досліджень, не було зроблено остаточного висновку на користь якогось конкретного методу фіксації. Але автори акцентують увагу на тому, що існує чітка кореляція між периопераційними проблемами та тривалістю операції [167].

Сама тривалість операції є окремим фактором ризику виникнення ускладнень і може стати причиною розвитку раньових або легеневих ускладнень, тромбоемболії. За результатами дослідження не було виявлено значущого зміщення часу операції при фіксації одно-двох рівнів, але, як наголошують автори, може бути фактором ризику при спондилодезі більше двох сегментів.

При наших дослідженнях не було знайдено мета-аналізів, які порівнювали дослідження при спондилодезі більше двох сегментів хребта.

В систематичному огляді Y. Wang та співавт. (2023) було зроблено висновки, що кортикальна кісткова траєкторія гвинтів асоціюється з нижчою загальною частотою ускладнень, частотою захворювання суміжних сегментів, ранової інфекції та ревізій, ніж фіксація ТГ. ККТ зменшує частоту інтраопераційних та післяопераційних ускладнень і може бути альтернативою при поперековому спондилодезі [168]. Аналогічні результати представлені в огляді L. Qiu та співавт. (2022) [169].

ККТ зменшує частоту ускладнень, тривалість хірургічного втручання, крововтрату, післяопераційний ODI та бали JOA. Техніка ККТ з кращими післяопераційними результатами досягає швидкості зрощення, подібної з такою при техніці ТФ.

Зазначене також підтверджується метааналізом J. Zheng та співавт. (2024) [152], висновки якого наголошують, що не виявлено суттєвої різниці в післяхірургічних ускладненнях між методами ККТ і ТФ, однак клінічні та візуалізаційні параметри, хірургічна травма та результати відновлення були більш сприятливими в групі ККТ порівняно з групою ТФ під час подальшого

спостереження. Багато спостережень вказують на те, що гвинти ККТ є кращими у забезпеченні полегшення болю, покращенні повсякденної функції, відновленні міжхребцевої анатомії, зменшенні хірургічної травми та прискоренні реабілітації хворих [170].

За результатами аналізу систематичних оглядів порівняння методів фіксації сегментів у поперековому відділі хребта можна зробити висновок, що по мірі удосконалення методу кортикального проведення гвинтів, цей метод може бути більш безпечним і ефективним у порівнянні з традиційною транспедикулярною траєкторією проведення.

За результатами проведеного метааналізу не було знайдено статистично значущої різниці в загальній кількості ускладнень, частоті ранової інфекції, ризику ушкодження дурального мішку та ризику незрошення сегментів та пов'язаних з цим ревізійних хірургічних втручань. Але захворювання суміжного сегменту частіше спостерігається при ТФ, ніж при ККТ, хоча відношення ризику становить 7 % [170].

1.4 Резюме

У сучасних умовах лікування хворих зі захворюваннями хребта все частіше потребує високоспеціалізованого хірургічного втручання. Упровадження нових розробок дозволило значно розширити можливості кваліфікованої допомоги вертебрологічним хворим [171]. Незважаючи на значну кількість робіт, присвячених порівнянню методів декомпресійно-стабілізуючих утручань на хребті, практично відсутні рандомізовані дослідження, які чітко визначають метод фіксації сегментів та їх малоінвазивні модифікації, використання сучасних систем навігації, анестезії, антибіотикотерапії та інші сторони оперативної діяльності, які впливають на остаточний результат лікування.

Проведення систематизованого метааналізу даних науково-медичної літератури показало, що найбільш частими ускладненнями у хворих із

дегенеративними захворюваннями, травмами та деформаціями ГВХ та ПВХ після стабілізації металевими конструкціями є нестабільність металевих конструкцій, некоректне розташування гвинтів, захворювання суміжного сегменту, залишковий біль після хірургічного лікування, запалення м'яких тканин навколо гвинтів, розвиток гіперкоагуляційних станів і множинні ускладнення.

При порівнянні ускладнень після ТФ та ККТ не було знайдено статистично значущої різниці в загальній кількості ускладнень, частоті ранової інфекції, ризику ушкодження дурального мішку та ризику незрощення сегментів та пов'язаних з цим ревізійних хірургічних втручань, але захворювання суміжного сегменту частіше спостерігалися при ТФ, ніж при ККТ, хоча відношення ризику становили 7 %.

Представлені ускладнення після ТФ потребують подальшого вивчення причин невдач та розробок більш вдасконалених діагностичних та профілактичних заходів для їх зменшення.

За матеріалами даного розділу опубліковано наступні роботи:

[81] Петренко, Д. Є., Мезенцев, А. О., Демченко, О. В. & Барков, О. О. (2013). Верифікація методу визначення протяжності фіксації хребта під час виконання вентрального коригувального спондилодезу. *Ортопедія, травматологія та протезування*, (3(592)), 5–8. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-5987201335-8>

[99] Радченко, В. О., Скіданов, М. А., Ашукіна, Р. О., Мальцева, В. Є., Скіданов, А. Г. & Барков, О. О. (2022). Сучасні підходи до моделювання *In Vivo* дегенеративних захворювань хребта. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 1–2(626-627), 108–117. DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-598720221-2108-117>

[111] Skidanov, A. G., Duplii, D. R., Kotulsky, I. V., Barkov, O. O., Kys, A. V., Piontkovsky, V. K. & Radchenko, V. O. (2015). Functional state of back

muscles in patients with degenerative diseases of the spine. *Orthopedics, traumatology and prosthetics*. 4(601), 59–68.

[141] Fedotova, I. F., Korzh, I. V., Lyzogub, M. V., Barkov, O. O. & Piontkovsky, V. K. (2016). Management of orthopedic patients with arterial hypertension in the perioperative period (literature review). *Orthopedics, traumatology and prosthetics*. 3(604), 110–114. DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-598720163110-114>

[162] Радченко, В. О. & Барков, О. О. (2019). Помилки та ускладнення транспедикулярної фіксації в хірургії грудного та поперекового відділів хребта. *Збірник наукових праць XVIII з'їзду ортопедів-травматологів*, (9-11 жовтня, с. 127-128). Івано-Франківськ.

[170] Barkov, O. & Karpinska O. (2025). Comparison of the risk of complications in posterior fusion of the lumbar spine with cortical and transpedicular screw trajectories: a systematic review and meta-analysis. *Wiadomosci Lekarskie*, 7, 1253-1264. DOI: <https://doi.org/10.36740/WLek/204996>

[171] Барков, О. О. (2024). Сучасні тенденції хірургічного лікування міжхребцевих гриж та стенозу поперекового відділу хребта. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 4(637), 105-113. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-598720244105-113>

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИ

Дослідження проводились на базі клініки патології хребта ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України» (акредитаційний сертифікат (вища категорія) від 19.04.2021 р. по 18.04.2024 р. № 015211 серії М3) та у відділі лабораторної діагностики та імунології інституту (свідоцтво про відповідність системи вимірювань вимогам ДСТУ ISO 10012:2005 від 14.03.2023 р. по 14.03.2026 р. № 01-0017/2023).

План дослідження розглянуто і затверджено на засіданнях Комітету з біоетики Інституту від 14.05.2018 р., протокол № 180 та від 19.04.2021 р., протокол № 215.

2.1 Виконання метааналізу даних щодо помилок та ускладнень хірургічних утручань на хребті з виконанням транспедикулярної фіксації

2.1.1 Метааналіз даних науково-медичної літератури

На першому етапі виконання роботи було проведено дослідження наукової медичної літератури з проблеми розвитку ускладнень після хірургічного лікування хворих із дегенеративними захворюваннями хребта, травмами, деформаціями хребта із ТФ хребців. При цьому було здійснено мета-аналіз з проблем ризику виникнення ускладнень при задньому спондилодезі ПВХ з кортикальною та транспедикулярною траєкторіями проведення гвинтів. Робота базувалася на Кокранівських методах огляду [142], звітність — відповідно до Переважних елементів звітності для систематичних оглядів і мета-аналізів (PRISMA) [172]. Пошук проводили в наукометричних базах даних Cochrane Library, PubMed, MedLine, Science Direct, SemanticScholar. Глибина пошуку 10 років. Пошукові терміни «cortical

bone trajectory», «CBT», «TT», «PS», «pedicle screw», «traditional trajectory», «lumbar» в комбінації відповідно фільтру пошукової системи. Попередній пошук проводили для систематичних оглядів з мета-аналізом для визначення рівня висвітлення проблемного питання та верифікації отриманих даних. Для оцінки якості рандомізованих контрольованих досліджень застосовано Кокранівський інструмент оцінки ризику зміщення [143]. Оцінку якості когортних досліджень проводили за шкалою Ньюкасла-Оттави [173].

Мета-аналіз отриманих даних проводили за допомогою програмного забезпечення R 4.2. Відношення ризиків було застосовано як індикатор ефекту для дихотомічних змінних. Гетерогенність показників результатів оцінювали за допомогою критерію χ^2 та значень I^2 . При значущості $p > 0,05$ критерію χ^2 та значенні $I^2 < 50\%$ неоднорідність вважали не великою. В інших умовах припускали гетерогенність представлених даних в роботах.

2.1.2 Ретроспективний аналіз результатів власних хірургічних втручань

На другому етапі було проведено ретроспективний аналіз 747 протоколів операцій хворих, які були проліковані в ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України» в період з 2004 по 2018 роки з приводу дегенеративних захворювань, травматичних ушкоджень і деформацій ГВХ та ПВХ, і яким було проведено ТФ хребців ГВХ та ПВХ. Було виявлено 268 хворих (148 жінок та 120 чоловіків), яким проведено ревізійні втручання. Залежно від кількості фіксованих ХРС хворих було розділено на дві групи (табл. 2.1). При цьому оцінювали специфічні клінічні, рентгенологічні та неврологічні ускладнення або помилки, які призвели до негативного результату при первинному хірургічному лікуванні.

- 1 група — хворі з моносегментарною фіксацією;
- 2 група — хворі з полісегментарною фіксацією хребта.

Ревізійні втручання були результатом специфічних помилок і ускладнень після хірургічних утручань у хворих з ушкодженнями, деформаціями і захворюваннями хребта, які були залучені в дослідження.

Таблиця 2.1

Розподіл хворих за кількістю фіксованих рівнів хребтово-рухових сегментів

Групи хворих в залежності від рівнів фіксації	Кількість хворих
Моносегментарна	80
Полісегментарна: • 2 рівня — 115 хворих • 3 рівня — 42 хворих • > 3 рівнів — 31 хворий	188
Всього	268

Розподіл хворих за захворюваннями з приводу яких виконано первинні хірургічні втручання представлено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Розподіл хворих за нозологією проведених первинних хірургічних утручань

Показання	Кількість хворих
Дегенеративні захворювання (грижі, стеноз хребтового каналу)	152
Спондилолітез	42
Травма хребта	41
Деформації	33
Всього	268

2.2 Математичне моделювання

2.2.1 Комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану поперекового відділу хребта після проведення моно- та полісегментарної фіксації

1. Дослідження ГДС біологічних та біомеханічних систем аналітичними методами неможливо, так як геометрична форма елементів

систем володіє достатньою складністю при опису. Таким чином, звертаються до використання методів дискретизації складної геометричної форми. Дане дослідження було засновано на використанні методу скінчених елементів (МСЕ). Для комп'ютерного моделювання НДС елементів біомеханічної системи, що описує ХРС ПВХ людини після проведення моно- та полісегментарної фіксації, з урахуванням умов різних конфігурацій сагітального контуру ПВХ, був використаний продукт Ansys Workbench [174], Solidworks [175]. Даний програмно-розрахунковий комплекс дає можливість проводити розрахунки, за використанням моделей МСЕ. Даним програмним комплексом обладнаний обчислювальний центр комп'ютерного моделювання «Тензор» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», який володіє комп'ютерним кластером «ПОЛІТЕХНИК-125». Центр був задіяний на підставі договору про співпрацю між ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України» та Національним технічним університетом «Харківський політехнічний інститут».

2.2.2 Кінематичне моделювання на скелетно-м'язових моделях динамічної симуляції рухів у поперековому відділі хребта після виконання заднього бісегментарного спондилодезу

Для оцінювання функціонування сегментів ПВХ проведено математичне моделювання, використовуючи на скелетно-м'язових моделях динамічну симуляцію згинальних рухів у ПВХ, в умовах післяопераційних змін після виконання заднього бісегментарного спондилодезу. У процесі дослідження проведено теоретичну оцінку сили навантаження, яку створювали хребці один на одного та крижова кістка на таз. Це результуюча сила, яка виникає між сусідніми кістками в рухомому зчленуванні та обумовлена вагою та інерційними силами двох сегментів.

Програмне забезпечення для досліджень

Експериментальне дослідження математичного моделювання динамічної симуляції рухів виконано з використанням програмного забезпечення OpenSim [176]. Цей пакет програмного забезпечення дає змогу створювати, редагувати, а також аналізувати скелетно-м'язові комп'ютерні моделі та відтворювати їхні динамічні переміщення. Це в свою чергу дає можливість вивчати нервово-м'язову координацію, аналізувати спортивні вправи, а також порівнювати внутрішні навантаження, які виникають в опорно-руховій системі. Симуляція також корисна для виявлення причин патологічних видів рухів та допомагає визначити наукове підґрунтя для розробки плану лікування. Програмний пакет OpenSim розповсюджується вільно, доступний без обмежень та безкоштовний [176]. Елементи скелета представлені у вигляді скінчено-елементних моделей як тривимірні об'єкти. Загалом наявні в моделях 91 сегмент скелетної системи, які зчленовуються в суглоби різних форм та функцій.

Використана базова модель є об'єктом 1,7 м заввишки та масою 71,0 кг. Скелетна частина моделі представлена чоловічим скелетом. У ній представлені м'язи тулуба за допомогою 238 м'язово-сухожилкових одиниць. (рис. 2.1).

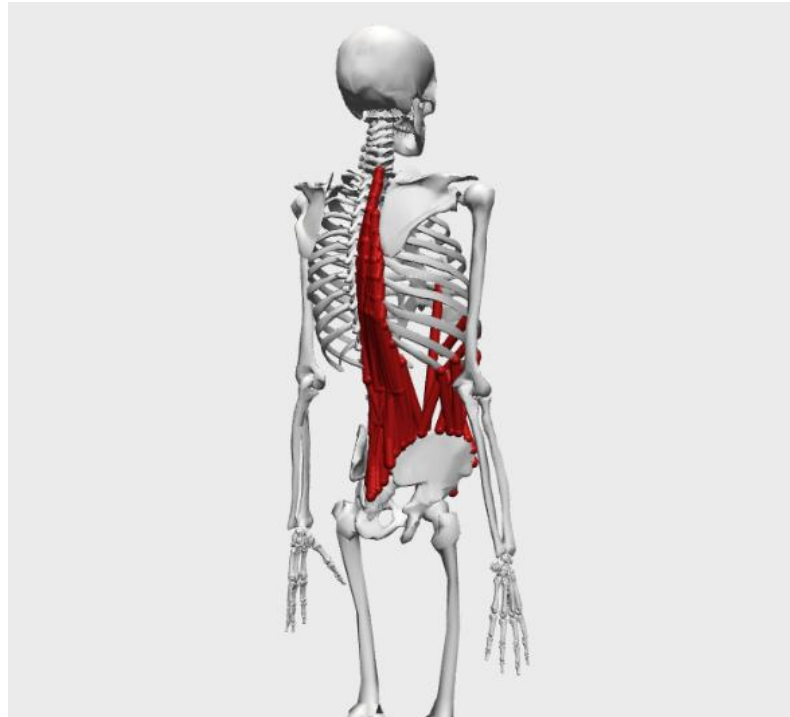


Рис. 2.1. Скелетно-м'язова модель, яка використана для досліджень (показано всі м'язово-сухожилльні одиниці правої половини моделі)

Кінематика

Геометрія кісток. Дані кісткових структур отримані шляхом маркування поверхонь за допомогою полігональної сітки, потім визначено координати вершин за допомогою цифрового перетворювача.

Геометрія суглобів. Тазовий центр обертання знаходиться на середині лінії, яка з'єднує дві передньо-верхні ості. ПВХ представлений 5 хребцями, які зчленовуються між собою. Кожен ХРС ПВХ має 6 ступенів свободи, що дозволяє отримувати дані про пасивну жорсткість елементів міжхребцевого диску, зв'язок та капсульних елементів. Ці пасивні елементи жорсткості кожного ХРС поглинають сили реакції опори та моменти сил відповідно до поступальних та обертальних зусиль, які відбуваються між двома сусідніми хребцями. Сумарно ПВХ отримав 30 ступенів свободи (рис. 2.2).

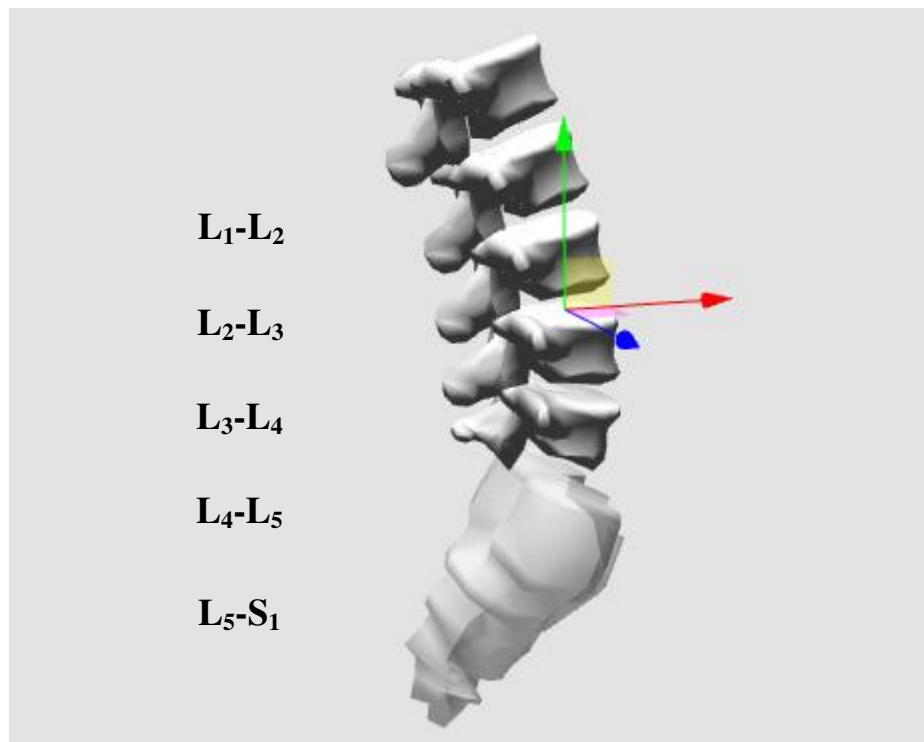


Рис. 2.2. Скелетна модель поперекового відділу хребта, яка використана для досліджень (стрілками показані ступені свободи, які присутні в кожному із хребтово-рухових сегментів поперекового відділу хребта)

Кульшовий суглоб представлений сферичним шарнірним зчленуванням із можливістю рухів у всіх площинах та ротацією, проте без можливості поступального руху між головкою стегнової кістки та кульшовою западиною.

М'язова геометрія. Суглоби нижньої кінцівки приводяться в рух за допомогою 238 м'язово-сухожилкових одиниць [177]. Шлях та напрямок скорочення м'язово-сухожилкових одиниць визначений на підставі анатомічних даних про точки прикріплення м'язів на кістках. Кожна м'язово-сухожилкова одиниця представлена як математична модель м'яза, запропонована A. V. Hill (1938) в складі із еластичним сухожилком [178, 179].

Математична модель м'яза за A. V. Hill

М'язова модель A. V. Hill (1938) становить собою динамічні властивості м'яза, яка створена на основі експериментальних спостережень із контролем вхідних та вихідних параметрів (довжина м'яза, навантаження на нього, його нервова стимуляція) [178, 179]. Модель складається із скорочувального елемента, який генерує активну силу м'язу, та еластичного елемента для представлення пасивних м'язових структур. Еластичний елемент, який приєднується послідовно, відтворює сухожилок м'яза, апоневротичні структури та ділянки поперечних зв'язків між міофібрилами. Його напрямок співпадає з напрямком сили скорочення всього м'язу. Паралельний еластичний елемент представляє собою пасивні сполучнотканинні компоненти м'яза, які направлені паралельно до скорочувального елемента (рис. 2.3). Описана модель була актуальною протягом багатьох десятиліть. За умов включення деяких аспектів в'язкопружних властивостей м'яза та динаміки його активації модель за A. V. Hill є актуальною й на сьогодні [179]. Вона здатна точно описувати співвідношення між силою та станом м'яза (довжина, швидкість, рівень активації), за її допомогою можна обчислити дані параметри м'яза, які будуть із великою точністю відповідати експериментальним даним. Модель за A. V. Hill не може бути використана лише для вивчення мікроскопічних процесів у м'язах.

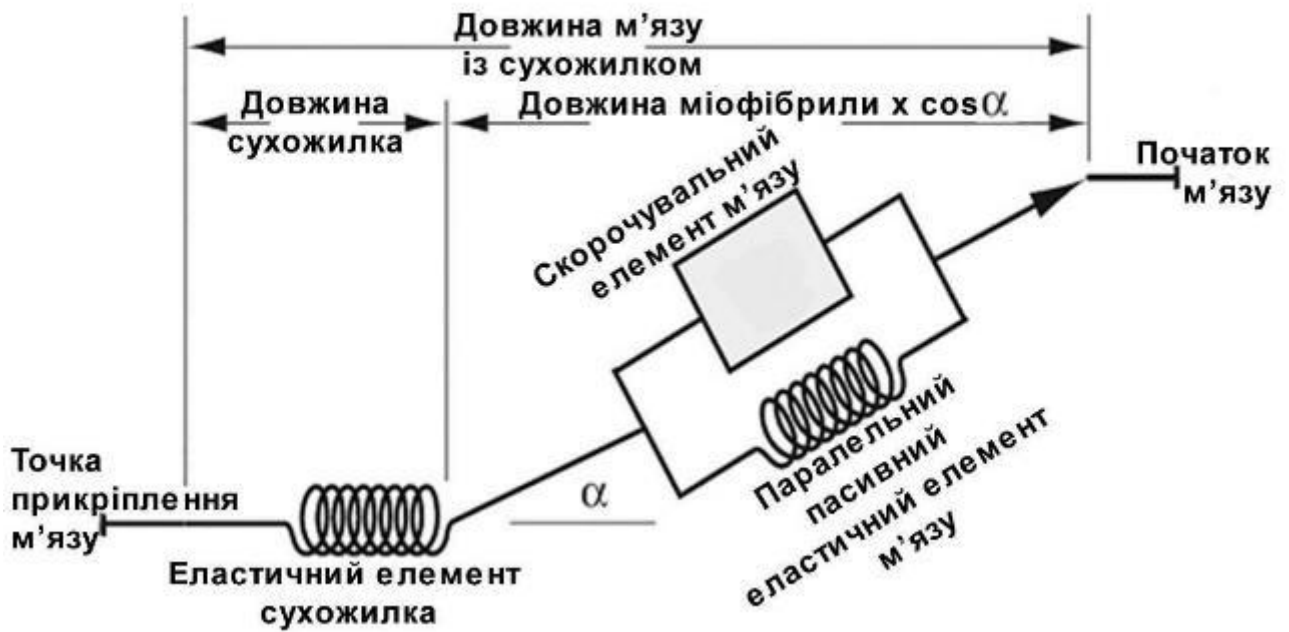


Рис. 2.3. Математична моделі м'яза за А. V. Hill (кут α – кут між напрямком пучка міофібрил та напрямком сухожилка). Описана F. E. Zajac (1989) [180]

Основні параметри м'язово-сухожилкової одиниці для дослідження

Основними параметрами математичної моделі м'яза за А. V. Hill, за допомогою яких можна теоретично описати роботу м'яза та обчислити низку вихідних параметрів (силу м'яза, швидкість скорочення тощо), є оптимальна довжина міофібрили, фізіологічна площа поперечного перерізу м'яза, довжина сухожилка у випадку розслабленого м'яза, кут між напрямками міофібрил та сухожилка. Слід зазначити, що 2 з 4 названих параметрів для кожного м'яза (оптимальна довжина міофібрили, кут між напрямками міофібрил та сухожилка у разі оптимальної довжини міофібрили) є величинами постійними та залежать від особливостей структури конкретного м'яза. Проте довжина сухожилка у випадку розслабленого м'яза та фізіологічна площа поперечного перерізу м'яза — показники, які можуть змінюватися залежно від умов функціонування м'яза, особливо після хірургічних утручань. У програмному пакеті OpenSim ці 4 представлені

параметри математичної моделі м'яза за A. V. Hill об'єднані в один показник — максимальну ізометричну силу м'яза.

Саме змінюючи показник максимальної ізометричної сили м'яза та координати точок прикріплення, можна моделювати часткові дефекти м'язів у випадках резекції їх зі зміною площі поперечного перерізу без порушення їхньої протяжності [179, 181]. Таким чином, у разі створення часткового дефекту м'яза без порушення його довжини та зміни точок прикріплення проведено зменшення максимальної ізометричної сили м'яза пропорційно зміни його площі поперечного перерізу. У випадках часткових дефектів м'язів зі зміною довжини та точок їх прикріплення змінювали такі параметри: оптимальну довжину міофібрили та довжину сухожилка у випадку розслабленого м'яза. У разі створення тотального дефекту м'яза, інформація про певний елемент видалялася з моделі, щоб унеможливити вплив залишкової інформації про вагу елемента на інерційні властивості моделі. У табл. 2.3 наведено перелік м'язів, які представлені в скелетно-м'язовій моделі та кількість м'язово-сухожилкових одиниць в кожній м'язовій групі.

Система координат для дослідження

У проведеному дослідженні вивчали динаміку змін сили навантаження, яку спричиняють між собою поверхні тіл поперекових хребців чи суглобова поверхня крижової кістки на здухвинну у крижово-здухвинному зчленуванні під час циклу нахилу до переду верхньої половини тіла людини. Сила навантаження є векторною величиною і описується за допомогою трьох параметрів: довжини вектору сили (скалярна величина), його напрямку та точки прикладення.

Таблиця 2.3

Перелік м'язів скелетно-м'язової математичної моделі,
яка використана у дослідженнях

Назва м'язу	Кількість м'язово-сухожилкових одиниць, якими представлений м'яз в скелетно-м'язовій математичній моделі
<i>m. iliocostalis lumborum pars lumborum</i>	8
<i>m. iliocostalis lumborum (pars thoracis)</i>	16
<i>m. longissimus thoracis (pars thoracis)</i>	42
<i>m. longissimus thoracis (pars lumborum)</i>	10
<i>m. quadratus lumborum</i>	36
<i>m. psoas major</i>	22
<i>m. multifidi (spinous process)</i>	40
<i>m. multifidi (entry level)</i>	10
<i>m. external oblique</i>	12
<i>m. internal oblique</i>	12
<i>m. rectus abdominis</i>	2
<i>m. latissimus dorsi</i>	28
Всього	238

Оскільки напрямок вектору в тривимірному просторі описувати важко, для опису напрямку сили використовують величини його проєкцій на 3 осі ортогональної системи координат для тривимірного простору (рис. 2.4).

Напрямок сили навантаження тіла визначають за спрямованістю її проєкції відносно відповідної осі тривимірної системи координат. Для опису напрямку проєкції вектору сили навантаження в передньо-задньому (в сагітальній площині) напрямку використовують вісь X. Позитивне значення проєкції вектору на неї вказує на напрям дії вектору вперед, а від'ємне — назад.

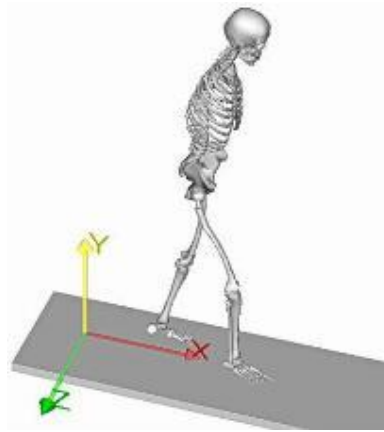


Рис. 2.4. Тривимірна скелетна модель, використана для досліджень, та зв'язана з нею система координат XYZ (стрілки вказують на позитивний (за S. L. Delp та співавт., 2007) [182]

Компонент дії вектору сили у вертикальному напрямку описує вісь Y , позитивне значення проекції вектору на неї означає напрямок навантаження тіла вертикально догори. Від'ємне ж значення вказує на напрямок дії сили в протилежну сторону — донизу. Дію сили у фронтальній площині описує вісь Z . Позитивне значення проекції вектору сили на неї вказує на дію сили в праву сторону. Від'ємне ж значення означає напрямок дії вектору сили в цій площині вліво. В даному дослідженні зміни значення проекції вектору сили на вісь Z навантаження не враховувалось (рис. 2.4).

Скелетно-м'язові моделі поперекового відділу хребта

Для порівняння сили навантаження в суміжних до фіксованих сегментів ПВХ разом із вихідною (базовою моделлю) створені скелетно-м'язові моделі ПВХ, в яких відтворено післяопераційний стан ПВХ після декількох варіантів хірургічного втручання:

- модель № 1 (базова), в якій повністю функціонують всі ХРС ПВХ та м'язи (відсутні ефекти ушкодження та денервації м'язів, точки їх прикріплення збережені) (рис. 2.5, а, табл.2.4);

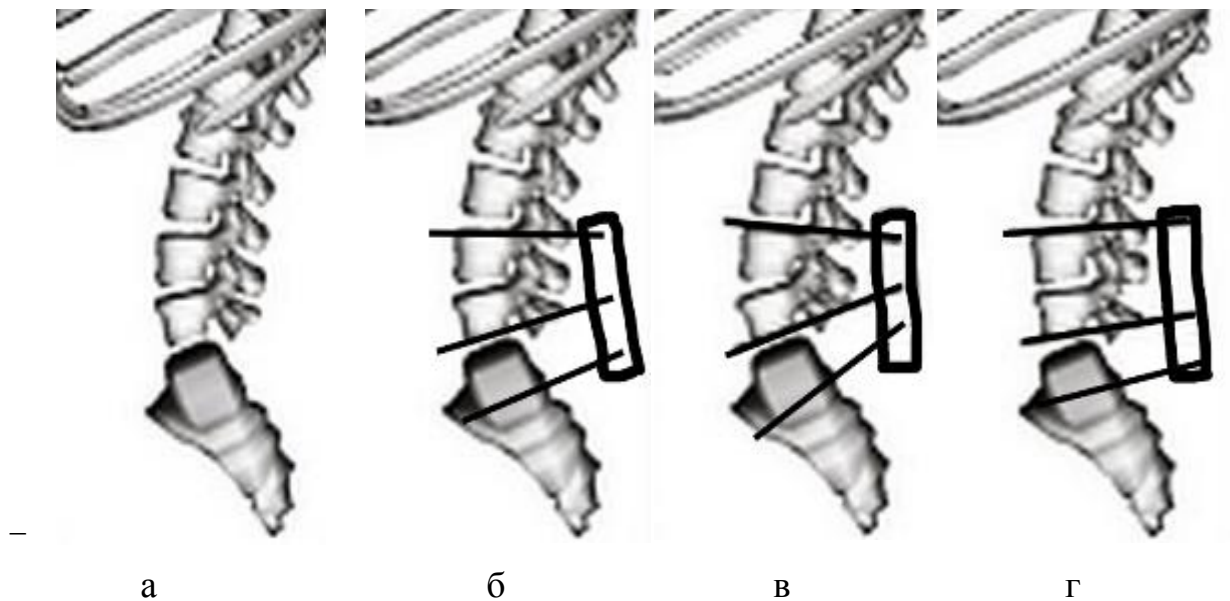


Рис. 2.5. Варіанти взаємовідносин у поперековому відділі хребта в інтактному положенні (а), нормолордотичному (б), гіперлордотичному (в), гіполордотичному (г) положеннях за рахунок зміни кута спондилодеза $L_{IV}-S_I$

– модель № 2, в якій повністю функціонують всі ХРС ПВХ та відтворенні ефекти виконання хірургічного заднього доступу до ПВХ для проведення заднього інструментального спондилодезу на рівні $L_{IV}-S_I$, які становили собою зміни параметрів м'язово-сухожилкових одиниць;

– модель № 3, в якій відтворено інструментальний спондилодез двох ХРС ПВХ на рівнях $L_{IV}-L_V$ та L_V-S_I , фіксація сегменту $L_{IV}-L_V$ виконано під сагітальним кутом 22° (незмінно відносно «передопераційного» стану), а сегменту L_V-S_I під кутом 24° (рис. 2.5, б);

– також відтворенні ефекти виконання хірургічного заднього доступу до ПВХ для проведення заднього інструментального спондилодезу $L_{IV}-S_I$ (табл. 2.4);

– модель № 4, в якій відтворено інструментальний спондилодез двох ХРС ПВХ на рівнях $L_{IV}-L_V$ та L_V-S_I , фіксація сегменту $L_{IV}-L_V$ виконано із відтворенням гіполордотичного положення під сагітальним кутом 8° , а сегменту L_V-S_I під кутом 10° (зменшено на 14°) (рис. 2.15, г); також відтворенні ефекти виконання хірургічного заднього доступу до ПВХ для проведення заднього інструментального спондилодезу $L_{IV}-S_I$ (табл. 2.4);

Таблиця 2.4

Зміни, які проведені в параметрах м'язово-сухожилкових одиниць скелетно-м'язової математичної моделі поперекового відділу хребта для відтворення ефектів виконання хірургічного заднього доступу до поперекового відділу хребта для проведення заднього інструментального спондилодезу L_{IV}–S_I

Назва м'язу	Кількість м'язово-сухожилкових одиниць математичної моделі м'язу			
	всього в наявності	видалено	змінено розташування проміжних точок кріплення м'язів до кісткових структур моделі	всього змінено
<i>m. iliocostalis lumborum (pars lumborum)</i>	8	2	0	2
<i>m. iliocostalis lumborum (pars thoracis)</i>	16	0	0	0
<i>m. longissimus thoracis (pars thoracis)</i>	42	0	18	18
<i>m. longissimus thoracis (pars lumborum)</i>	10	4	0	4
<i>m. quadratus lumborum</i>	36	2	2	4
<i>m. psoas major</i>	22	0	0	0
<i>m. multifidi (spinous process)</i>	40	12	20	32
<i>m. multifidi (entry level)</i>	10	6	0	6
<i>m. external oblique</i>	12	0	0	0
<i>m. internal oblique</i>	12	0	0	0
<i>m. rectus abdominis</i>	2	0	0	0
<i>m. latissimus dorsi</i>	28	0	2	2
Всього	238	26	42	68

– модель № 5, в якій відтворено інструментальний спондилодез двох ХРС ПВХ на рівнях L_{IV} – L_V та L_V – S_I , фіксація сегменту L_{IV} – L_V виконано із відтворенням гіперлордотичного положення під сагітальним кутом 32° , а сегменту L_V – S_I під кутом 34° (збільшено на 10°), (рис. 2.15, в); також відтворенні ефекти виконання хірургічного заднього доступу до ПВХ для проведення заднього інструментального спондилодезу L_{IV} – S_I (табл. 2.4).

Використаний у дослідженні цикл рухів в поперековому відділі хребта

У представлених скелетно-м'язових моделях верхньої частини тіла проведена динамічна симуляція згинання в ПВХ до кута 45° і назад (повернення в вихідне положення), починаючи з прямостоячої пози та без жодних зовнішніх навантажень (0° – 45° – 0°). Рухи в кульшових суглобах в даному дослідженні не враховувались (рис. 2.6).

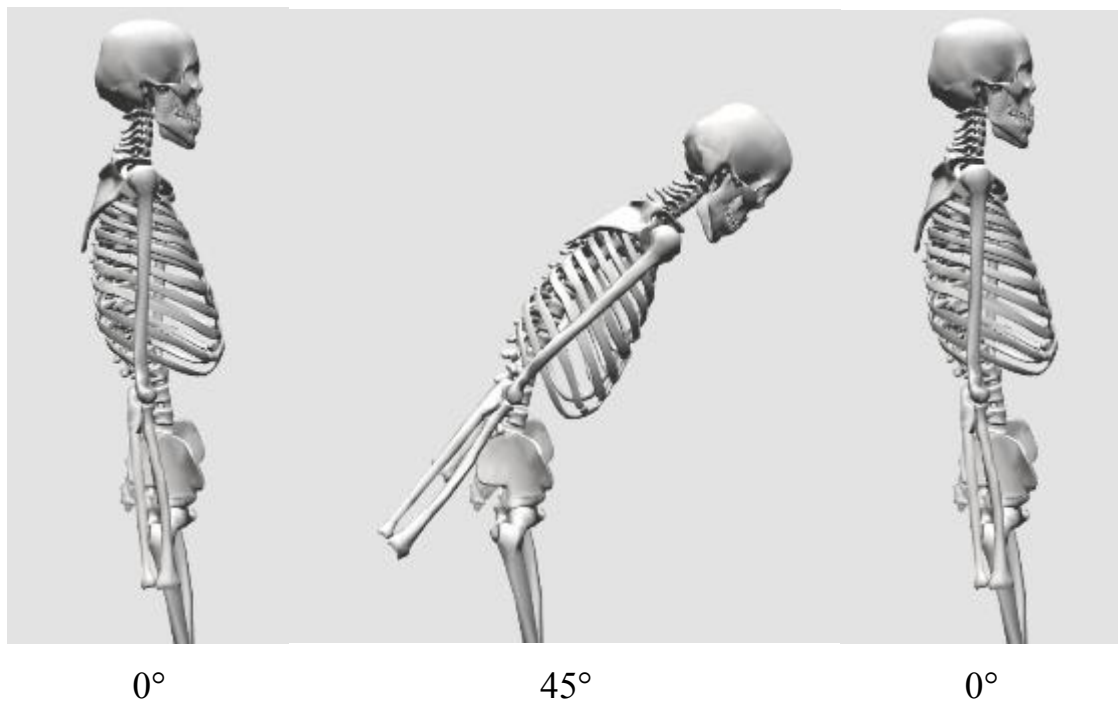


Рис. 2.6. Використаний у дослідженні цикл рухів в поперековому відділі хребта: починаючи з прямостоячої пози (0°) згинання до 45° повернення в вихідне положення (0°)

Грудний відділ хребта і грудна клітка моделі об'єднані в єдину жорстку ригідну конструкцію, що представляє грудна клітка. ПВХ і крижова кістки змодельована шістьма сегментами для кожного з рівнів від L_I до S_I . Вся маса

тіла була перерозподілена по сегментах (руки, голова, грудна клітка, ПВХ від L_I до S_I) для надання моделі інерційних властивостей.

Динамічна симуляція згинання в ПВХ проведена в діапазоні від 0° до 45° . Кути згинання вимірювались за допомогою орієнтації верхньої замикальної пластини тіла L_I хребця відносно її орієнтації у вертикальному положенні стоячи. Сагітальні плоскі кути для характеристики кутів заднього інструментального спондилодезу $L_{IV}-S_I$ вимірювались за допомогою метода Коба. Імітовані умови спондилодезу були наступні:

- *in situ* (спондилодез $L_{IV}-S_I$ із кутом $L_{IV}-L_V$ 22° , L_V-S_I 24°);
- гіперлордотичний (збільшення кута лордозу $L_{IV}-S_I$ на 10° у разі спондилодезу L_4-S_I);
- гіполордотичний (зменшення кута лордозу $L_{IV}-S_I$ на 14° у разі спондилодезу $L_{IV}-S_I$).

Спондилодез $L_{IV}-S_I$ реалізовано при середніх кутах 23° , 33° та 8° відповідно, тоді як загальний L_I-S_I лордоз становив у середньому 56° . Загальний міжсегментарний рух від L_{III} до S_I зберігався, але пропорційно перерозподілено відповідно до результатів дослідження *in vitro* [183].

Динамічне дослідження відбувалось під час імітування руху вперед (нахил вперед) і далі назад з максимумом нахилу вперед 45° (рис. 2.7). Загальна тривалість руху ставила 5,0 с від початкової до остаточної постави, тобто повернення у вихідне вертикальне положення. Цей час вибраний для мінімізації динамічних ефектів, які можуть виникати під час раптового прискорення руху. Під час руху руки знаходились поруч із тулубом, голова — в нерухомому положенні щодо грудної клітки. Повний рух вперед виконано за рахунок ПВХ, тобто не відбулося одночасного обертання стегна або крижово-клубовому зчленуванні. Досліджували сили навантаження між хребцями на визначених рівнях. Аналіз сили навантаження між хребцями зосереджувався на двох суміжних сегментах (на один рівень вище та нижче), на яких виконано інструментальний спондилодез $L_{IV}-S_I$. Тобто досліджувались сегменти $L_{III}-L_{IV}$ та крижово-здухвинне зчленування.

Основні параметри рухів у ХРС під час циклу нахилу до переду, використаного в дослідженні, представлені на рис. 2.7.

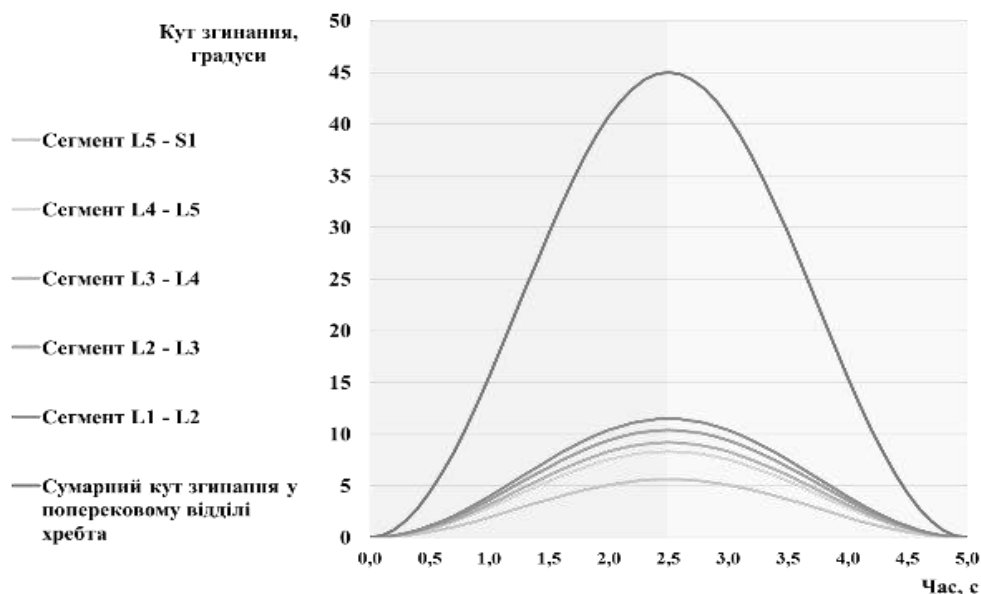


Рис. 2.7. Графік зміни положення у хребтово-рухових сегментах поперекового відділу хребта під час циклу нахилу вперед (тривалість циклу $t = 5,0 \text{ с} = 100 \%$)

2.3 Експериментальні дослідження *in vivo*

Всім щурам до виконання хірургічного втручання виконували підготовку операційного поля шляхом гоління шкіри від шерсті на животі та обробки ділянки антисептичним засобом Бетадин[®] (ЗАТ Фармацевтичний завод ЕГІС, Угорщина). Щурів фіксували у положенні на спині, їм виконували лапаротомію шляхом розрізання шкіри по серединній лінії живота з подальшим розрізом черевної стінки по білій лінії. Потім виводили назовні у лівий бік органів черевної порожнини на стерильну марлеву серветку з їх обгортанням та струминним зрошенням фізіологічним розчином за допомогою шприца. Відводили м'які тканини і кровоносні судини для доступу до ПВХ. Після цього створювали стандартний дірчастий (порожнистий) дефект у МХД, розташованому поміж тілами хребців L_V та L_{VI} , з руйнуванням драглистого ядра (без заповнення) за допомогою

стоматологічного бора циліндричної форми діаметром 1,5 мм. Утворений дефект струминно промивали антисептичним засобом Декасан® (ТОВ «Юрія-Фарм», Україна). Після чого щурам виконували описані нижче дії залежно від моделі.

2.3.1 Модель 1

Після руйнування драглистого ядра міжхребцевого диска, щурам виконували міжм'язовий доступ до спинномозкового нерву, прилеглого праворуч до ушкодженого міжхребцевого диска (вентральна гілка поперекових нервів, що переходить у сідничний нерв), з контролем прояву рухового рефлексу в правій тазовій кінцівці (рис. 2.8). Потім перев'язували нервовий стовбур 2-ма подвійними вузлами шовного матеріалу тривалого розсмоктування PDS*II № 5-0 (монофіламентна нитка, полідіоксанон), ETHICON®, LLC a Johnson & Johnson company, Мексика) (рис. 2.8).



Рис. 2.8. Ділянка хірургічного поля під час виконання моделі 1 у щурів. Дірчастий дефект у диску між хребців L₅ та L₆ (подвійна стрілка) і перев'язаний шовним матеріалом прилеглий нервовий стовбур (стрілка)

2.3.2 Модель 2

Для встановлення металевих скоб створювали чотири стандартні дірчасті дефекти (глибина 2 мм, діаметр 1,2 мм) у суміжних тілах хребців L_V та L_{VI} білатерально по дві на відстані 7 мм (у L_V каудально та L_{VI} краніально) за допомогою стоматологічного конусоподібного гострого бора зі стандартним алмазним напиленням — 106–125 мкм (ТС-10, $\phi = 1,1$ мм), промивали аналогічно попередньому дефекту у диску. У створенні дефекти симетрично імпантували дві скоби з нержавіючої сталі (6,9 мм $\times$ 4,2 мм; марка 316L, Manipler[®] AZ-35W, виробництва «B.Braun», Іспанія) поблизу від корінців та промивали ділянку хірургічного втручання антисептичним засобом Декасан[®] (рис. 2.9).

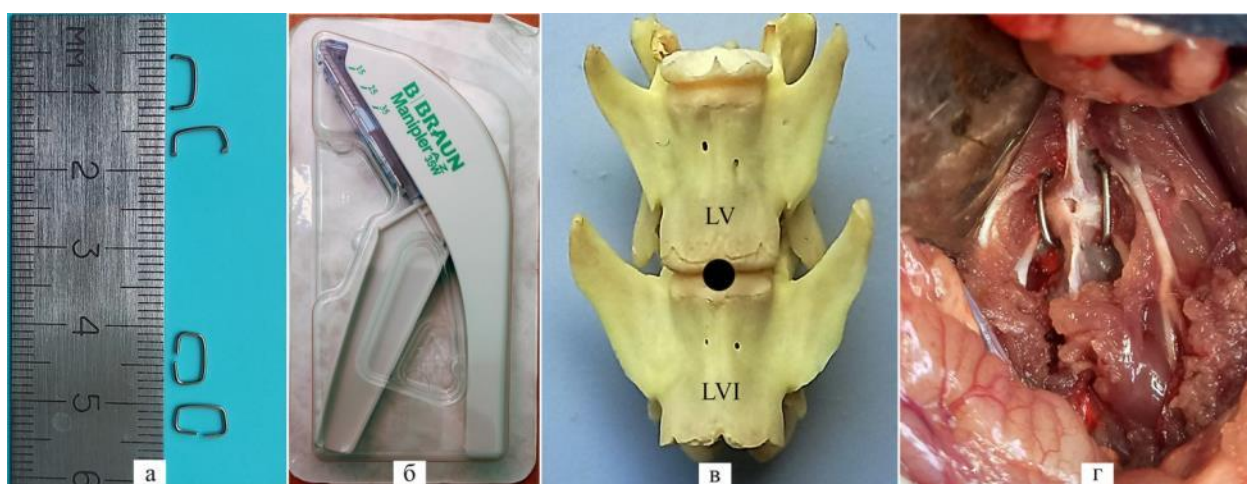


Рис. 2.9. Особливості виконання моделі 1 у щурів. Зовнішній вигляд зразків імпантатів (скоб) для моделювання спондилодезу (а), пристрою для встановлення скоб (б), анатомічного препарату суміжних хребців L_V – L_{VI} поперекового відділу хребта щура (в) та ділянки хірургічного втручання з встановленими скобами та дефектом у драглистому ядрі міжхребцевого диска (г). Чорним колом позначено умовне розташування дефекту у міжхребцевому диску (в)

Після виконання всіх етапів хірургічних втручань для створення моделей щурів обох моделей повертали внутрішні органи у черевну порожнину з марлевої серветки та зрошували їх фізіологічним розчином за допомогою шприца. Черевну стінку зашивали простим безперервним швом (шовний матеріал МЕФІЛ № 2, НВО «Біополімер», Україна). Для профілактики використовували антибіотик Комбікел 40 П.Д. (0,1 мл/кг, «Кела Н.В.», Бельгія), який вводили внутрішньочеревно. Шкірну рану ушивали одинарними вузловими швами (шовний матеріал МЕФІЛ № 2, НВО «Біополімер», Україна) та обробляли антисептичним засобом Бетадин® (ЗАТ «Фармацевтичний завод ЕГІС», Угорщина).

Впродовж 1-го тижня після операції виконували щоденний моніторинг стану щурів з обробкою шкіри у зоні хірургічного втручання антисептичним засобом Бетадин® (ЗАТ Фармацевтичний завод ЕГІС, Угорщина) та ін'єкційним введенням нестероїдного протизапального засобу Мелоксивет (мелоксикам, 1 мг/кг, ТОВ «Науково-виробниче підприємство «Укрзооветпромпостач»», Україна).

На рис 2.10 а, б наведені відбитки рентгенограм експериментальних щурів у положенні лежачі на спині і положенні лежачі на правому боці. Через 8 тижнів експериментальні тварини були виведені з експерименту декапітацією під ефірним наркозом із одночасним забором крові для біохімічних досліджень. В них були виділені ушкоджені ділянки хребта, які були оброблені та досліджені морфологічно (рис. 2.10).

Спостерігали також за руховою активністю щурів впродовж експерименту з увагою щодо парепарезів та геміпарезів тазових кінцівок, ознак аутономічної поведінки.

У моделі 1 ($n = 10$) під час хірургічних втручань загинули 2 щура, через добу після операції загинуло ще 2 щура, через чотири доби ще 2 щури. У моделі 2 ($n = 9$) загинуло 2 щура через 5 та 9 діб після хірургічного втручання.



Рис. 2.10. Фотовідбитки рентгенограм експериментального щура після виконання моделювання ускладнень після спондилодезу поперекового відділу хребта: а) у положенні на спині; б) у положенні на правому боці

Через 8 тижнів після хірургічного втручання 11 щурів виводили з експерименту шляхом декапітації, що було обумовлено необхідністю забору крові для біохімічного дослідження. Фрагменти ПВХ L_1-S_1 видаляли для подальшого гістологічного дослідження.

2.3.3 Рентгенологічне дослідження

При виконанні експериментальних досліджень із використанням лабораторних щурів після виконання моделювання ускладнень після виконання моделі спондилодезу ПВХ здійснювали рентгенологічні дослідження у положенні на спині та у положенні на правому боці в стані тіопенталового загального наркозу для виключення рухливості тварин. Обстеження тварин проводили на 14-ту добу, 30-ту добу, 60-ту добу та 90-ту добу для підтвердження розвитку патологічного процесу.

2.3.4 Гістологічне та гістоморфометричне дослідження

Морфологічне дослідження проводили в атестованій лабораторії морфології сполучної тканини (Свідоцтво про відповідність системі вимірювань вимогам ДСТУ ISO 10012:2005 № 01-0018/2023 від 14 березня 2023 р., чинне до 14 березня 2026 р.).

Для гістологічного аналізу виділені фрагменти ПВХ L_I-S_I фіксували у 10 % нейтральному формаліні 5 днів. Після декальцинації у 10 % розчині мурашиної кислоти [184] вирізали три фрагменти з міжхребцевими дисками (краніальний ($L_{IV}-L_V$), рівень пошкодження (L_V-L_{VI}), каудальний ($L_{VI}-S_I$), розрізаючи по тілам хребців. Після цього зразки зневоднювали у етиловому та ізопропіловому спиртах зростаючої концентрації, просочували у суміші ізопропілового спирту та парафіну, заключали у парафін [185] за допомогою санного мікротома виготовляли гістологічні зрізи товщиною 6 мкм, забарвлювали з використанням гематоксиліну і еозину [184], які аналізували під світловим мікроскопом BX63 (Olympus, Японія). Цифрові знімки отримували за допомогою камери DP73 (Olympus).

Оцінювання дегенеративних змін у трьох міжхребцевих дисках у кожного щура виконували з використанням шкали, розробленої А. Lai та співавт. (2021) [186]. Згідно цій шкалі максимальний прояв дегенеративних змін дорівнює 16 балам, а нормальна структура — нулю (табл. 2.5.) На рівні пошкодження драглистого ядра оцінювання не проводили через його відсутність.

Таблиця 2.5

Шкала для оцінки дегенеративних змін у міжхребцевих дисках щурів за А. Lai зі співавт. (2021) [186]

Оцінювана структура	Характеристика змін	Кількість балів
1	2	3
Драглисте ядро		
Форма	Кругла / овальна	0
	Кругла / овальна з незначним спотворенням	1
	Неправильна	2

Продовження таблиці 2.5

1		3	4
Площа		Понад 40 % від площі МХД	0
		20–40% від площі МХД	1
		Менш ніж 20 % від площі МХД	2
Клітини	Кількість	Нормальна (понад 2/3 простору ДЯ)	0
		Незначне зменшення (від 1/3 до 2/3 простору ДЯ)	1
		Значне зменшення (менш ніж 1/3 простору ДЯ)	2
	Морфологія: клітини великі і вакуолізовані	Понад 80 %	0
		30–80 %	1
		Менш ніж 30 %	2
Межа «драглисте ядро – фіброзне кільце»			
Зовнішній вигляд		Чітка	0
		Менш чітка; втрата кільцево-ядерної демаркації	1
		Немає помітної межі	2
Волокнисте кільце			
Ламеляна організація		• Кільцеподібна структура збережена, колагенові пластинки візуалізуються (<u>менш ніж 20 %</u> із них увігнуті, деформовані, дезорганізовані або змієподібні)	0
		• <u>Від 20 % до 60 %</u> колагенових пластинок складчасті, деформовані, неорганізовані чи змієподібні	1
		• <u>Понад 60 %</u> колагенових пластинок складчасті, деформовані, неорганізовані чи змієподібні	2
Тріщини / розриви		Без розривів волокон	0
		Менш ніж 1/3 волокон із розривами / тріщинами	1
		Понад 1/3 волокон із розривами / тріщинами	2
Замикальна пластинка			
Порушення / мікротріщини й остеофіти / окостеніння		• Безперервна, однорідна структура; звичайна товщина	0
		• З мінімальним розривом (< 1/3), остеофіти або осифікація менш ніж 1/3	1
		• Значна нерівність, множинні мікротріщини, остеофіти або осифікація менш понад 1/3	2

2.4 Загальна клінічна характеристика і дизайн дослідження результатів хірургічного лікування хворих із захворюваннями, травмами та деформаціями хребта

2.4.1 Дослідження хворих з використанням спинальної навігації

Проведено порівняльну оцінку точності розташування гвинтів в хребцях та оцінено кількість ревізійних хірургічних утручань, пов'язаних безпосередньо з некоректним розташуванням гвинтів між I групою хворих із стандартною технікою установки гвинтів (техніка «вільних рук») (747 хворих, 4794 гвинтів), та II групою хворих із проведенням гвинтів з використанням 3D-навігаційної системи на базі комп'ютерної томографії фірми «Brainlab» (Німеччина) (252 хворих, 1646 гвинтів), з використанням даних рентгенологічного обстеження (рентгенограми фас, профіль, КТ, МРТ). Кількість встановлених гвинтів склала 6440 штук. Відмінності по кількості пацієнтів у кожній групі пов'язано з тим, що оцінку рентгенограм першої групи проводили з 2004 року, а використання навігаційної системи в нашій установі розпочато лише з 2013 року і подальшим його більш широким впровадженням.

2.4.2 Дослідження хворих з використанням нейромоніторингу

В рамках виконання роботи було проаналізовано результати 62 інтраопераційних нейрофізіологічних моніторингів із використанням пристрою NIM Eclipse фірми «Medtronic» (рис. 2.11) у поєднанні зі спінальною навігацією. Зазначені дослідження хворих ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України» виконані на базі лабораторії патофізіології Інституту за період з березня 2014 року по листопад 2020 року. До досліджень було включено результати обстеження хворих з дегенеративними захворюваннями, травмами і деформаціями в ГВХ та ПВХ.



Рис. 2.11. Пристрій для нейромоніторингу NIM Eclipse фірми «Medtronic»

При застосуванні ТФ у хворих із захворюваннями ГВХ та ПВХ всі хірургічні втручання були виконані з заднього доступу. Середня тривалість операції склала 4 години та 6 хвилин. За цей час проводили від 4 до 35 транскраніальних електричних стимуляцій (ТКЕС), середнє число ($14,30 \pm 6,49$). При цьому в кожному випадку на периферичних м'язах-мішенях реєстрували моторний викликаний потенціал (МВП) — складний потенціал дії, що викликаний стимуляцією рухової кори головного мозку і проявляється реакцією м'язів-мішеней.

В 24 (39 %) випадках досліджували поєднання модальностей моторних викликаних потенціалів (МВП) і стимуляції транспедикулярних гвинтів (СГ), в 25 (40 %) випадках — тільки МВП, а в 13 (21 %) — тільки модальність СГ.

В нашому дослідженні напруга електричного току стимулу зазвичай складала 200 В (рис. 2.12).

У випадках значних знижень амплітуд МВП або втрати сигналів (явище тривоги), для отримання ефективних МВП інтенсивність стимулу підвищували. Наприкінці хірургічного втручання, на момент накладення пов'язки на післяопераційну рану, величина стимулу залишалася такою ж, як і на початку (200 В) в 28 % випадках, в 12 % — стимул збільшували до 225 В, в 14 % — до 250 В, а в одному випадку (2 %) — до 500 В. З плином операції, і збільшенням напруги ТКЕС, також збільшувалася сила струму ТКЕС

(рис. 2.13). У деяких випадках сила струму збільшувалася від першої стимуляції до останньої на величину до 70 % від початкового рівня.



Рис. 2.12. Гістограма величин стимулів транскраніальної електричної стимуляції

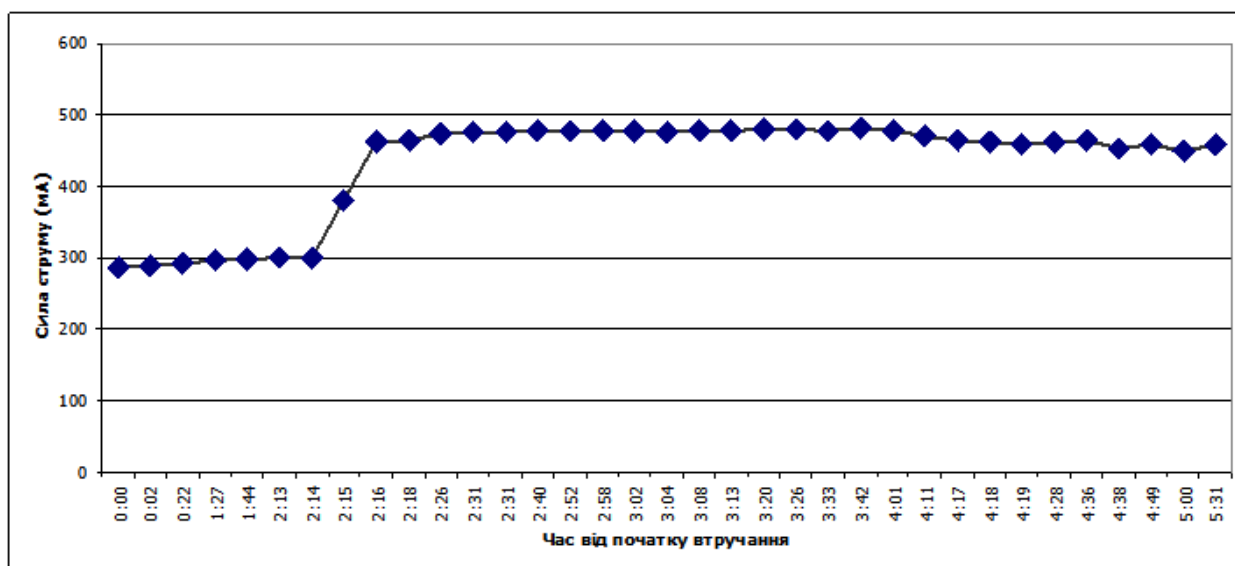


Рис. 2.13. Динаміка збільшення сили струму стимулів транскраніальної електричної стимуляції під час хірургічного втручання

2.5 МРТ-метричні дослідження

У дослідження було включено 21 хворого, які проходили лікування у ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України» з 2022 року. На проведення наукового дослідження було отримано дозвіл від експертної комісії з питань етики та біоетики ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України» (Протокол № 252). Дослідження проводилось з дотриманням прав людини відповідно до діючого в Україні законодавства та Гельсінської декларації «Етичні принципи медичних досліджень за участю людини у якості об'єкта дослідження» [187]. Усі хворі надали інформовану добровільну згоду для участі у дослідженні.

Середній вік учасників становив ($39,7 \pm 12$) років (діапазон: 20–60 років). Критеріями включення були: проведення транспедикулярної фіксації на рівні L_{IV} – L_V з приводу дегенеративних захворювань ПВХ, включаючи міжхребцеві грижі та стеноз хребтового каналу. Критеріями виключення – наявність в анамнезі попередніх оперативних втручань на ПВХ, дегенеративний сколіоз, спондилолістез або пухлини.

Оцінювання стану міжхребцевих дисків проводили до хірургічного втручання, а також через 3, 6 та 12 місяців після операції на підставі даних МРТ ПВХ (рис. 2.14).

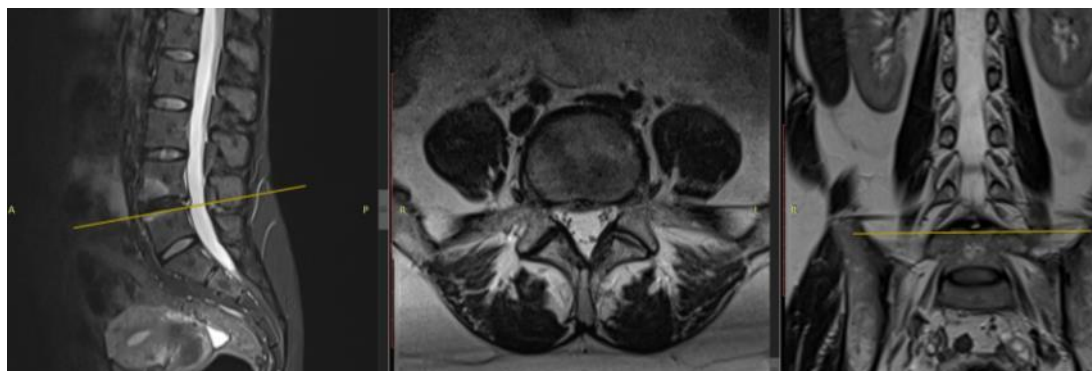


Рис. 2.14. Магнітно-резонансна томографія хворого до операції, рівень L_{IV} – L_V

Для оцінки стану хребців та МХД за МРТ-знімками, визначали індекс диска (I_d), індекс форми диска (I_f) та хребцево-дисковий коефіцієнт (K_{dp}) (рис. 2.15).

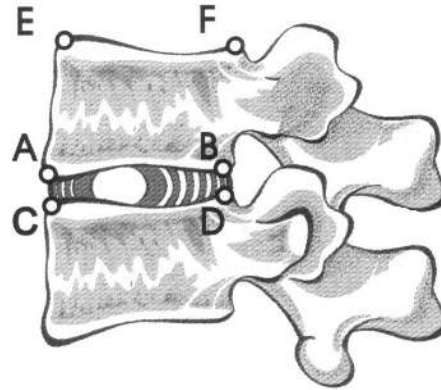


Рис. 2.15. Схема визначення індексів I_d , I_f , K_{dp}

Індекс диска (I_d) — відношення площі диска до площі хребця, що розташований вище (у сагітальній площині). У нормі I_d становить від 0,35 до 0,45. Його розраховують за формулою 2.1:

$$I_d = \frac{S_d}{S_v}, \quad (2.1)$$

де $S_d = \frac{AC+Bd}{2} \times \frac{AB+CD}{2}$ — площа диска;

$S_v = \frac{AE+FB}{2} \times \frac{AB+EF}{2}$ — площа хребця, що лежить вище.

Індекс форми диска (I_f) — співвідношення вентральної висоти диска (AC) до дорзальної (BD). У нормі I_f становить від 1,2 до 1,5. Визначається за формулою 2.2:

$$I_f = \frac{AC}{BD} \quad (2.2)$$

Хребцево-дисковий коефіцієнт (K_{dp}) — відношення висоти диска до висоти хребця, розташованого над ним. У нормі від дорівнює від 0,2 до 0,25. Формула розрахунку 2.3:

$$K_{dp} = \frac{AD+CB}{AF+BE} \quad (2.3)$$

2.6 Техніки встановлення транспедикулярних гвинтів

2.6.1 Техніка встановлення гвинтів з використанням навігаційної системи

Хворим виконували установку гвинтів за допомогою навігаційної системи «Brainlab», попередньо проводили обстеження в діагностичному центрі та виконували КТ-установку («Simens», 16-зрізова) потрібного відділу хребта для хірургічного втручання в положенні лежачи на животі з валиками під передні ості підздухвинних кісток. Записаний диск завантажували в навігаційну систему. На операційному столі положення хворого на животі з валиками під передні ості підздухвинних кісток, апаратура та інфрачервона камера навігаційної системи встановлені поруч з операційним столом в ногах у хворого. Виконували реєстрацію інструментів потрібних для проведення гвинта. Розріз виконували по серединній лінії вздовж остистих відростків, скелетували задні елементи хребців, обирали для маркування необхідний хребець, звільняли його від оточуючих м'яких тканин, на остистий відросток монтували антену та за допомогою спеціальної указки проводили просторове маркування цього хребця. Після реєстрації та переконавшись в правильному просторовому положенні хребця починали виконувати процедуру безпосередньої маніпуляції встановлення гвинтів (рис. 2.16).

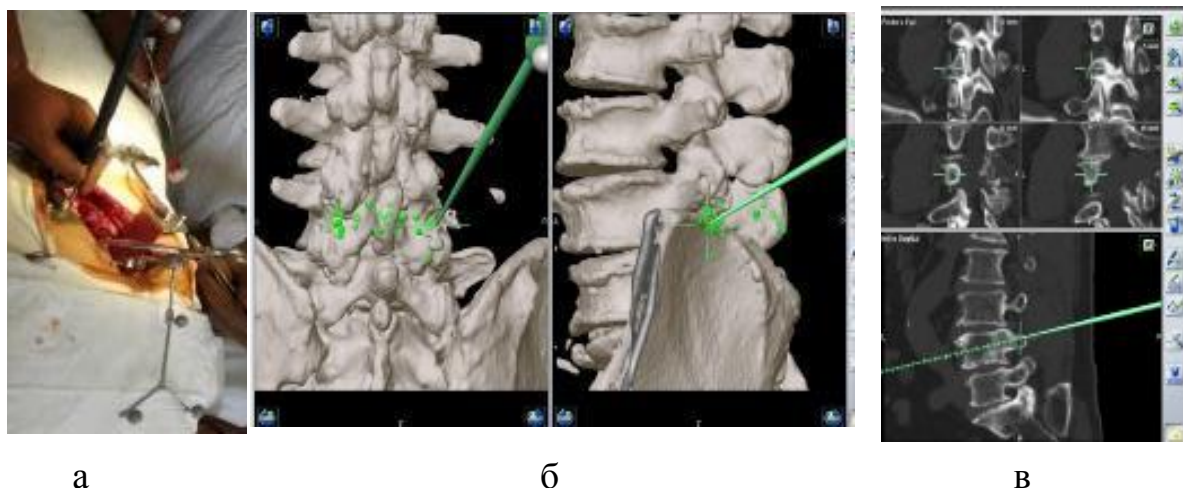


Рис. 2.16. Навігація та маркування хребців (а, б) та проведення гвинтів на моніторі (в)

За допомогою указки визначали місце проведення гвинта та його напрямок в аксіальній та сагітальній площинах. Пробійником визначали вхід розвертки. Її використовували для формування каналу через корінь дуги в тіло хребця. За допомогою мітчика нарізали різьбу відповідного діаметра необхідного гвинта. Всі перераховані маніпуляції виконували під чіткою візуалізацією на екрані навігаційної системи. Після установки всіх гвинтів виконували рентгенконтроль хребта в двох проекціях, після чого всі маніпуляції з навігаційною системою закінчували.

2.6.2 Техніка встановлення гвинтів за стандартною технікою «вільних рук»

На операційному столі положення хворого на животі з валиками під передні ості підздухвинних кісток. Розріз виконували за серединною лінією вздовж остистих відростків, скелетували задні елементи хребців, визначали місце введення гвинта та його напрямок за допомогою стандартних анатомічних орієнтирів. Пробійником визначали вхід розвертки. Розвертку використовували для формування каналу через корінь дуги в тіло хребця. За допомогою мітчика нарізали різьбу відповідного діаметра потрібного гвинта. Кожний крок спостерігали зондом для контролю кісткового каналу, що формується (медіальна стінка, латеральна, проксимальна, дистальна та дно

мають бути кістковими). Після встановлення гвинта виконували рентген-контроль хребта в двох проекціях з використанням флюороскопа.

2.6.3 Класифікація некоректного проведення гвинтів

Коректне топографічне розташування ТГ в хребцях оцінювали відповідно до класифікації Герцбина-Роббінса [188] (рис. 2.17). Розташування гвинта в межах коркового шару дужки хребця класифікували як ступінь А, якщо гвинт перфорував корковий шар в межах ≤ 2 мм — ступінь В, перфорація коркового шару в межах ≤ 4 мм — ступінь С і, нарешті, якщо гвинт перфорував корковий шар ≤ 6 мм розташування його класифікували як ступінь Е.

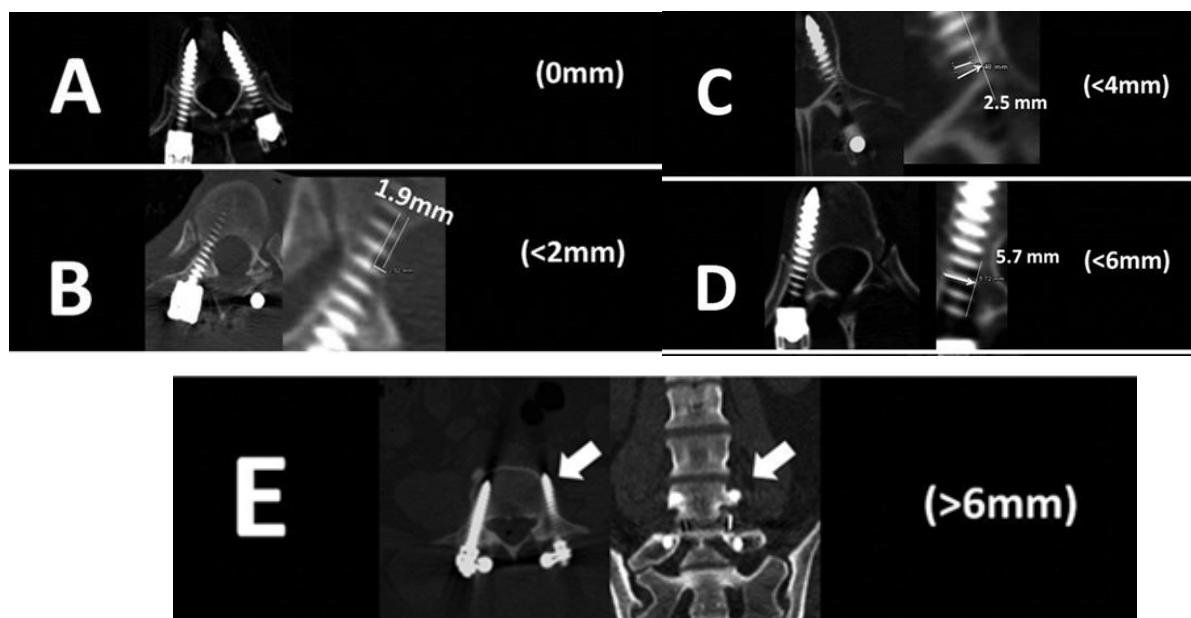


Рис. 2.17. Топографічне розташування транспедикулярних гвинтів в хребцях відповідно до класифікації Герцбина-Роббінса

2.7 Лабораторні дослідження біологічного матеріалу

На дев'ятому етапі роботи (розділ 10) було здійснено вивчення метаболічних особливостей у 46 осіб із дегенеративними захворюваннями, сколіотичними деформаціями та ушкодженнями хребта, яким після клінічного та лабораторного (загального клінічного, біохімічного та

імунологічного) обстеження проводили декомпресійно-стабілізуючи утручання з ТФ на ГВХ та ПВХ, в умовах відділення вертебрології Інституту, в тому числі, ретроспективно.

Порівняння проводили у чотирьох груп хворих, у яких в післяопераційному періоді спостерігалися ускладнення у наступному вигляді: перша група — запалення м'яких тканин навколо металоконструкції (10 хворих); друга група — нестабільність металоконструкції (5 хворих); третя група — хворі із післяопераційним розвитком гіперкоагуляційних станів (6 хворих) четверта група — хворі, в котрих одночасно розвивалися кілька видів ускладнень (5 хворих). Групою порівняння служили результати передопераційного обстеження 20 осіб, у яких післяопераційний період перебігав без вказаних ускладнень. Також проводили порівняння показників всіх чотирьох груп із контрольною групою, до якої входили 20 донорів (практично здорових людей).

Для кількісної характеристики діагностичної надійності лабораторного тесту був використаний критерій діагностичної чутливості (ДЧ). Він був обчислений як вірогідність того, що у хворого буде отриманий позитивний результат тесту. ДЧ оцінювали за долею (%) позитивних результатів аналізу у хворих з відповідним захворюванням за формулою 2.4 [189]:

$$ДЧ = \frac{ДП}{ДП + НН} \times 100 \% \quad (2.4),$$

де ДП — дійсно позитивні результати тесту;

НН — несправжньо-негативні результати тесту.

Із використанням значень ДЧ було розроблено алгоритмізовану схему, а також патернову схему для діагностики і прогнозування розвитку післяопераційних ускладнень у хворих із дегенеративними захворюваннями хребта та ТФ хребців ПВХ.

2.7.1 Гематологічні дослідження крові

В крові хворих на захворювання хребта було досліджено наступні показники: еритроцити, гемоглобін і загальні лейкоцити (Л) — за допомогою гематологічного аналізатору Mindray, лейкограму з визначенням паличкоядерних нейтрофілів (ПН), сегментоядерних нейтрофілів (СН), лімфоцитів (Лімф.), моноцитів (М), еозинофілів (Е), базофілів (Баз.), досліджували з використанням мікроскопу у мазках, зафарбованих за Романовським-Гімзою, швидкість осідання еритроцитів (ШОЕ) визначали за методом Вестергрена [189].

Також розраховували інтегральні гематологічні показники [190].

Лейкоцитарний індекс (ЛІ) = лімфоцити / сегментоядерні нейтрофіли (Відображає взаємозв'язок гуморальної та клітинної ланок імунної системи).

Індекс здвигу лейкоцитів (ІЗЛ) = (мієлоцити + метамієлоцити + паличкоядерні нейтрофіли + сегментоядерні нейтрофіли + еозинофіли + базофіли) / (лімфоцити + моноцити) (Підвищення даного індексу свідчить про активний запальний процес та порушення реактивності організму за гострого перебігу захворювання).

Лейкоцитарний індекс інтоксикації (ЛІІ) = (мієлоцити + метамієлоцити + паличкоядерні нейтрофіли + сегментоядерні нейтрофіли + плазматичні клітини) / (лімфоцити + моноцити + еозинофіли + базофіли) (Зростання цього індексу говорить про підвищення рівня ендогенної інтоксикації та активізації процесів тканинного розпаду).

Індекс лімфоцитарно-гранулоцитарний (ІЛГ) = (лімфоцити $\times$ 10) / (мієлоцити + метамієлоцити + паличкоядерні нейтрофіли + сегментоядерні нейтрофіли + еозинофіли + базофіли) (Дозволяє диференціювати аутоінтоксикацію та інтоксикацію внаслідок інфекційного процесу в організмі).

Індекс співвідношення нейтрофілів та лімфоцитів (ІСНЛ) = (мієлоцити + метамієлоцити + паличкоядерні нейтрофіли + сегментоядерні

нейтрофіли) / лімфоцити (Відображує співвідношення клітин неспецифічного та специфічного імунного захисту).

Індекс співвідношення лейкоцитів та ШОЕ (ІЛШОЕ) = (лейкоцити × ШОЕ) / 100 (За змінами даного показника можна судити про присутність інтоксикації, пов'язаної із інфекційним (зниження) або аутоімунним (підвищення) процесами).

Індекс співвідношення нейтрофілів та моноцитів (ІСНМ) = (мієлоцити + метамієлоцити + паличкоядерні нейтрофіли + сегментоядерні нейтрофіли) / моноцити (Відображає співвідношення компонентів мікрофагальної та макрофагальної систем).

Індекс співвідношення лімфоцитів та моноцитів (ІСЛМ) = лімфоцити / моноцити (Віддзеркалює співвідношення афекторної та ефекторної ланок реактивного процесу).

Індекс ядерного здвигу нейтрофілів (ІЯСН) = (мієлоцити + метамієлоцити + паличкоядерні нейтрофіли) / сегментоядерні нейтрофіли (Визначає співвідношення зрілих та незрілих форм нейтрофілів і ефективність неспецифічної імунної відповіді).

Індекс співвідношення лімфоцитів та еозинофілів (ІСЛЕ) = лімфоцити / еозинофіли (Підвищення цього індексу визначає переважання негайного або уповільненого типу гіперчутливості) [190].

2.7.2 Біохімічні маркери крові

Під час лабораторного обстеження хворих із захворюваннями хребта у сироватці крові було визначено наступні біохімічні маркери: вміст загального білку (ЗБ), загального білірубіну (Б), глюкози (Г), сечовини (С), креатиніну (К), загального холестеролу (ХОЛ), ліпопротеїнів низької щільності (ЛПНЩ) — згідно сучасних наборів до реагентів, сечової кислоти з фосфорно-вольфрамовим реактивом, сілових кислот (СК) за методом Несс, фосфору неорганічного (Р) — за методом Фіске-Субароу, загального кальцію (Са) — на аналізаторі електролітів АЕК-01, проведено постановку проби

Вельтмана (ПВ) — модифікованим методом. Активність маркерних ферментів (аланінамінотрансферази (АЛТ), аспартатамінотрансферази (АСТ), лужної фосфатази (ЛФ), кислої фосфатази (КФ), визначали кінетичними методами за інструкціями до наборів. Тимолову пробу (ТП) проводили за методом R. E. Shank & C. W. Hoagland. Гаптоглобін (ГГ) досліджували гемоглобіновим методом [189].

Вміст СРБ визначали напівкількісним методом за допомогою латекс-тесту із ступенями визначення 6 мг/л, 12 мг/л, 24 мг/л та 48 мг/л. При цьому якщо вміст СРБ у сироватці крові хворих не перевищував 6 мг/л, вважали, що в середньому він дорівнював середині інтервалу від 0 мг/л до 6 мг/л, а саме 3 мг/л, якщо він був понад 6 мг/л, але менше за 12 мг/л, що в середньому він дорівнював 9 мг/л, понад 12 мг/л, але менше за 24 мг/л — в середньому відповідав 18 мг/л, якщо був понад 24 мг/л, але менше 48 мг/л умовно прирівнювали до 36 мг/л і якщо перевищував 48 мг/л — умовно вважали рівним за 72 мг/л.

Вміст загальних хондроїтинсульфатів (ХСТ) досліджували за реакцією з риванолом методом Nemeth-Csoka у модифікації Л.І. Слущкого, загальних глікопротеїнів — модифікованим методом О.П. Штенберга та Я.Н. Доценко [191].

Додатково проводили розрахунок співвідношення активності лужної та кислої фосфатаз (ЛФ/КФ) у сироватці крові, яке показує превалювання анаболічних (при підвищенні) або катаболічних процесів (при зниженні) у кістковій тканині, а також свідчить про активацію початкових стадій мінералізації нової кісткової тканини. Розраховували ступень мінералізації (відношення вмісту Са (для цього перераховано одиниці вимірювання ммоль/л в г/л) до вмісту білку) (СМ), що відображає активність заповнення кісткової тканини Са на пізніших стадіях процесу мінералізації, зокрема, новозбудованої кістки. Розраховували співвідношення між вмістом у сироватці крові Са та Р, яке характеризує схильність до розвитку остеопорозу.

2.7.3 Імунологічні маркери крові

Дослідження рівня циркулюючих імунних комплексів (ЦІК) у сироватці крові визначали осадженням у 3,5 % розчині поліетиленгліколю (6000 Да) на спектрофотометрі СФ–46. Вивчення спонтанної міграції лімфоцитів (LIF) і рівень міграції лімфоцитів із антитілами на кістковий антиген (РІМЛ КА), хрящовий антиген (РІМЛ ХА) та антиген синовіальної оболонки (РІМЛ СО) проводили, згідно з капілярним методом [192].

2.7.4 Показники системи гемостазу крові

Вміст фібриногену, протромбіновий час, активований частковий тромбoplastиновий час (АЧТЧ), розчинні фібрин-мономерні комплекси (РФМК), фібринолітичну активність у плазмі крові хворих на захворювання хребта визначали з використанням наборів готових реагентів [193–195].

2.8 Статистична обробка результатів досліджень

Статистичну обробку отриманих результатів проводили за параметричним напрямком, оскільки, головним чином, використовували значну кількість спостережень. Отримані числові показники було статистично оброблено за Фішером-Стьюдентом із використанням програмного забезпечення MS Windows, № ліцензійного пакету 439108-251 із визначенням середньої арифметичної та середньоквадратичного відхилення ($M \pm m$), після цього було проведено аналіз рядів на нормальність за методом Колмогорова-Смирнова та наявність статистичної достовірності різниці між порівнювальними середніми значеннями показників порівнюваних рядів. При $p < 0,05$ різницю вважали достовірною [196].

При виконанні рентгенометричних досліджень отримані показники оброблені статистично з визначенням середнього значення та стандартного відхилення ($M \pm SD$) та меж діапазону розкиду ($\min - \max$). З огляду на наявність множинних повторних вимірювань у трьох анатомічних зонах і

чотирьох часових періодах, для статистичної обробки було використано GLM (Generalized Linear Model) з повторними вимірюваннями індексів. GLM становить собою бібліотеку комп'ютерної мови C++, призначену для використання в графічних програмах, що розроблена для роботи з Open Graphic Library (відкритою графічною бібліотекою).

Це дозволило оцінити як динаміку змін, так і вплив анатомічного рівня фіксації. Достатність обсягу вибірки оцінювали ретроспективно на основі **ефекту часу (Partial Eta Squared)** у моделі GLM з повторними вимірюваннями. Виявлений великий ефект ($\eta^2 > 0,14$) дає підстави вважати, що обсяг вибірки $n = 21$ є достатнім для достовірного виявлення динамічних змін досліджуваних показників. Аналіз даних за GLM проводили в пакеті IBM SPSS Statistics 26.0.

Оцінку відповідності нормальним значенням індексів проводили методом ранжування отриманих даних — нижче норми, інтервал норми, вище норми з оцінкою частотним аналізом за кожним рівнем, що досліджували. Графічний аналіз розподілу індивідуальних показників проводили в пакеті R. Діаграми визначали середнє значення вибірки, стандартне відхилення, розподіл індивідуальних показників та межу норми, відповідно до індексу [196].

РОЗДІЛ 3

АНАЛІЗ РЕВІЗІЙНИХ ХІРУРГІЧНИХ УТРУЧАНЬ НА ГРУДНОМУ ТА ПОПЕРЕКОВОМУ ВІДДІЛАХ ХРЕБТА

Хірургічні втручання на ГВХ та ПВХ є важливими методами лікування широкого спектра патологій, таких, як дегенеративні захворювання хребта, травматичні ушкодження, пухлини, сколіоз та інші деформації. Хірургічні втручання, що включають декомпресію та стабілізацію хребта, спрямовані на полегшення болю, відновлення функції хребта та покращення якості життя хворих. Незважаючи на значний прогрес в хірургії хребта, такі операції пов'язані з певними ризиками ускладнень, що можуть суттєво вплинути на результати лікування [197]. Деякі з цих ускладнень, такі, як проблеми з імплантатами, захворювання суміжного сегмента, псевдоартроз, чи інфекції, можуть вимагати повторних хірургічних втручань, що підвищує фізичне, так і психологічне навантаження на хворого [198–200].

Основні ускладнення після операцій на ГВХ та ПВХ можна поділити на кілька категорій: загальні хірургічні (інфекції, кровотечі, тромбоемболії), неврологічні (синдром кінського хвоста), ортопедичні (нестабільність, проблеми з імплантатами, псевдоартроз,) та специфічні для ГВХ та ПВХ (наприклад, пульмональні ускладнення для ГВХ чи розриви твердої мозкової оболонки для ПВХ) [198]. Особливо серйозними є ускладнення, що призводять до реоперацій, такі, як некоректне проведення гвинтів, зміщення або поломка імплантатів, невдале зрощення кісток (псевдоартроз), рецидив грижі, захворювання суміжного сегмента та глибокі інфекції. Частота ускладнень варіюється залежно від типу операції, рівня хребта, техніки виконання та індивідуальних факторів ризику, таких як куріння, ожиріння, остеопороз, діабет чи літній вік. За даними досліджень, ризик псевдоартрозу становить від 5 % до 20 %, а рецидиву грижі диска після дискектомії — від 5 % до 10 % [201].

Фактори ризику ускладнень включають як особливості хворого (супутні захворювання, спосіб життя), так і операційні аспекти (тривалість втручання, кількість оперованих сегментів, досвід хірурга). Для грудного відділу додатковими ризиками є пошкодження великих судин або легень через анатомічні особливості, тоді як у поперековому відділі частіше виникають проблеми, пов'язані з рубцевими змінами чи ушкодженнями нервових структур. Профілактика ускладнень базується на ретельній передопераційній підготовці, використанні сучасних технологій (наприклад, інтраопераційної навігації та нейромоніторингу), антибіотикопрофілактиці, а також якісній післяопераційній реабілітації, що включає ранню мобілізацію та фізіотерапію.

Ускладнення є головним питанням хворих та хірургів при розгляді операцій на хребті. Загальна частота ускладнень або побічних явищ при операціях на хребті невідома. Було проведено як проспективні, так і ретроспективні аналізи, але отримані результати не були критично оцінені. Існують чимало досліджень, присвячених хірургічним втручанням на різних відділах хребта (грудному та поперековому відділах) та частоті ускладнень для кожного з них, але вони є не зовсім систематизовані, відокремлені захворюваннями та неспівставні. Автори доповідей стверджують, що хворі, які перенесли будь-які хірургічні спинальні процедури, страждають на несприятливі події або ускладнення в межах від 10 % до 20 % [202, 203].

Проаналізовано кількість ускладнень після ТФ хребта у хворих, які проходили лікування з 2004 по 2018 роки (табл. 3.1).

За даними аналізу, було визначено, що найбільш частими причинами для повторних хірургічних втручань були ускладнення, пов'язані безпосередньо з ТК (злам гвинтів, стрижнів, нестабільність конструкції, некоректне розташування гвинтів у хребці) — у 143 хворих (53,4 % від кількості ускладнень), що склало 19,1 % випадків від загальної кількості операцій. Другою за значущістю був залишковий біль у ПВХ (“failed back” синдром) після первинно виконаної інструментації хребта у 64 (23,9 %)

хворих, та 8,6 % від загальної кількості проаналізованих втручань. На третьому місці були хворі з інфекційним запаленням післяопераційної рани 32 (11,9 %) та захворюванням суміжного сегмента 16 (6,0 %).

Таблиця 3.1

Аналіз видів ускладнень та їх розповсюдженість
від загальної кількості операцій (n=747)

Види ускладнень	Кількість ускладнень	% від кількості ускладнень	% від загальної кількості операцій
Нестабільність, некоректне розташування або злам гвинтів та/або стрижнів конструкції	143	53,4	19,1
Залишковий біль у поперековому відділі хребта («failld back» синдром)	64	23,9	8,6
Інфекційне запалення післяопераційної рани у ранній або пізній термін	32	11,9	4,3
Захворювання суміжного сегменту	16	6,0	2,1
Ушкодження дуральної оболонки з наступною ліквореєю	8	3,0	1,1
Рубцевий стеноз	5	1,9	0,6
Всього	268	100	35,8

Однак останні, як і інші ускладнення (ушкодження дуральної оболонки з наступною ліквореєю, рубцевий стеноз), не перевищували 5 % від загальної кількості операцій. Але ці ускладнення за кількісною характеристикою є значними та важливими. Кількість ревізійних втручань знижувалась з роками: якщо на початку становлення розвитку ТК у 2004 році було виконано 5 ревізій, то після 2012 року кількість ускладнень, які вимагали ревізійного втручання знизилася до 10 і менше (рис. 3.1).

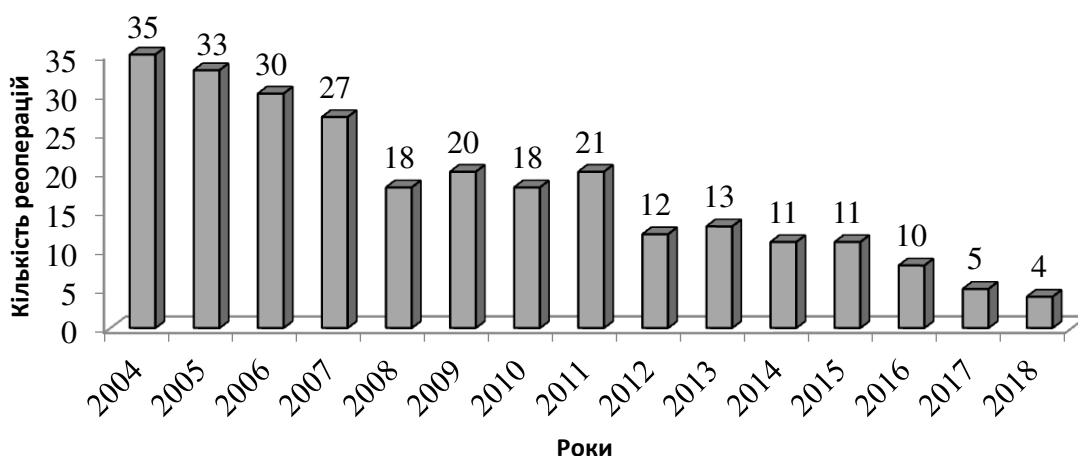


Рис. 3.1. Діаграма розподілу ревізійних операцій по роках

Рентгенологічний аналіз ревізійних хірургічних втручань показав, що основними ускладненнями були нестабільність та злам стрижнів, нестабільність та злам ТГ, нестабільність всіх компонентів конструкції і нарешті некоректне проведення гвинтів по відношенню до хребтового каналу. Розподіл цих ускладнень представлено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Рентгенологічний аналіз ревізійних хірургічних втручань за ускладненнями, пов'язаних з конструкцією від загальної кількості операцій

Причина	Дегенеративні (n=465)	Спондилолітез (n=103)	Травма (n=125)	Деформації (n=54)	χ^2 , p
Нестабільність та злам стрижня	9 1,94 %	3 2,91 %	4 3,20 %	4 7,41 %	$\chi^2=4.56$ p=0,206
Нестабільність, злам гвинтів	32 6,88 %	14 13,59 %	8 6,40 %	7 12,96 %	$\chi^2=4,453$ p=0,216
Некоректне розташування гвинта	22 4,73 %	6 5,82 %	4 3,20 %	5 9,26 %	$\chi^2 = 3,453$ p= 0,326
Нестабільність стрижня і гвинта	6 1,29 %	4 3,88 %	5 4,00 %	10 18,52 %	$\chi^2 =26,583$ p<0,001
Всього	69 14,84 %	27 26,21 %	21 16,8 %	26 48,15 %	$\chi^2 =26.372$ p<0,001

За даними статистичного аналізу, було визначено, що найбільша кількість ускладнень спостерігається після ТФ з приводу хірургічного

лікування деформацій хребта — 26 (48,15 %), що статистично значущо ($p < 0,001$), ніж при інших захворюваннях. Частіше ревізійні втручання при даній патології були викликані проблемами з нестабільністю і зломом гвинтів 7 (12,96 %) та неправильним їх проведенням — 5 (9,26 %), більш того у цих хворих статистично значущо ($p < 0,001$) частіше (10 (18,52 %)) спостерігали комбіновані проблеми з конструкцією, тобто одночасно стрижня і гвинтів, а також нестабільність і перелом стрижня у 4 (7,41 %) випадках, хоча різниця не досягла статистичної значущості ($p = 0,206$).

Другою за частотою ускладнень було у хворих зі спондилолістезом — 27 (26,21 %), при якому спостерігали проблеми з ТГ — 20 (19,41 %), враховуючи їх нестабільність — 14 (13,59 %) і некоректне розташування ТГ — 6 (5,82 %).

Узагальнюючи аналіз ускладнень, можна казати, що на долю проблем з ТГ припадає 98 (13,12 %) всіх ревізій, що статистично значущо ($\chi^2 = 79,986$, $p < 0,001$) більше, ніж з інших причин — нестабільність і перелом стрижня — 20 (2,68 %), комбінованих (нестабільність стрижня і гвинта) — 25 (3,35 %).

Ускладнення, пов'язані з ТК, частіше спостерігали при багаторівневій стабілізації — 112 (24,62 %) на відміну від стабілізації на одному рівні — 31 (10,62 %) (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Рентгенологічний аналіз нестабільності імплантатів
в залежності від рівнів фіксації

Причина	Кількість (n=747)	Рівні фіксації	
		Моно (n=292)	Полі (n=455)
Нестабільність та злам стрижня	20 (2,67 %)	4 (1,37 %)	16 (3,52 %)
Нестабільність і злам гвинта	61 (8,16 %)	16 (5,48 %)	45 (9,89 %)
Некоректне розташування гвинта	37 (4,95 %)	11 (3,77 %)	26 (5,71 %)
Нестабільність стрижня і гвинта	25 (3,34 %)	—	25 (5,49 %)
Всього	143 (19,14 %)	31 (10,62 %)	112 (24,62 %)

В обох видах стабілізації частіше за інше спостерігали проблеми, пов'язані з гвинтами. За даними статистичного аналізу виявлено значущу ($\chi^2 = 216,37$, $p < 0,001$) різницю за розподілом ускладнень між моно- та багаторівневою ТФ. Основними показами для проведення ревізії у хворих було наявність клінічних проявів (табл. 3.4), включаючи важкі незворотні неврологічні ускладнення, у всіх 37 (4,95 %) хворих. Серед них у 26 (3,48 %) хворих некоректне розташування гвинтів було підтверджено за даними КТ [204, 205]. Наводимо клінічні приклади ускладнень які було виявлено під час дослідження (рис. 3.2–3.11).

Таблиця 3.4

Показання для ревізійних втручань у хворих
з некоректним розташуванням гвинтів

Показання для ревізійних втручань	Кількість хворих
Всього хворих з некоректним розташуванням гвинтів	37 (4,95 %)
Некоректне розташування гвинтів виявлено за комп'ютерною томографією	26 (3,48 %)
Післяопераційна радикулопатія	30 (4,02 %)
Наявність парезу після операції	6 (0,9 %)
Пошкодження твердої мозкової оболонки	1 (0,15 %)



Рис. 3.2. Рентгенограми хворих із різними варіантами некоректного проведення транспедикулярних гвинтів



Рис. 3.3. Рентгенограми хворих із різними варіантами нестабільності стрижнів

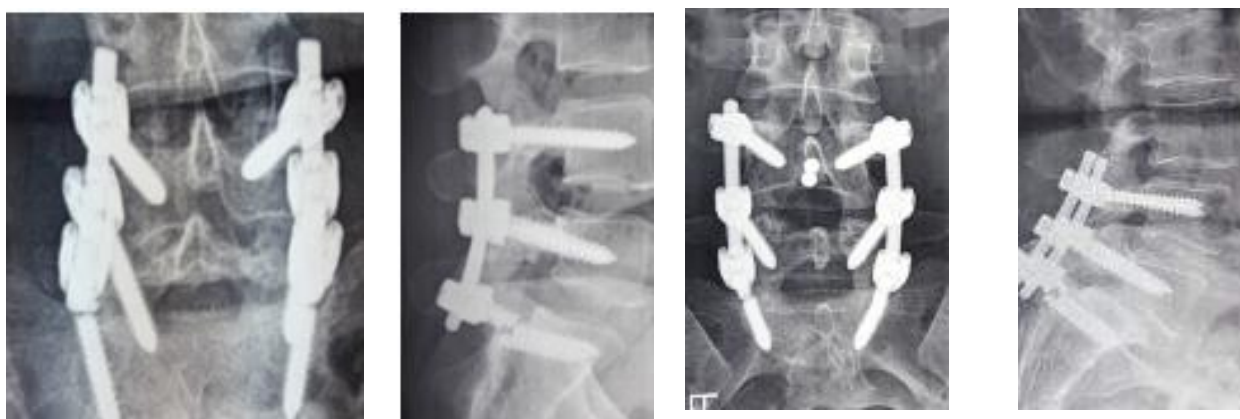


Рис. 3.4. Рентгенограми хворих із різними варіантами зламу транспедикулярних гвинтів

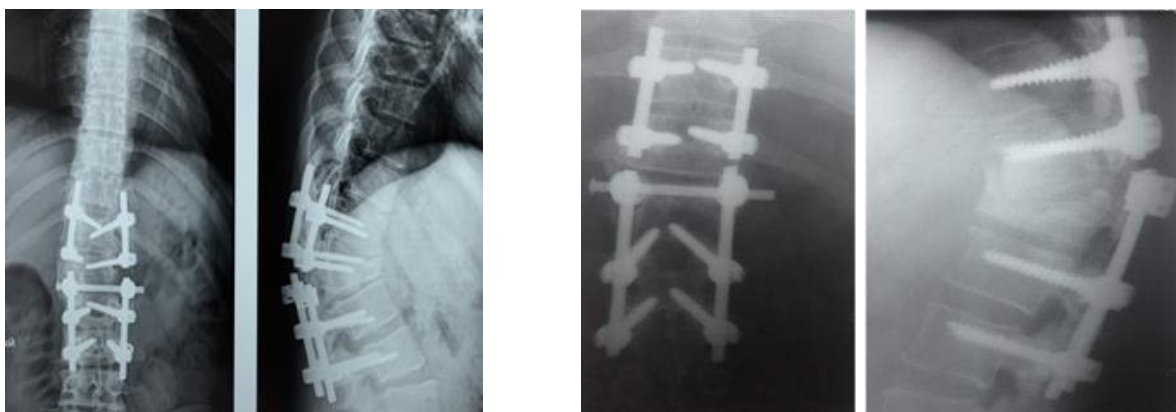


Рис. 3.5. Рентгенограми хворих із різними варіантами зламу стрижнів



Рис. 3.6. Рентгенограми хворих із різними варіантами нестабільності гвинтів



Рис. 3.7. Рентгенограми хворих із різними варіантами невірно обраного рівня фіксації



Рис. 3.8. Рентгенограми хворих із захворюванням суміжного хребтового сегмента



Рис. 3.9. Рентгенограми хворих із спондилітом нижче рівня фіксації хребта

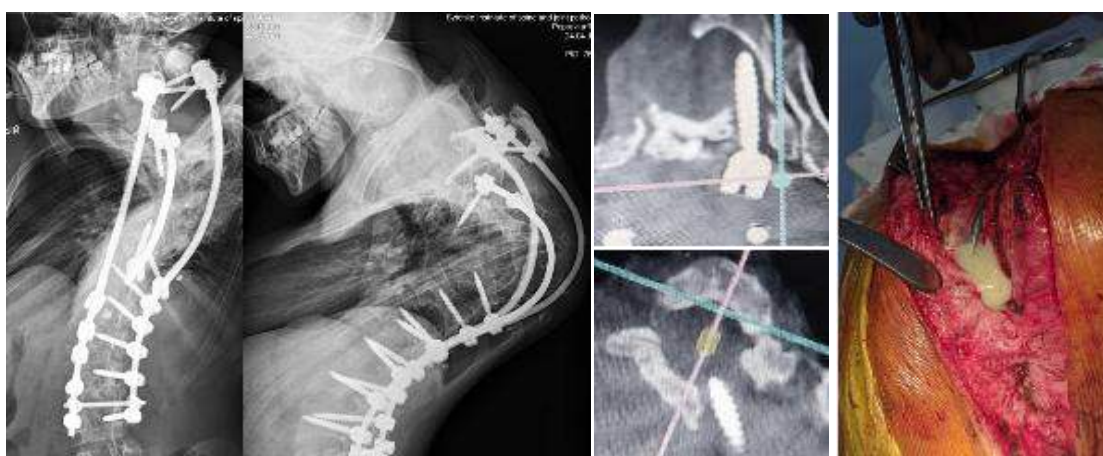


Рис. 3.10. Рентгенограми КТ та зовнішній вид операційної рани хворих із нестабільністю та некоректним проведення гвинтів, глибоке нагноєння

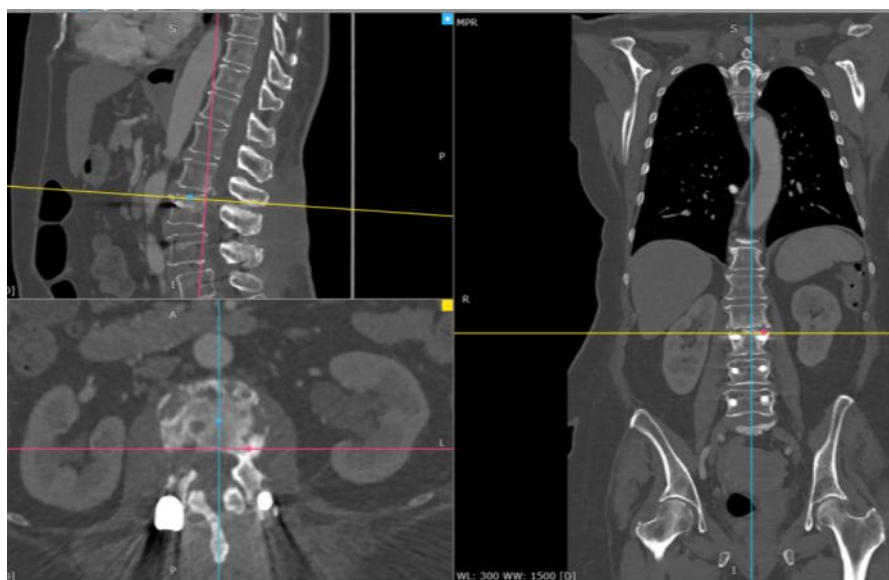


Рис. 3.11. Рентгенограми хворих із дисцитом вище рівня фіксації хребта

Аналізуючи отримані ускладнення, можна сказати, що вони мають доволі широкий спектр причин їх виникнення. В багатьох випадках, де виконували ревізійні втручання відзначалась відсутність спондилодезного блоку, який саме і є основною метою при виконанні ТФ хребта, а також є гарантом отримання гарного результату хірургічного лікування. На початку становлення використання ТГ було відзначено використання неякісних імплантатів, а також мали місце неправильна технологія їх постановки та неправильно підібраний розмір гвинтів, що негативно вплинуло на кінцевий результат. Ретельне клініко-лабораторне передопераційне обстеження хворого, ретельно зібраний анамнез захворювання також є основою правильно вибраної тактики хірургічного лікування, однак, нажаль, подане дослідження показало, що в деяких випадках було недостатнє обстеження, а це може призводити або до неправильного діагнозу, або до ненадання уваги специфічним лабораторним біохімічним маркерам, а наприкінці — неправильно обраного обсягу хірургічного лікування. Також важливим є розуміння сагітального балансу хребту, бо якщо зневажати його показниками можна отримати незадовільний, а в багатьох випадках незворотній кінцевий результат. Цей фактор ми також визначили в нашому дослідженні. Часто при

використанні протяжної фіксації хребта, особливо це стосується будь-яких деформацій хребта, можуть виникати ускладнення, пов'язані з конструкцією, приклади чого наведені у дослідженні.

За результатами проведеного дослідження загальний рівень ускладнень після ТФ, які призвели до ревізійних втручань, становив 19,1 %. Найбільш поширеними були ускладнення, пов'язані з нестабільністю та зламом гвинтів (8,16) % або з їх некоректним розташуванням (4,95 %).

За даними літератури, проблеми з імплантатами, включаючи некоректне розташування гвинтів, виникають у від 2 % до 10 % випадків після спондилодезу, особливо на рівнях L_v-S_I [206].

Як зазначає S. Kato (2020) [199], точність розміщення ТГ становить 99 % при використанні інтраопераційної навігації, але без неї ризик некоректного їх розташування зростає до величини від 5 % до 15 %, залежно від досвіду хірурга та складності операції. Нестабільність хребта частіше виникає при протяжній фіксації хребта або після декомпресії без адекватної стабілізації (частота не вказана точно, але вважається значною причиною повторних операцій). Залишковий біль у ПБХ (FBSS), що зберігається або посилюється після операції через неадекватну декомпресію, рубцеві зміни, псевдоартроз, дегенерацію суміжного сегмента чи неправильну діагностику первинної причини болю, за даними літератури, частота FBSS варіюється від 10 % до 40 % залежно від типу операції (дискектомія, ламінектомія, спондилодез) та критеріїв оцінки [198]. В представленому дослідженні ускладнення, пов'язані із залишковим болем, сумарно становили 18,6 % і не були аналізовані стосовно типу операції та причин, які призвели до операції.

Інфекційні запалення в поданому дослідженні було діагностовано у 4,3 % хворих, їх не розділяли на поверхневі чи глибокі, а також при складності хірургічного втручання і часу їх виникнення. За даними літератури, частота інфекцій після операцій на хребті становить менше 1 % для поверхневих і глибоких інфекцій, але ризик зростає від 2 % до 5 % при використанні імплантатів. С. С. Куо та співавт. (2023) зазначають, що глибокі

інфекції є причиною для ревізії стають від 1 % до 2 % випадків, особливо при ТФ, пізні інфекції рідкісніші, але можуть досягати від 2 % до 3 % при тривалому спостереженні за імплантатами [198].

Захворювання суміжного сегмента, за отриманими в проведеному дослідженні даними, становили 2,1 % від загального числа хірургічних втручань, хоча літературні дані визначають рівень від 5 % до 15 % протягом 5 років після операції, з вищим ризиком у поперековому відділі (особливо $L_{IV}-L_V$, L_V-S_I) [198, 207], що потребує подальших досліджень в цьому напрямку, для визначення причин їх розвитку та на яких рівнях вони частіше виникають після проведення ТФ.

Дані щодо поширення ускладнень після операцій на ГВХ та ПВХ, включаючи вказані нами ускладнення, ґрунтуються на медичній літературі, зокрема клінічних дослідженнях, мета-аналізах та оглядах. Нижче наведено інформацію про частоту та особливості кожного з названих ускладнень, з посиланнями на джерела, які містять відповідні дані. Хоча точні статистичні дані щодо частоти в літературі відсутні, можливо вказати приблизні оцінки або діапазони, базуючись на доступних джерелах. Ушкодження дуральної оболонки з наступною ліквореєю в представленому дослідженні становили 1,1 %, рубцевий стеноз — 0,6 %, тоді, як, за даними літератури, доля цих ускладнень становить від 3 % до 7 % дуральних розривів при операціях на поперековому відділі, лікворея трапляється у від 1 % до 2 % випадків [207]. Частота рубцевого стенозу за даними літератури, як причина ревізійних операцій знаходиться у інтервалі від 5 % до 10 % після декомпресійних втручань, особливо при значній травматизації та багаторівневій фіксації.

Резюме

Ретроспективний аналіз ревізійних хірургічних втручань показав, що ускладнення мають доволі широкий спектр причин їх виникнення. Найбільш частими причинами для повторних втручань були ускладнення, пов'язані з ТК (некоректне проведення гвинтів, злам гвинтів, стрижнів, нестабільність гвинтів та стрижнів), залишковий біль у ПВХ після проведеного хірургічного

втручання, інфекційне запалення післяопераційної рани у ранньому або пізньому періоді та захворювання суміжного до зони фіксації сегмента. Найбільш притаманні ускладнення з ТФ були у хворих з полісегментарною фіксацією. Всім хворим з рентгенологічно підтвердженим некоректним розташуванням гвинтів та клінічними проявом, включаючи неврологічні ускладнення, було проведено ревізійні хірургічні втручання. В деяких випадках обсяг лабораторного обстеження був недостатнім, що не сприяло якісній діагностиці основного захворювання та особливостей метаболізму сполучної тканини у окремого хворого, що призводило до запальних ускладнень післяопераційної рани.

В результаті ретроспективного аналізу ревізійних хірургічних утручань визначено найбільш вагомі ускладнення пов'язаних з ТФ, що дає підґрунтя для цілеспрямованих досліджень для більш ретельного визначення причин їх виникнення та розробки діагностичних та профілактичних заходів для зменшення цих ускладнень.

За матеріалами даного розділу опублікована наступні роботи:

[197] Kolesnychenko, V. A., Barkov, O. O., Bolkhovytyn, P. V., Bondarenko, S. Ye., Burlaka, V. V., Garbuznyak, I. M., Golka, T. G., Golovyna, Ya. O., Kosteryn, S. B., Mezentsev, V. O., Petrenko, D. Ye., Pidgayska, O. O., Popsuishapka, K. O., Skidanov, A. G. & Fedotova, I. F. (2015). *Orthopedic handbook*. Ed. M. O. Korzha, V. O. Radchenko (2nd ed.). Kyiv: "Health of Ukraine" Library. ISBN 978-617-7100-18-7.

[204] Барков О. О. & Карпінська, О. Д. (2025). Аналіз ревізійних хірургічних втручань грудного та поперекового відділів хребта після транспедикулярної фіксації хребта. *Травма*, 26(3), 189-196. DOI: <https://doi.org/10.22141/1608-1706.3.26.2025.1019>

[205] Радченко, В. О. & Барков, О. О. (2019). Помилки та ускладнення транспедикулярної фіксації в хірургії грудного та поперекового відділів хребта. *Збірник наукових праць XVIII з'їзду ортопедів-травматологів*, (9-11 жовтня, с.127-128). Івано-Франківськ.

РОЗДІЛ 4

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПОПЕРЕКОВОГО ВІДДІЛУ ХРЕБТА У РАЗІ ЗАСТОСУВАННЯ ТРАНСПЕДИКУЛЯРНОЇ ФІКСАЦІЇ

4.1 Особливості використання скінчено-елементних моделей для дослідження напружено-деформованого стану поперекового відділу хребта у разі застосування транспедикулярної фіксації

Для успішної корекції деформації або стабілізації хребта необхідні теоретичні знання щодо розподілу навантажень на кісткову та хрящову тканини передніх і задніх опорних структур ХРС, а також на стрижні та ТГ за різних варіантів сагітального контуру хребта. В даному розділі наведено результати вивчення НДС поперекового відділу хребта при фіксації ТК. У роботі було побудовано моделі для 4 розрахункових груп (табл. 4.1), кожна з яких складалася з 11 розрахункових схем, що описували відповідний стан ПВХ. Побудовані моделі включали в себе хребці L_I-L_V та S (крижа), МХД та хрящі дуговідросткових суглобів, а також модель була доповнена додатковим елементом. Цей елемент був побудованим для коректної передачі навантаження. Під час побудови моделі хребців було враховано структурний поділ на кортикальну та губчасту тканину.

Кожна розрахункова група налічувала 11 розрахункових схем, які описували різноманітний стан ПВХ, а саме інтактне, «патологічний» та із застосуванням як моно- так і полісегментарної ТФ (табл. 4.1). Патологічний стан та стан із застосуванням ТФ (фіксація сегментів L_V-S_I , $L_{IV}-S_I$, $L_{III}-S_I$, $L_{II}-S_I$, L_I-S_I) описували для різних сегментів ПВХ. Відмінності між розрахунковими схемами полягали у кутових величинах сегментарного і тотального поперекового лордозу [208]. Розрахункові групи 1 та 2 описували моделі ПВХ згідно з даними, отриманими фахівцями [209–211]. Вони мали нормальні величини сегментарного і тотального поперекового лордозу, причому групі 1 відповідав інтактний (нормальний) стан хребта, групі 2 —

ушкоджений. Групи 3 і 4 описували патологічні зміни сегментарного і тотального поперекового лордозу у бік зменшення (гіполордоз) та збільшення (гіперлордоз), відповідно. На рис. 4.1. представлені геометричні моделі 4-х розрахункових груп, які описують інтактний стан ПВХ (розрахункові схеми 1.1, 2.1, 3.1, 4.1) (рис. 4.1). 1-ша та 2-га моделі є порівняльними (з нормальними величинами поперекового лордозу) для 3-ї (гіполордоз) та 4-ї (гіперлордоз) моделей. На прикладі сегментів рівнів від L_I до S_I представлена геометрична модель в різних видах, (рис. 4.2), а також моделі 1.7–1.10 розрахункових схем (рис. 4.3).

Таблиця 4.1

Опис розрахункових схем

Опис	№ розрахункової схеми			
	група 1	група 2	група 3	група 4
Інтактний стан	1.1	2.1	3.1	4.1
«Патологічний» міжхребцевий диск L_V-S_I	1.2	2.2	3.2	4.2
«Патологічні» міжхребцеві диски $L_{IV}-S_I$	1.3	2.3	3.3	4.3
«Патологічні» міжхребцеві диски $L_{III}-S_I$	1.4	2.4	3.4	4.4
«Патологічні» міжхребцеві диски $L_{II}-S_I$	1.5	2.5	3.5	4.5
«Патологічні» міжхребцеві диски L_I-S_I	1.6	2.6	3.6	4.6
«Патологічний» міжхребцевий диск + транспедикулярна фіксація L_V-S_I	1.7	2.7	3.7	4.7
«Патологічні» міжхребцеві диски + транспедикулярна фіксація $L_{IV}-S_I$	1.8	2.8	3.8	4.8
«Патологічні» міжхребцеві диски + транспедикулярна фіксація $L_{III}-S_I$	1.9	2.9	3.9	4.9
«патологічні» міжхребцеві диски + транспедикулярна фіксація $L_{II}-S_I$	1.10	2.10	3.10	4.10
«Патологічні» міжхребцеві диски + транспедикулярна фіксація L_I-S_I	1.11	2.11	3.11	4.11

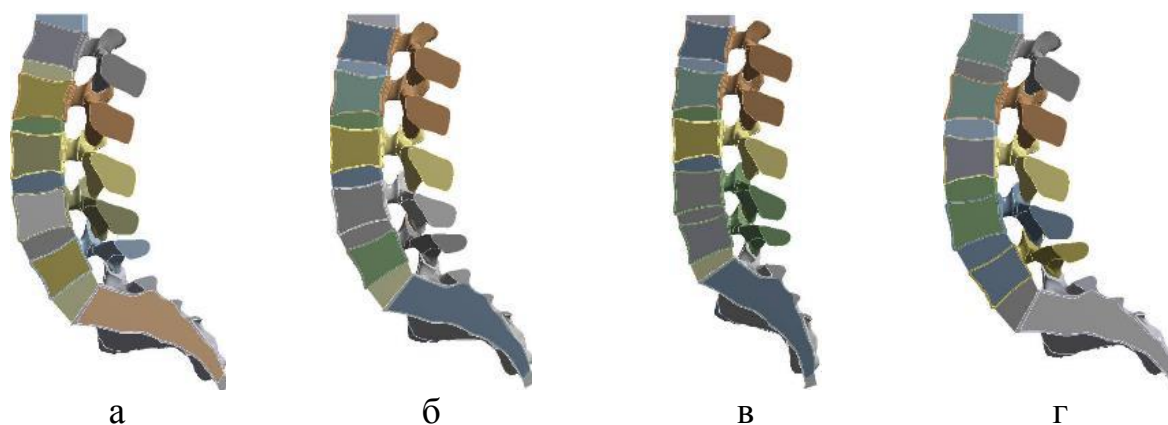


Рис. 4.1. Геометричні моделі: а) 1-ша розрахункова група (розрахункова схема 1.1); б) 2-га розрахункова група (розрахункова схема 2.1); в) 3-тя розрахункова група (розрахункова схема 3.1); г) 4-та розрахункова група (розрахункова схема 4.1)

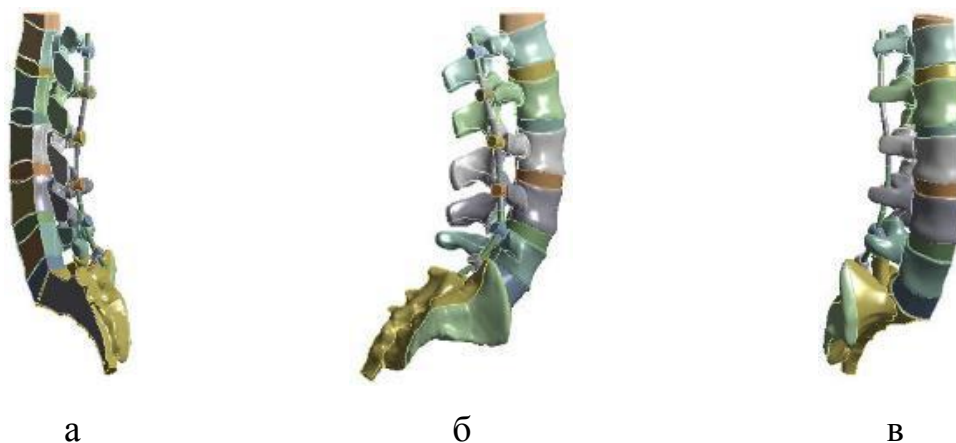


Рис. 4.2. Розрахункова система 1.11: а) вид 1; б) вид 2; в) вид 3

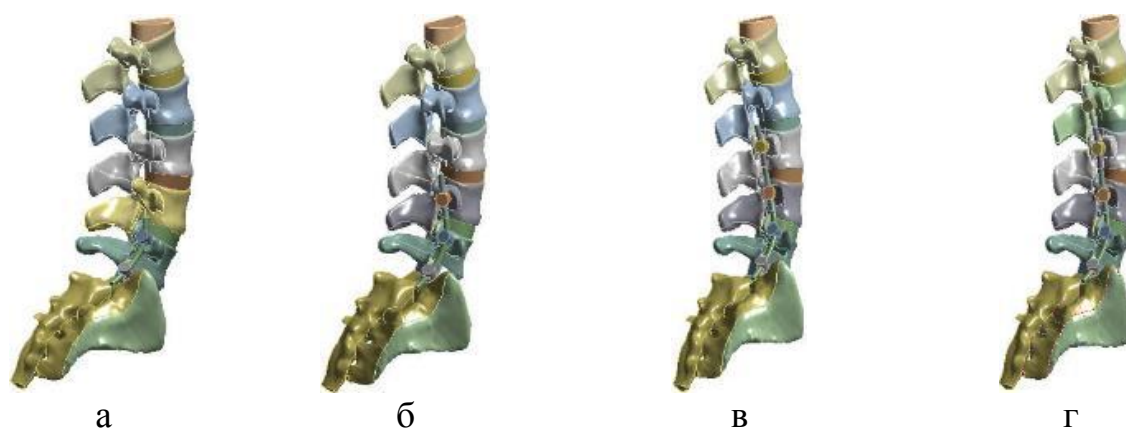


Рис. 4.3. Геометричні моделі розрахункових схем: а) розрахункова схема 1.7 (фіксація L_V-S_I); б) розрахункова схема 1.8 (фіксація $L_{IV}-S_I$); в) розрахункова схема 1.9 (фіксація $L_{III}-S_I$); г) розрахункова схема 1.10 (фіксація $L_{II}-S_I$)

Величини сегментарного і повного поперекового лордозу для всіх розрахункових груп наведені у табл. 4.2 [212].

Таблиця 4.2

Величини сегментарного і тотального поперекового лордозу (град°)

Сегмент хребта	1-ша розрахункова група	2-га розрахункова група	3-тя розрахункова група	4-та розрахункова група
L _I –L _{II}	4°	1,5°	1,2°	6,4°
L _{II} –L _{III}	7°	7°	4,4°	9,9°
L _{III} –L _{IV}	13°	11,3°	4°	16°
L _{IV} –L _V	20°	16,5°	14,5°	21,1°
L _V –S _I	28°	24,6°	19,2°	27,4°
L _I –S _I	72°	60,9°	43,3°	80,8°

У рамках цього дослідження були взяті до уваги фізико-механічні властивості кортикальної та губчастої кісток, хряща дуговідросткових суглобів, МХД та «пошкодженого» МХД (табл. 4.3) [209–211, 213–215].

Таблиця 4.3

Фізико-механічні характеристики матеріалів

Матеріал	Модуль Юнга E, (МПа)	Коефіцієнт Пуассона ν
Кортикальна кістка	10 000	0,3
Губчаста кістка	450	0,2
Хрящ дуговідросткового суглобу	10,6	0,49
Міжхребцевий диск	4,2	0,45
Титан	102 000	0,3
«Патологічний» міжхребцевий диск	1,6	0,45

Побудова комбінованих скінчено-елементних моделей відбувалась з використанням елементів різних типів, а саме: 10-тивузловий тетраедр (SOLID187), 20-тивузловий кубічний елемент (SOLID186) [173, 174].

Побудовані скінчено-елементні моделі налічували близько 600 тисяч елементів з 1,2 мільйонів вузлів. На рис. 4.4 представлено скінчено-елементну модель для 1 розрахункової схеми (рис. 4.4).

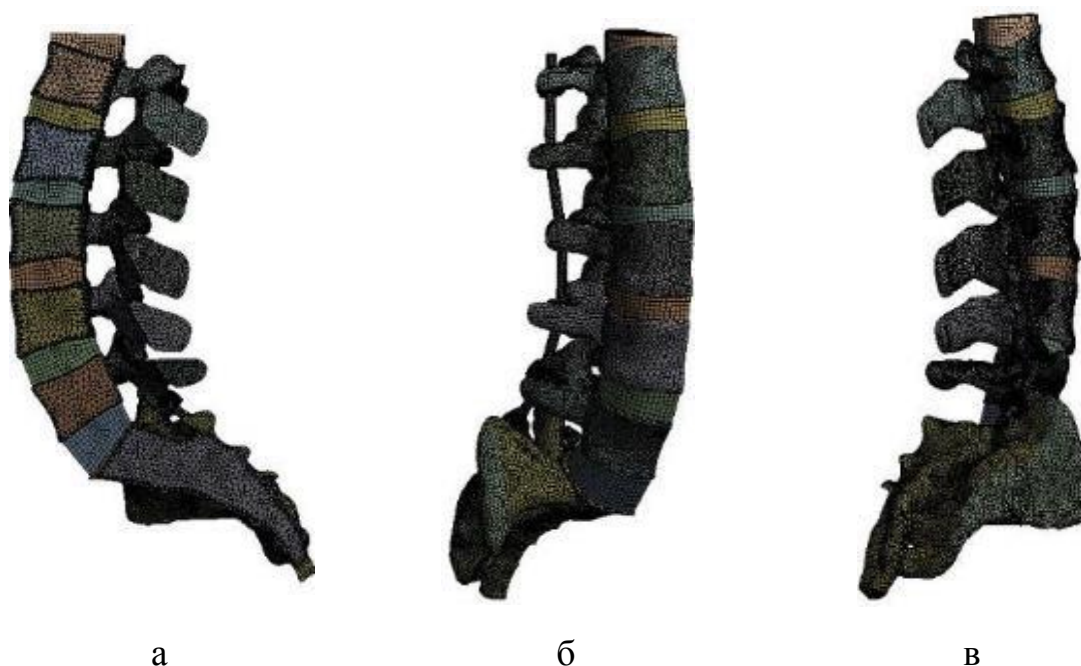


Рис. 4.4. Скінчено-елементна модель 1.11 розрахункової схеми (фіксація L₁–S₁): а) вид 1; б) вид 2; в) вид 3

За допомогою відповідної сили, було відтворене необхідне навантаження. Сила, що діє у вертикальному напрямку, дорівнює 500 Н (тобто 50 кг). Дана величина була отримана з урахуванням симетрії в сагітальній площині. Для закріплення було спеціально виділено частину крижової області хребця крижі. Схеми навантаження, закріплення і умови симетрії в сагітальній ділянці на прикладі розрахункової схеми 1.11 наведені на рис. 4.5.

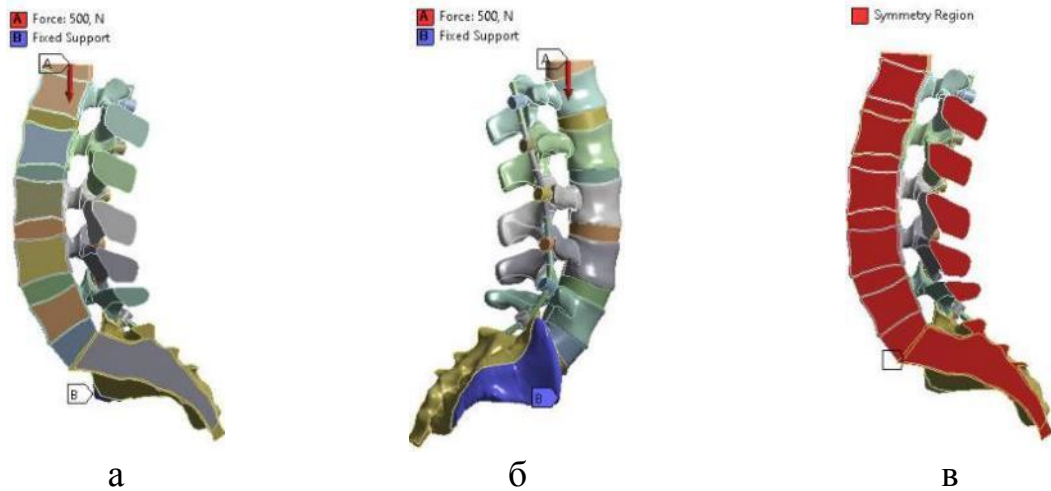


Рис. 4.5. Схеми навантаження і закріплення, а також умови симетрії (розрахункова схема 1.11): а) навантаження; б) закріплення; в) умови симетрії

4.2 Результати досліджень напружено-деформованого стану поперекового відділу хребта у разі застосування транспедикулярної фіксації

За підсумками проведених досліджень 4 розрахункових груп були визначені максимальні еквівалентні напруження за von-Mises і повні переміщення для досліджуваного поперекового сегменту біологічних і біомеханічних систем. На рис. 4.6–4.9 представлені діаграми з максимальними еквівалентними напруженнями за von-Mises кортикальної кістки для всіх розрахункових груп.



Рис. 4.6. Максимальні еквівалентні напруження — 1-ша розрахункова група (кортикальні кістки)



Рис. 4.7. Максимальні еквівалентні напруження — 2-га розрахункова група (кортикальні кістки)



Рис. 4.8. Максимальні еквівалентні напруження — 3-тя розрахункова група (кортикальні кістки)



Рис. 4.9. Максимальні еквівалентні напруження — 4-та розрахункова група (кортикальні кістки)

На рис. 4.10–4.17 представлені діаграми з максимальними еквівалентними напруженнями за von-Mises МХД та хрящів дуговідросткових суглобів для всіх розрахункових груп, відповідно.



Рис. 4.10. Максимальні еквівалентні напруження — 1-ша розрахункова група (міжхребцеві диски)



Рис. 4.11. Максимальні еквівалентні напруження — 2-га розрахункова група (міжхребцеві диски)



Рис. 4.12. Максимальні еквівалентні напруження — 3-тя розрахункова група (міжхребцеві диски)



Рис. 4.13. Максимальні еквівалентні напруження — 4-та розрахункова група (міжхребцеві диски)



Рис. 4.14. Максимальні еквівалентні напруження — 1-ша розрахункова група (хрящі дуговідросткового суглобу)



Рис. 4.15. Максимальні еквівалентні напруження — 2-га розрахункова група (хрящі дуговідросткового суглобу)



Рис. 4.16. Максимальні еквівалентні напруження — 3-тя розрахункова група (хрящі дуговідросткового суглобу)



Рис. 4.17. Максимальні еквівалентні напруження — 4-та розрахункова група (хрящі дуговідросткового суглобу)

На рис. 4.18–4.28 наведені діаграми з максимальними еквівалентними напруженнями за von-Mises кортикальних кісток для кожної відповідної розрахункової схеми наскрізь всіх розрахункових груп.



Рис. 4.18. Максимальні еквівалентні напруження — кортикальна кістка (1.1, 2.1, 3.1, 4.1 розрахункові схеми)

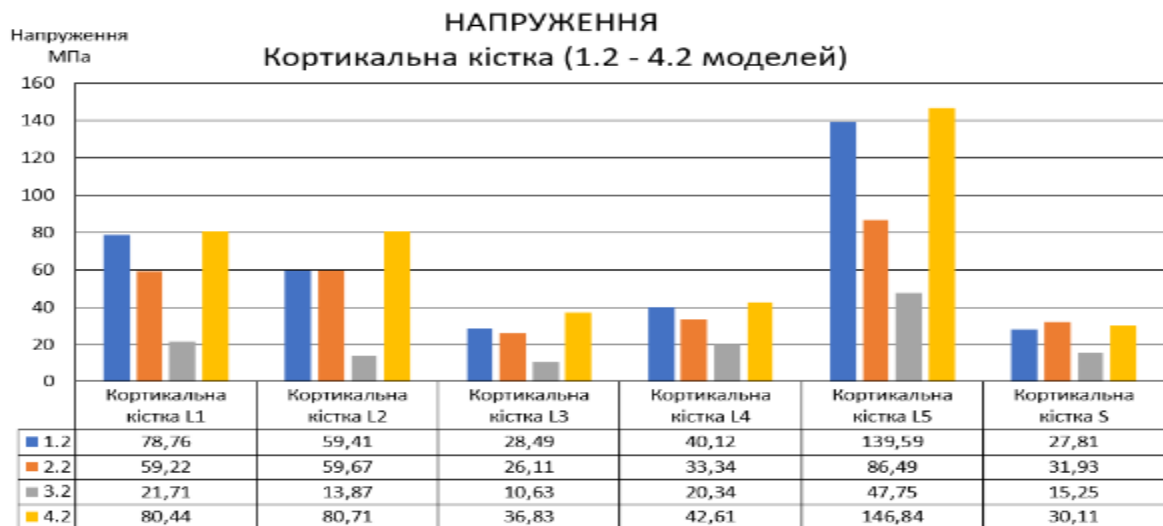


Рис. 4.19. Максимальні еквівалентні напруження — кортикальна кістка (1.2, 2.2, 3.2, 4.2 розрахункові схеми)



Рис. 4.20. Максимальні еквівалентні напруження — кортикальна кістка (1.3, 2.3, 3.3, 4.3 розрахункові схеми)



Рис. 4.21. Максимальні еквівалентні напруження — кортикальна кістка (1.4, 2.4, 3.4, 4.4 розрахункові схеми)



Рис. 4.22. Максимальні еквівалентні напруження — кортикальна кістка (1.5, 2.5, 3.5, 4.5 розрахункові схеми)

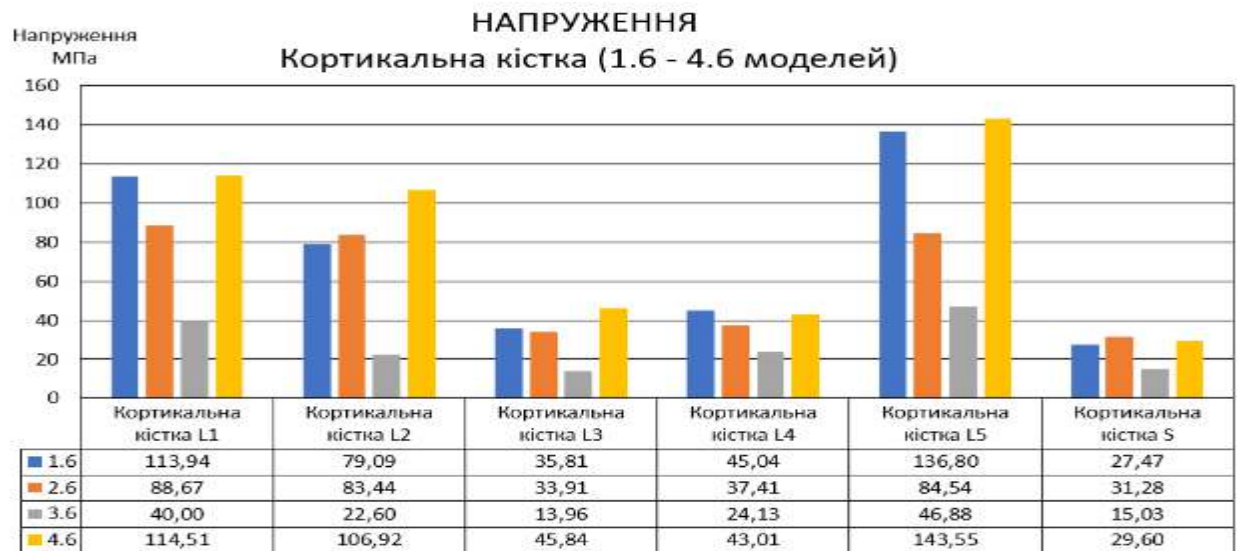


Рис. 4.23. Максимальні еквівалентні напруження — кортикальна кістка (1.6, 2.6, 3.6, 4.6 розрахункові схеми)



Рис. 4.24. Максимальні еквівалентні напруження — кортикальна кістка (1.7, 2.7, 3.7, 4.7 розрахункові схеми)



Рис. 4.25. Максимальні еквівалентні напруження — кортикальна кістка (1.8, 2.8, 3.8, 4.8 розрахункові схеми)



Рис. 4.26. Максимальні еквівалентні напруження — кортикальна кістка (1.9, 2.9, 3.9, 4.9 розрахункові схеми)



Рис. 4.27. Максимальні еквівалентні напруження — кортикальна кістка (1.10, 2.10, 3.10, 4.10 розрахункові схеми)



Рис. 4.28. Максимальні еквівалентні напруження — кортикальна кістка (1.11, 2.11, 3.11, 4.11 розрахункові схеми)

На рис. 4.29–4.50 наведені діаграми з максимальними еквівалентними напруженнями за von-Mises МХД та хрящів дуговідросткових суглобів для кожної відповідної розрахункової схеми наскрізь всіх розрахункових груп, відповідно.

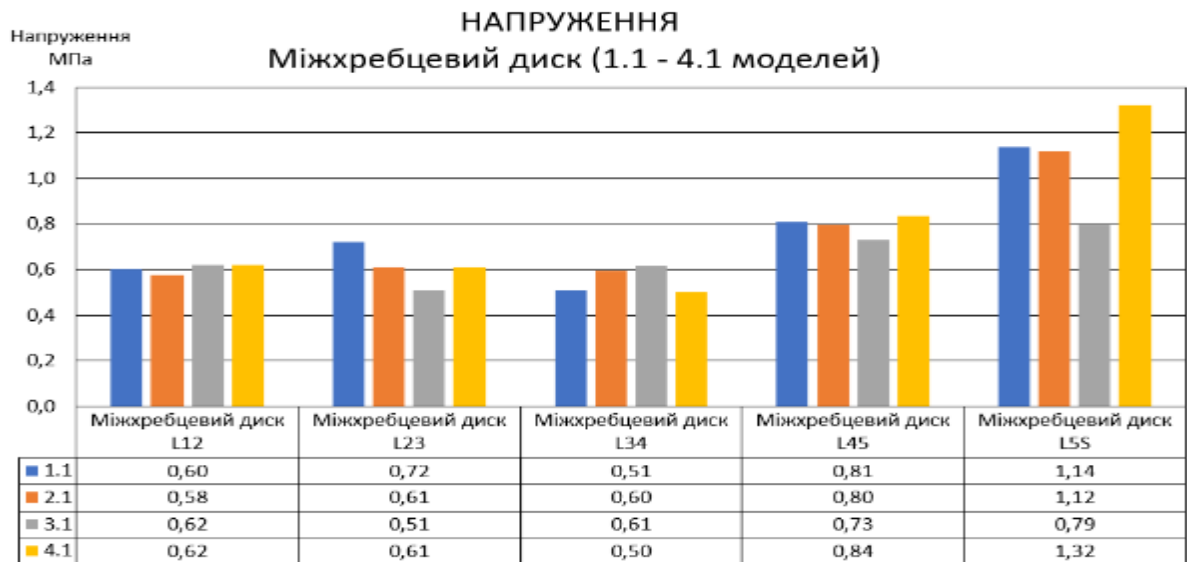


Рис. 4.29. Максимальні еквівалентні напруження — міжхребцевий диск (1.1, 2.1, 3.1, 4.1 розрахункові схеми)

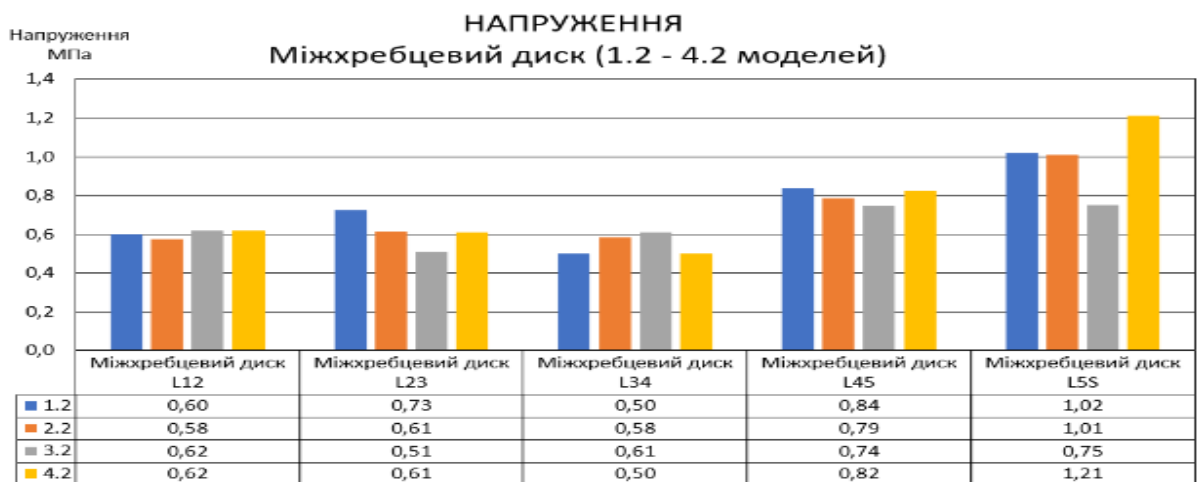


Рис. 4.30. Максимальні еквівалентні напруження — міжхребцевий диск (1.2, 2.2, 3.2, 4.2 розрахункові схеми)

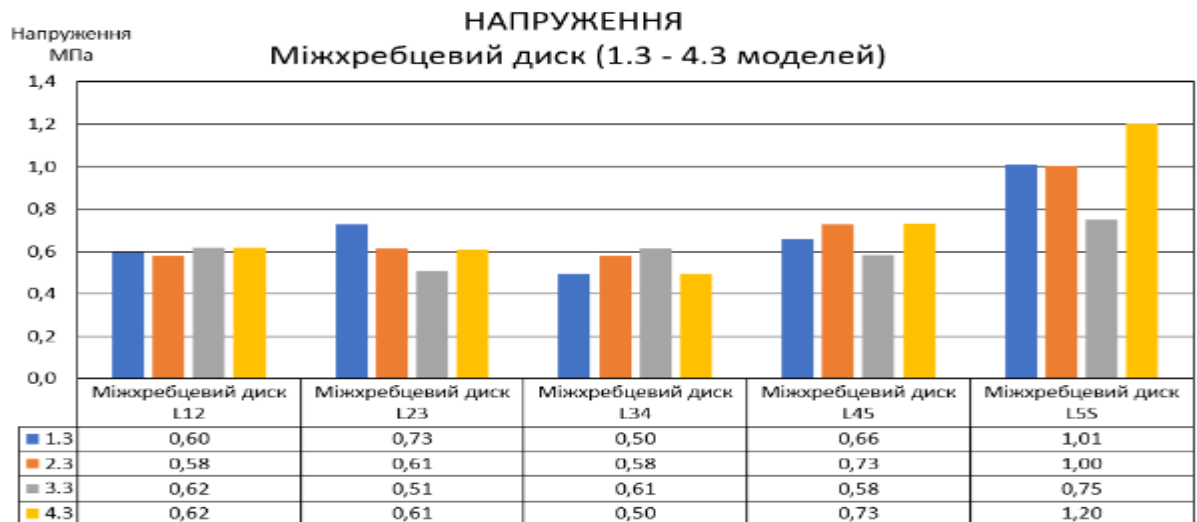


Рис. 4.31. Максимальні еквівалентні напруження — міжхребцевий диск (1.3, 2.3, 3.3, 4.3 розрахункові схеми)

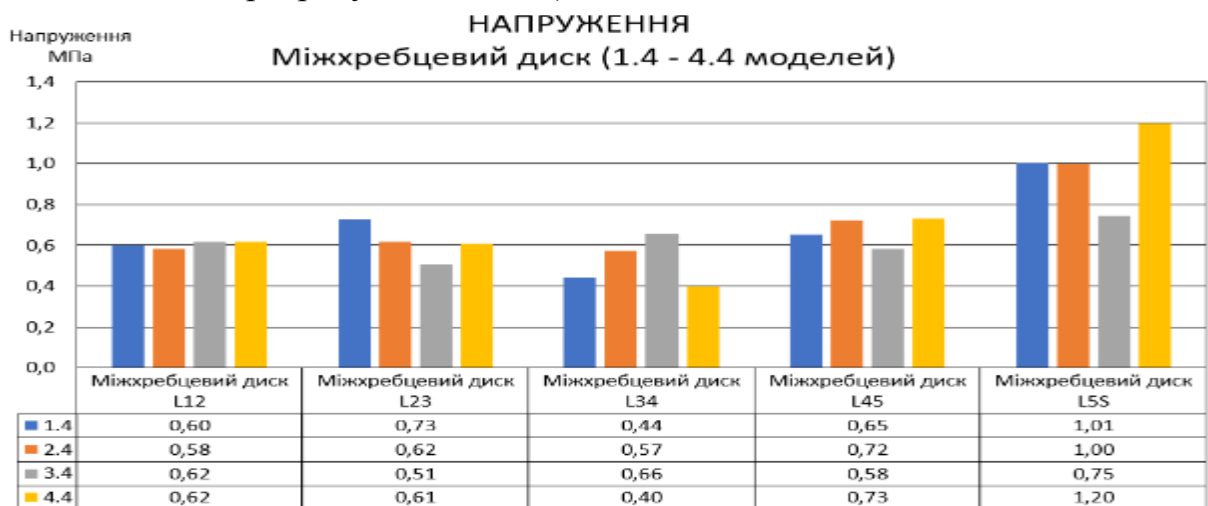


Рис. 4.32. Максимальні еквівалентні напруження — міжхребцевий диск (1.4, 2.4, 3.4, 4.4 розрахункові схеми)

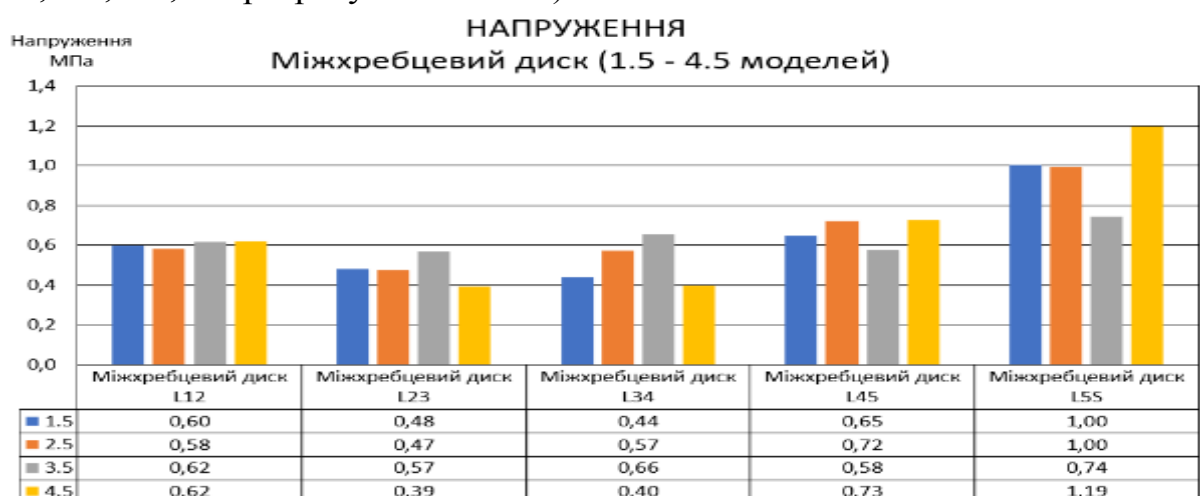


Рис. 4.33. Максимальні еквівалентні напруження — міжхребцевий диск (1.5, 2.5, 3.5, 4.5 розрахункові схеми)

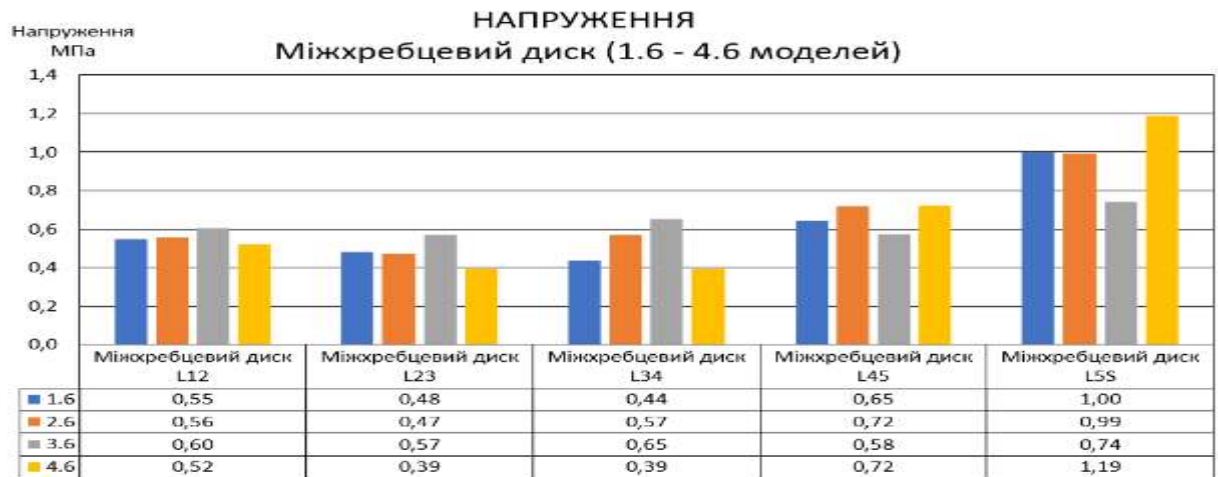


Рис. 4.34. Максимальні еквівалентні напруження — міжхребцевий диск (1.6, 2.6, 3.6, 4.6 розрахункові схеми)

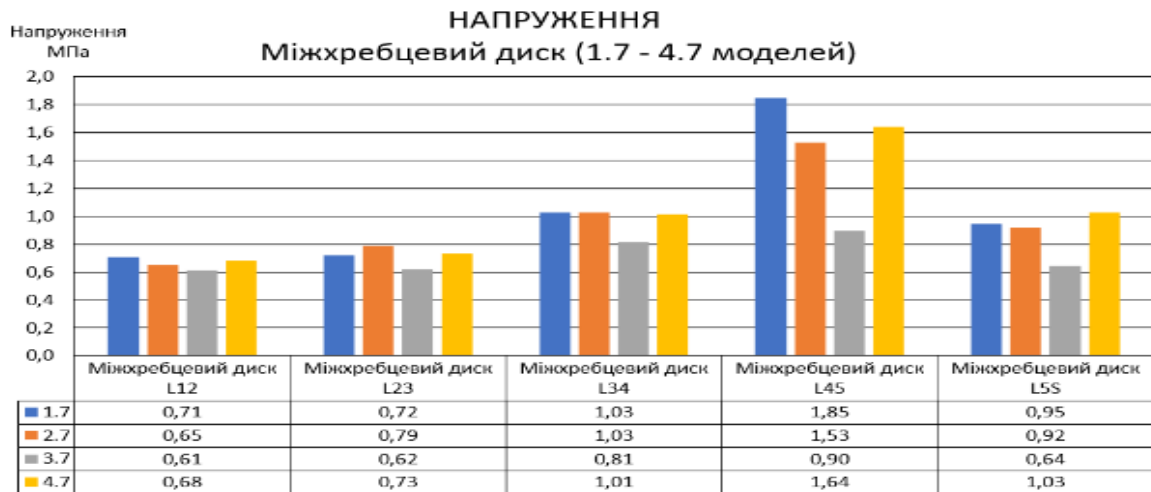


Рис. 4.35. Максимальні еквівалентні напруження — міжхребцевий диск (1.7, 2.7, 3.7, 4.7 розрахункові схеми)

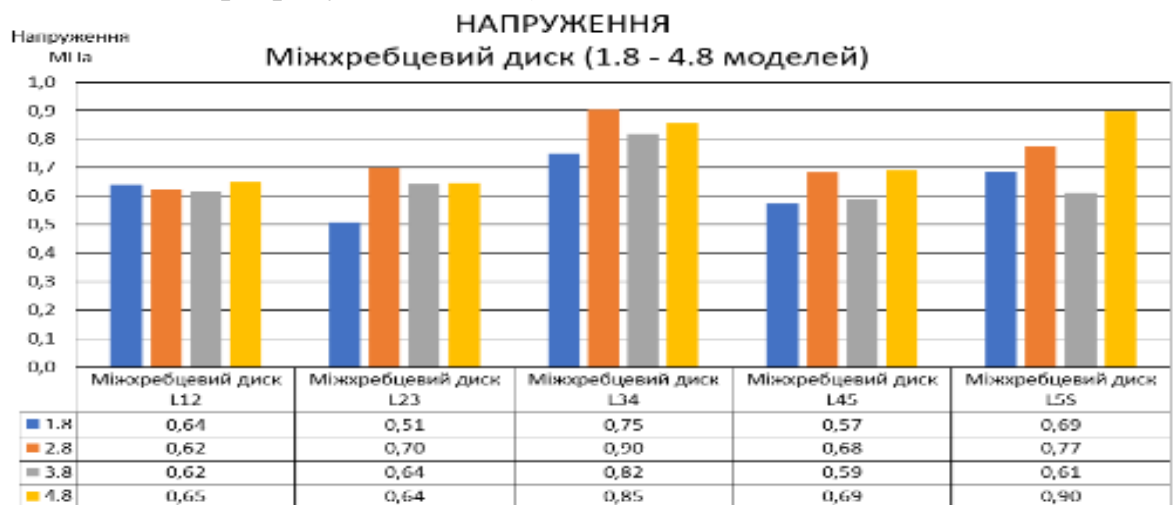


Рис. 4.36. Максимальні еквівалентні напруження — міжхребцевий диск (1.8, 2.8, 3.8, 4.8 розрахункові схеми)

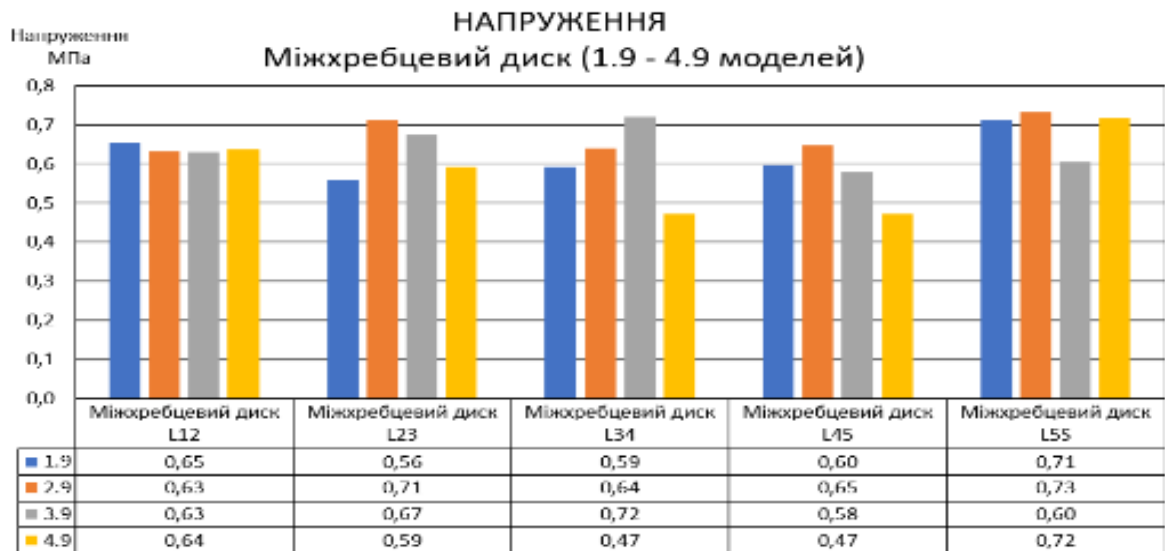


Рис. 4.37. Максимальні еквівалентні напруження — міжхребцевий диск (1.9, 2.9, 3.9, 4.9 розрахункові схеми)



Рис. 4.38. Максимальні еквівалентні напруження — міжхребцевий диск (1.10, 2.10, 3.10, 4.10 розрахункові схеми)



Рис. 4.39. Максимальні еквівалентні напруження — міжхребцевий диск (1.11, 2.11, 3.11, 4.11 розрахункові схеми)

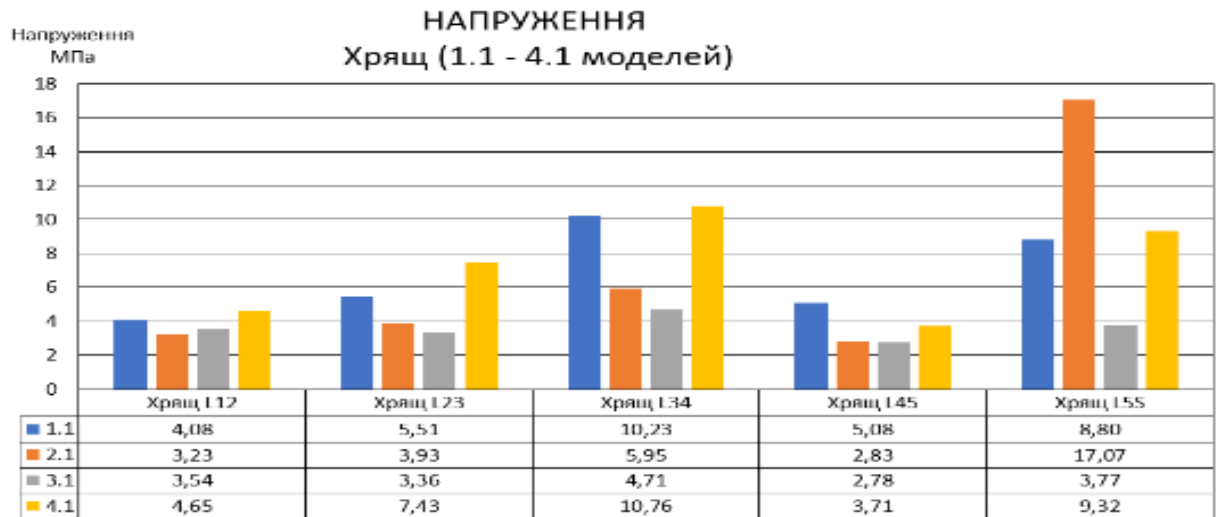


Рис. 4.40. Максимальні еквівалентні напруження — хрящ (1.1, 2.1, 3.1, 4.1 розрахункові схеми (кортикальна кістка)



Рис. 4.41. Максимальні еквівалентні напруження — хрящ (1.2, 2.2, 3.2, 4.2 розрахункові схеми)

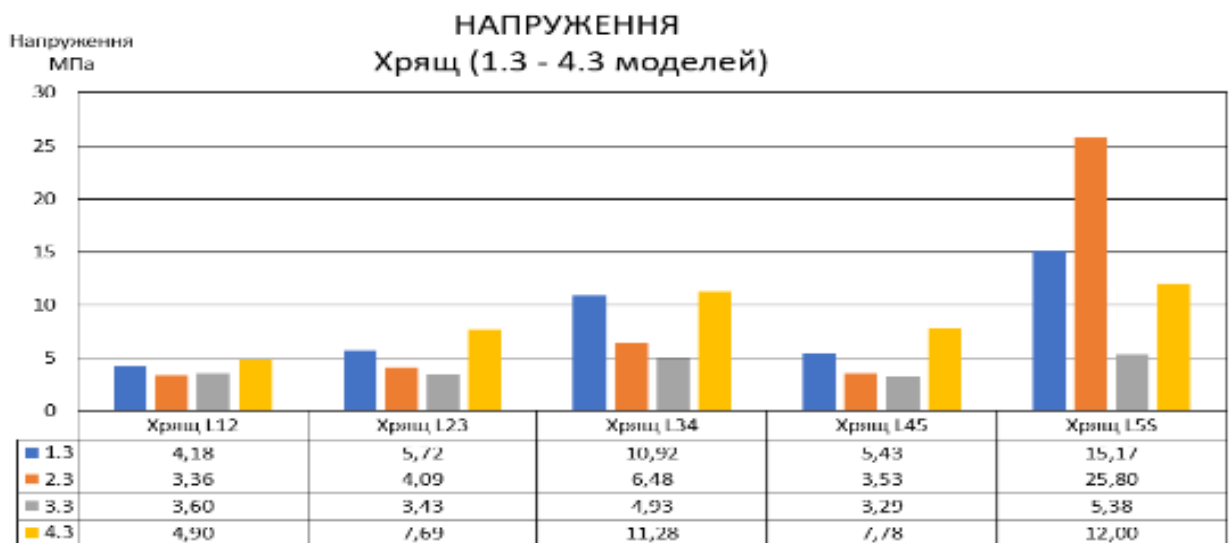


Рис. 4.42. Максимальні еквівалентні напруження — хрящ (1.3, 2.3, 3.3, 4.3 розрахункові схеми)



Рис. 4.43. Максимальні еквівалентні напруження — хрящ (1.4, 2.4, 3.4, 4.4 розрахункові схеми)



Рис. 4.44. Максимальні еквівалентні напруження — хрящ (1.5, 2.5, 3.5, 4.5 розрахункові схеми)



Рис. 4.45. Максимальні еквівалентні напруження — хрящ (1.6, 2.6, 3.6, 4.6 розрахункові схеми)



Рис. 4.46. Максимальні еквівалентні напруження — хрящ (1.7, 2.7, 3.7, 4.7 розрахункові схеми)



Рис. 4.47. Максимальні еквівалентні напруження — хрящ (1.8, 2.8, 3.8, 4.8 розрахункові схеми)

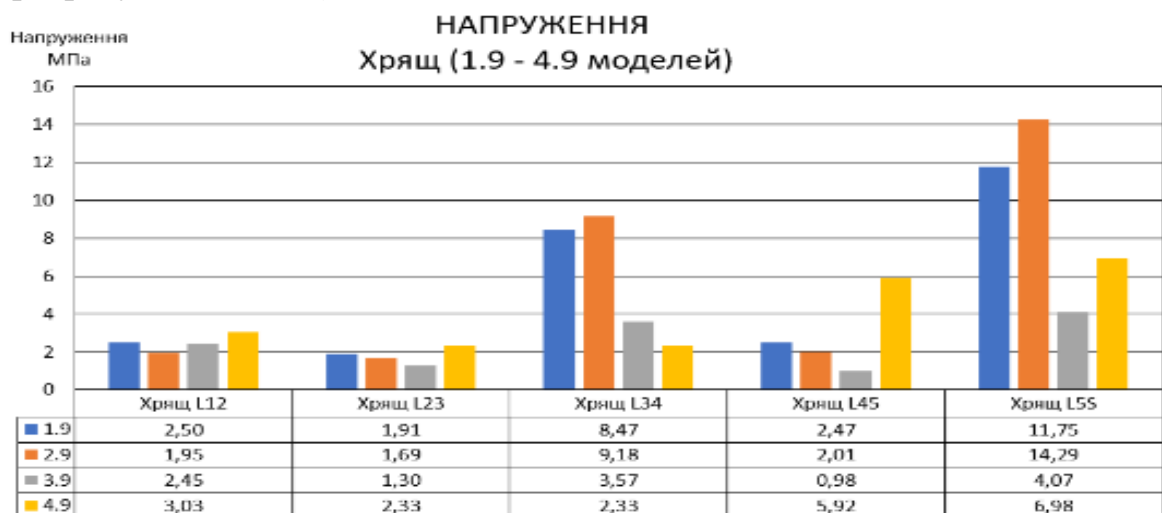


Рис. 4.48. Максимальні еквівалентні напруження — хрящ (1.9, 2.9, 3.9, 4.9 розрахункові схеми)



Рис. 4.49. Максимальні еквівалентні напруження — хрящ (1.10, 2.10, 3.10, 4.10 розрахункові схеми)

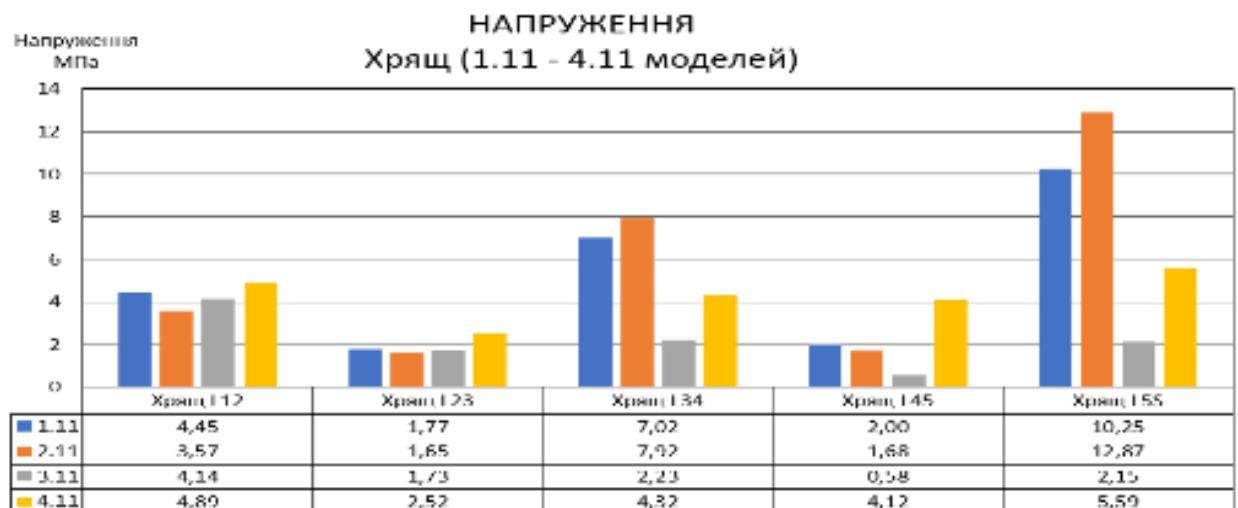


Рис. 4.50. Максимальні еквівалентні напруження — хрящ (1.11, 2.11, 3.11, 4.11 розрахункові схеми)

Діаграми з максимальним еквівалентним напруженнями за von-Mises в елементах транспедикулярної системи наведенні на рис. 4.51–4.57, а саме для стрижня, гвинтів які знаходяться у хребцях S, L_V, L_{IV}, L_{III}, L_{II} та L_I для усіх розрахункових схем та груп, відповідно.



Рис. 4.51. Максимальні еквівалентні напруження — стрижень

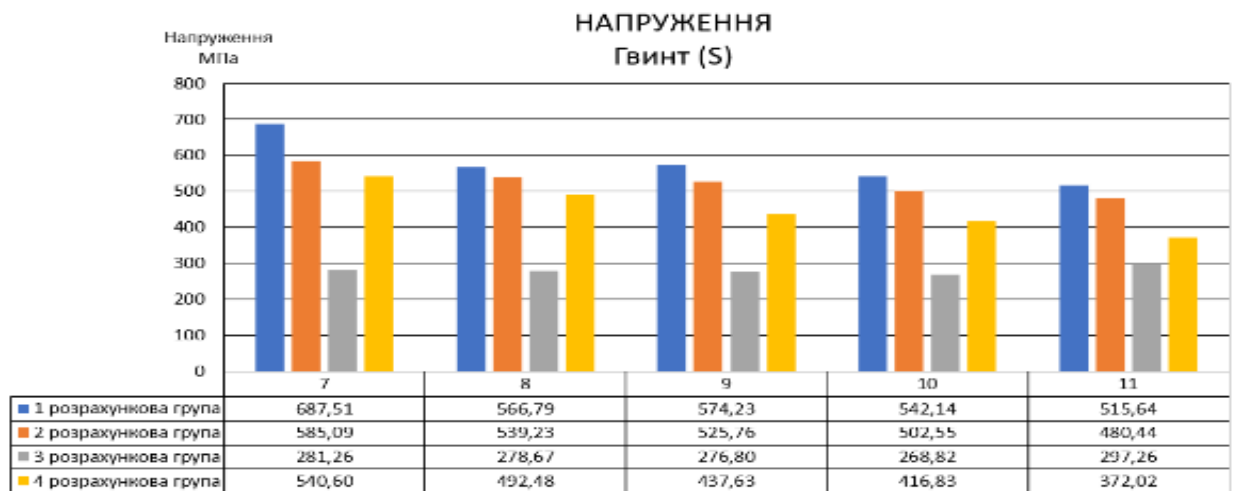
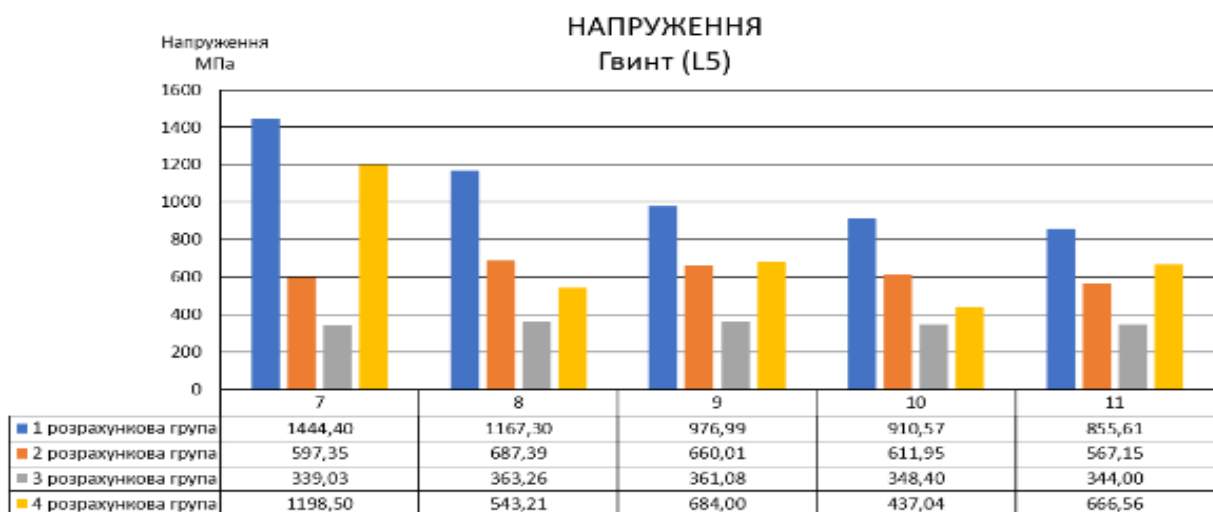
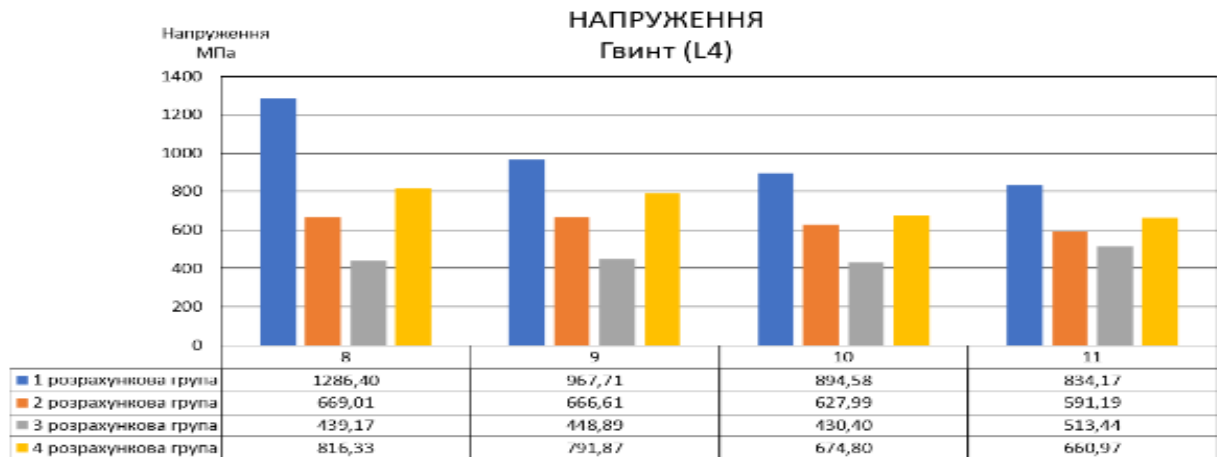
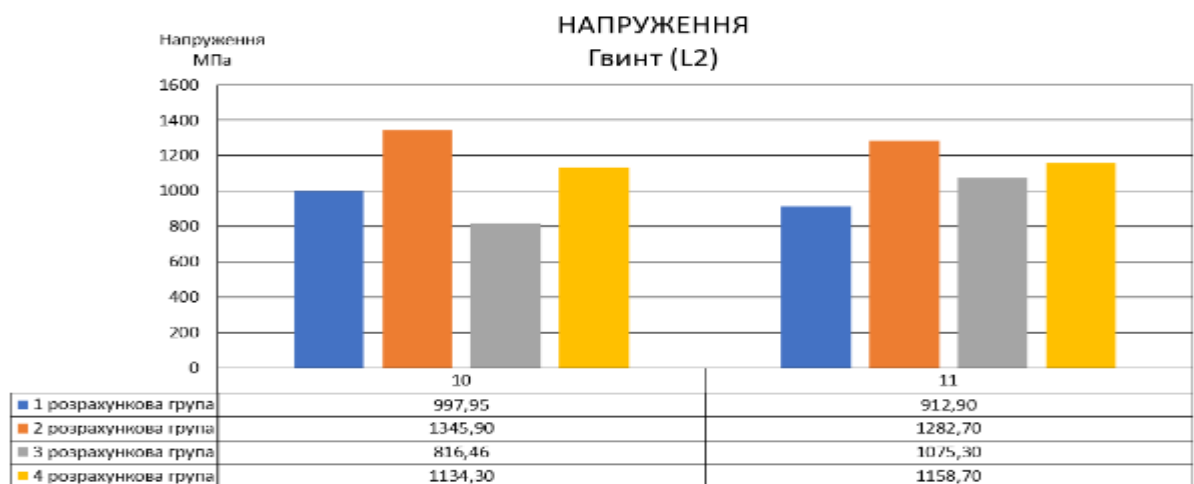


Рис. 4.52. Максимальні еквівалентні напруження — гвинт (S)

Рис. 4.53. Максимальні еквівалентні напруження — гвинт (L_V)

Рис. 4.54. Максимальні еквівалентні напруження — гвинт (L_{IV})Рис. 4.55. Максимальні еквівалентні напруження — гвинт (L_{III})Рис. 4.56. Максимальні еквівалентні напруження — гвинт (L_{II})

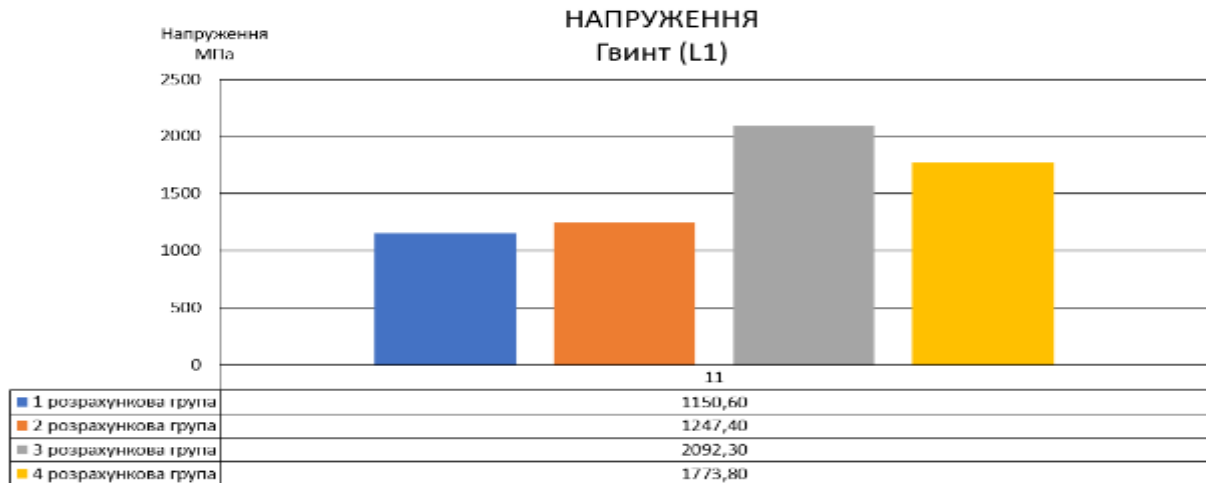


Рис. 4.57. Максимальні еквівалентні напруження — гвинт (L_1)

Далі зображені поля розподілу еквівалентних напружень для 1, 6 та 11 розрахункових схем для усіх розрахункових груп (рис. 4.58–4.61). Де, як було зазначено вище, 1-ша розрахункова схема відповідає інтактному стану ПВХ, 6-та розрахункова схема — «патологічному» стану з максимальною кількістю ушкоджених МХД, 11-та розрахункова схема — «патологічному» стану з максимальною кількістю ушкоджених МХД і з застосуванням ТФ від L_1 до S_1 .

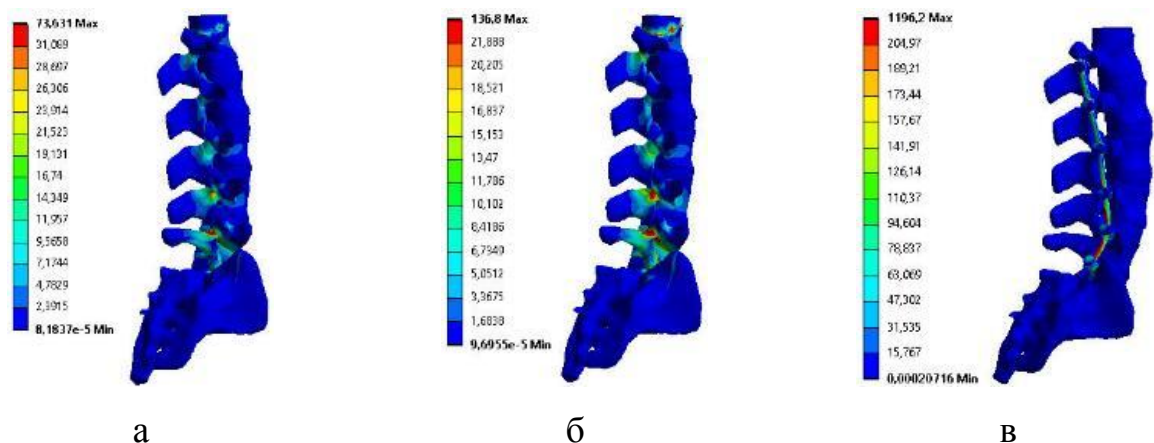


Рис. 4.58. Поля розподілу еквівалентних напружень — 1-ша розрахункова група: а) 1-ша розрахункова схема; б) 6-та розрахункова схема; в) 11-та розрахункова схема

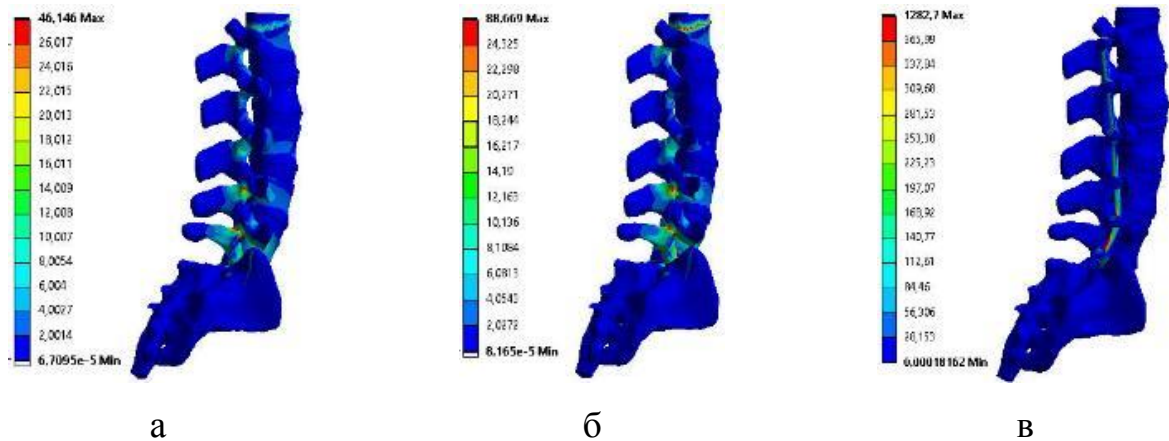


Рис. 4.59. Поля розподілу еквівалентних напружень — 2-га розрахункова група: а) 1-ша розрахункова схема; б) 6-та розрахункова схема; в) 11-та розрахункова схема

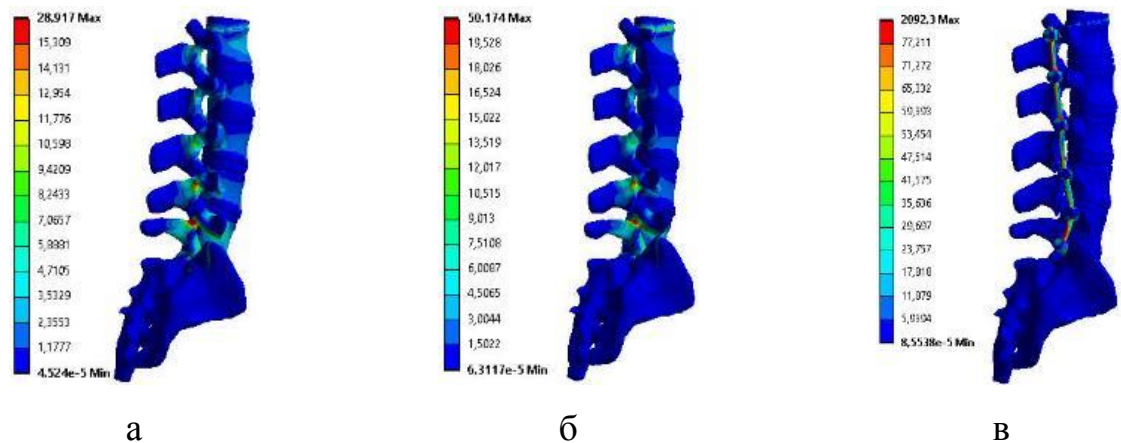


Рис. 4.60. Поля розподілу еквівалентних напружень — 3-тя розрахункова група: а) 1-ша розрахункова схема; б) 6-та розрахункова схема; в) 11-та розрахункова схема

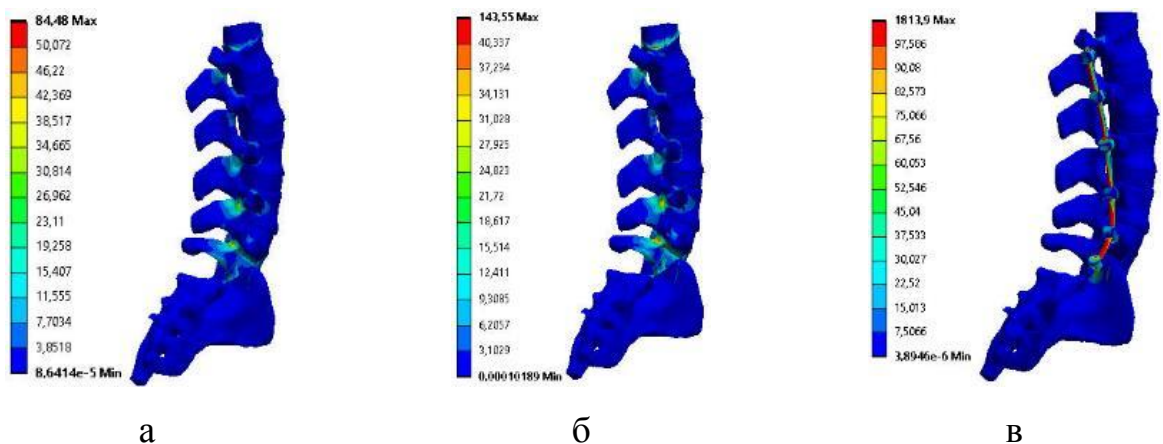


Рис. 4.61. Поля розподілу еквівалентних напружень — 4-та розрахункова група: а) 1-ша розрахункова схема; б) 6-та розрахункова схема; в) 11-та розрахункова схема

Отже, беручи до уваги, що 1-ша та 2-га розрахункові групи описують моделі із близькими значеннями кутів, які описують нормальні величини сегментарного і тотального поперекового лордозу, отримані значення максимальних еквівалентних напружень та повних переміщень є близькими.

В 1-й розрахунковій групі (з нормальним лордозом) максимальні еквівалентні напруження на кортикальну кістку L_V хребця складають 140 МПа при «патологічному» МХД L_V-S_I (рис. 4.7). Таке навантаження може призвести до підвищення напруження у суміжному ХРС та можна розцінювати як створення причини розвитку каскаду дегенеративних процесів у прилеглому суміжному сегменті. У порівнянні з 4-ю розрахунковою групою (з гіперлордозом), ці напруження на кортикальну кістку L_V хребця зростають до 147 МПа (рис. 4.10).

Якщо розглядати варіанти ТФ, то при моносегментарній фіксації L_V-S_I та «патологічному» диску на цьому рівні, зростають еквівалентні напруження на кортикальну кістку хребців L_V та S_I (від 100 МПа до 134 МПа), як в групах з нормальним так і з гіперлордозом. При полісегментарній фіксації L_I-S_I , виникає перерозподіл напруження на кортикальну кістку всіх хребців із його зменшенням на кожний ХРС, але кортикальна кістка хребців L_V та S_I потерпає максимальних напружень (від 60 МПа до 98 МПа) майже у всіх розрахункових групах (рис. 4.6, 4.7, 4.9), і тільки в групі з гіполордозом ці напруження є мінімальними (33 МПа, 52 МПа) (рис. 4.8).

Розглядаючи максимальні еквівалентні напруження на МХД, звертає на себе увагу зростання навантаження на вище розташований диск при ТФ. У першій розрахунковій групі з гіполордозом, при схемі «патологічного» диску L_V-S_I з ТФ цього сегменту, зростає напруження на МХД $L_{IV}-L_V$ до 0,90 МПа в порівнянні з інтактним станом (0,73 МПа) (рис. 4.10–4.12). Суттєво зростає напруження на суміжний МХД $L_{IV}-L_V$ при фіксації сегменту L_V-S_I в групі з гіперлордозом. При полісегментарній ТФ має місце деяке розподілення навантажень між ХРС (рис. 4.13). Отримані дані ще раз показують

взаємозв'язок факторів перерозподілу навантаження прилеглих між собою сегментів.

Максимальне зростання напруження на хрящ дуговідросткових суглобів сегменту $L_{IV}-L_V$ до 15 МПа визначено при фіксації сегменту L_V-S_I в 4-й розрахунковій групі з гіперлордозом. В інших групах отримані значення не дозволили отримати чітку закономірність змін значень. (рис. 4.14–4.17).

Під час проведення дослідження отримані максимальні значення еквівалентних напружень губчастих кісток для 1-й та розрахункових схем 7–11 не перевищують 10 МПа, але для розрахункових схем 2–6, які відповідають «патологічному» стану без застосування ТФ, значення критично наближаються до межі міцності губчастої кістки, яка становить від 16 МПа до 22 МПа [208]. Дана тенденція спостерігається при розгляді максимальних еквівалентних напружень кортикальних кісток, відповідних до хребця L_V розрахункових схем 2–6, але не перевищують межу міцності, яка складає для кортикальних кісток приблизно 160 МПа [208].

З розгляду максимальних еквівалентних напружень стрижня значення для 1-й та 2-й розрахункових груп (група яка описує нормальні кути сегментарного і тотального лордозу) близькі до значень 4-ї розрахункової групи (група яка описує найбільші кути сегментарного і тотального поперекового лордозу), що складає від 1100 МПа до 1800 МПа. Максимальне напруження на стрижень 1800 МПа приходить на стрижень в 4-й групі 11-ї розрахункової схеми (група з гіперлордозом і полісегментарною фіксацією L_I-S_I). Найменші значення максимальних еквівалентних напружень (від 600 МПа до 850 МПа) спостерігаються тільки в третій групі, яка описує зменшені кути сегментарного і тотального лордозу (рис. 4.51). Аналіз значень максимальних еквівалентних напружень, отриманих в елементах системи ТФ, близькі до значень межі міцності, яка складає від 600 МПа до 1000 МПа [216].

З аналізу отриманих значень максимальних еквівалентних напружень для ТГ, найбільші спостерігаються в хребці L_V при фіксації у всіх

розрахункових групах, окрім 3-ї (гіполордоз), такі ж самі розподіли напруження спостерігаються і в хребці L_{IV} . Це мабуть зв'язано з тим, що 50 % тотального лордозу приходить саме на кути міжхребцевих сегментів L_{IV} – L_V та L_V – S_I . Також, максимальні еквівалентні напруження на ТГ спостерігаються в L_I хребці в групі з гіперлордозом, і це є очевидним, оскільки він розташований на верхівці вигину збільшеного лордозу (рис. 4.52–4.57). Однак, в 11-й розрахунковій схемі, де значення напружень у гвинті, який розташований у хребці L_I , найбільший у всіх розрахункових групах, і навіть в групі з гіполордозом вони максимальні. Це скоріш за все пов'язано з тим, що цей хребець є останній в побудованій скінчено-елементній моделі, поверх якого побудовано додатковий елемент для коректної передачі навантаження. Тобто, з високою вірогідністю ці значення мають похибку і можливо при побудові в моделі вверх ще на пару хребців ці значення будуть змінені. Отже, застосування ТФ призводить до стабілізації «патологічного» сегменту, а також призводить до перерозподілу і зменшенню напружень.

4.3 Резюме

Таким чином, в результаті проведених досліджень НДС окремих елементів ХРС ПВХ, а також значущих частин ТК при застосуванні ТФ з використанням математичних скінчено-елементних моделей були побудовані параметричні моделі, які описують кутові значення сегментарного і тотального поперекового лордозу, а також різні варіанти стану ПВХ без та з урахуванням моно- та полісегментарної ТФ ХРС [217–219]. Застосування ТК призводить до стабілізації «пошкодженого» сегменту, а також призводить до перерозподілу і зменшенню напружень. Визначено, що зміна кутових показників, які описують сегментарний і повний поперековий лордоз, суттєво змінює НДС ХРС, причому, збільшення кутових значень поперекового лордозу призводить до збільшення НДС в елементах біологічних та

біомеханічних систем, зменшення кутових значень призводить до зниження напружень [81].

За умов нормальних значень поперекового лордозу при «патологічному» МХД L_V-S_I максимальні еквівалентні напруження на кортикальну кістку L_5 хребця складають 140 МПа, що може призвести до підвищення напруження у суміжному ХРС та стати причиною розвитку дегенеративних процесів. Напруження на кортикальну кістку L_V хребця при цьому зростають до 147 МПа.

При «патологічному» диску L_V-S_I та моносегментарній ТФ на цьому рівні, еквівалентні напруження на кортикальну кістку хребців L_V та S_I зростають від 100 МПа до 134 МПа в групах з нормолордозом і з гіперлордозом. При полісегментарній фіксації L_I-S_I , виникає перерозподіл напруження на кортикальну кістку між хребцями, але кортикальна кістка хребців L_V та S_I потерпає максимальних напружень від 60 МПа до 98 МПа. В групі з гіполордозом ці напруження є меншими 33 МПа, 52 МПа.

В умовах ТФ зафіксовано зростання максимальних еквівалентних напружень на вище розташований МХД. При монофіксації L_V-S_I при гіполордозі, воно складає 0,90 МПа в порівнянні з 0,73 МПа при інтактному стані. Суттєво зростає напруження на суміжний МХД і в групі з гіперлордозом. При полісегментарній ТФ має місце деяке розподілення навантажень між близькими ХРС. Максимальне зростання напруження на хрящ дуговідросткових суглобів сегменту $L_{IV}-L_V$ до 15 МПа визначено при фіксації сегменту L_V-S_I за умов гіперлордозу. Максимальні значення еквівалентних напружень губчастих кісток в умовах «патологічного» стану без застосування ТФ є критично наближеними до межі міцності.

Максимальне еквівалентне напруження на стрижень ТК при ТФ складає 1800 МПа і розвивається за умов гіперлордозу і полісегментарної фіксації L_I-S_I , при тому, що значення меж міцності в елементах ТФ, складають від 600 МПа до 1000 МПа [217]. Найменші значення

максимальних еквівалентних напружень від 600 МПа до 850 МПа спостерігаються при гіполордозі.

Максимальні еквівалентні напруження на ТГ спостерігаються в хребцях L_V та L_{IV} , при нормо- та гіперлордозі. Також, за умов гіперлордозу максимальні еквівалентні напруження на ТГ спостерігаються в хребці L_I , оскільки він розташований на верхівці вигину збільшеного лордозу. При гіперлордозі значення напружень у ТГ у хребці L_I є найбільшим при всіх варіантах ТФ, причиною чого може бути те, що цей хребець є останній в побудованій скінчено-елементній моделі і що може змінюватися при більш точному відтворенні моделлю дегенеративних процесів у хребті.

За матеріалами розділу опубліковано наступні роботи:

[217] Куценко, В. О., Чернишов, О. Г., Федотова, І. Ф. & Барков, О. О. (2017). Вплив параметрів сагітального хребтово-тазового балансу на морфогенез поперекових хребцевих сегментів. *Збірник наукових праць за матеріалами Науково-практичної конференції з міжнародною участю «Сучасні дослідження в ортопедії та травматології»*, (4-5 жовтня, с. 35). Харків.

[218] Веретельник, О. В., Ткачук, М. А., Барков, О. О., Радченко, В. О., Тимченко, І. Б. & Диннік, О. А. (2018), Напружено-деформований стан елементів поперекового відділу хребта після проведення динамічної міжостистої стабілізації, *Збірник наукових праць за матеріалами Науково-практичної конференції з міжнародною участю «Сучасні дослідження в ортопедії та травматології»*, (4-5 жовтня, сс. 35–38). Харків.

[219] Барков, О. О., Веретельник, О. В., Ткачук, М. М., Ткачук, М. А. & Веретельник В. В. (2021). Вплив сагітальних поперекових параметрів на напружено-деформований стан хребтових рухових сегментів за умов застосування транспедикулярної фіксації. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 3(624), 37–48. DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872021337-48>

РОЗДІЛ 5

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ СИМУЛЯЦІЇ РУХІВ У ПОПЕРЕКОВОМУ ВІДДІЛІ ХРЕБТА НА СКЕЛЕТНО-М'ЯЗОВИХ МОДЕЛЯХ ПІСЛЯ ВИКОНАННЯ ТРАНСПЕДИКУЛЯРНОЇ ФІКСАЦІЇ

В даному розділі представлено результати дослідження динамічної симуляції рухів у ПВХ на скелетно-м'язових моделях після виконання ТФ. У зв'язку з тим, що за даними огляду літератури та отриманими результатами ретроспективного дослідження ревізійних хірургічних втручань, саме це дослідження було спрямовано на визначення біомеханічних навантажень на прилеглі сегменти до зони фіксації ТГ за різних кутів у фіксації поперекового лордозу. Математичне моделювання представлених конфігурацій фіксації ТГ (інтактному, нормолордотичному, гіперлордотичному, гіполордотичному положеннях за рахунок зміни кута фіксації $L_{IV}-S_I$) показало, що сила навантаження суміжних сегментів при згинанні вперед, помітно залежить від виконаного кута ТФ. Нижче представлені та обговорені результати для кожної побудованої скелетно-м'язової моделі.

Скелетно-м'язова модель обов'язково включає визначення роботи м'язів та обчислення низки вихідних параметрів. Модель, яка реалізована в цьому дослідженні, включала в собі спрощення і відповідні обмеження. Змінюючи показник максимальної ізометричної сили м'яза та координати точок прикріплення, моделювали часткові дефекти м'язів у випадках резекції їх зі зміною площі поперечного перетину без порушення їхньої протяжності. У разі створення часткового дефекту м'яза без порушення його довжини, змінювали точки прикріплення для зменшення максимальної ізометричної сили м'яза пропорційно зміни його площі поперечного перерізу. У випадку часткових дефектів м'язів зі змінюванням довжини та точок їх прикріплення змінювали такі параметри як оптимальна довжина міофібрили та довжина сухожилку у випадку розслабленого м'яза. А у разі створення тотального

дефекту м'яза вся інформація про певний елемент видалялася з моделі, щоб унеможливити вплив залишкової інформації про вагу елементу на інерційні властивості моделі. Така модель не враховує індивідуальну активність роботи м'язів, їх сили та динамічність скорочення в різних видах руху. Моделюючи рух в нашому дослідженні, було задано певний повільний час при нахилу вперед, для уникнення саме динамічних ефектів, тобто модель демонструвала симетричне дзеркальне повернення тулуба назад [76].

Оскільки м'язова сила і функція були однакові для всіх видів створеного інструментального спондилодезу та не враховували безпосередньо такий чинний фактор як травматичність під час виконання доступу. Отримані результати нашого дослідження передбачають мінімальне ушкодження м'язів під час хірургічного втручання, тому достовірність моделі більш наближена до малоінвазивної постановки ТГ.

5.1 Зміни сили навантаження суглобової поверхні здухвинної кістки у крижово-здухвинному зчленуванні та на тіло хребця L_{IV} в умовах згинальних рухів у поперековому відділі хребта без створення дефектів та ефекту денервації м'язів (модель № 1)

Модель № 1 (умовну норму) було побудовано як базову для того, щоб визначити, як в цілому змінюються сили навантаження на суміжні сегменти в умовах повного циклу згинання. В умовах циклу згинання до 45° у ПВХ людини, сила навантаження суглобової поверхні здухвинної кістки у крижово-клубовому зчленуванні в цій моделі, змінювалася динамічно.

У першому періоді руху (згинання від вертикального положення до 45°) на осі X відзначено поступове збільшення значення сили з від 0,12 % ваги тіла з досягненням максимального 10,39 % ваги тіла в кінці періоду руху з досягненням кута згинання 45° (різниця за цей період склала 10,27 %). Середнє значення величини вектору сили навантаження становило $(5,80 \pm 3,88) \%$ (мінімальне — 0,12 %, максимальне — 10,39 %).

На осі Y зазначений параметр на початку руху (у проміжку 0° – 13° згинання) незначно збільшувався від 44,05 % до 45,06 %. Далі (від 14° до 44°) відбувалося поступове зниження сили навантаження від 44,95 % до 36,96 % досягнувши пікового мінімального значення на 45° у значенні 36,88 % ваги тіла моделі. Різниця за цей період склала 8,17 %. Середнє значення величини сили навантаження становило $(42,21 \pm 2,99)$ % ваги тіла (мінімальне – 36,88%, максимальне — 45,06 %). У другий період руху (повернення до вертикального положення від кута згинання 45°) відбувались зворотні зміни у дзеркальному вигляді (рис. 5.1).

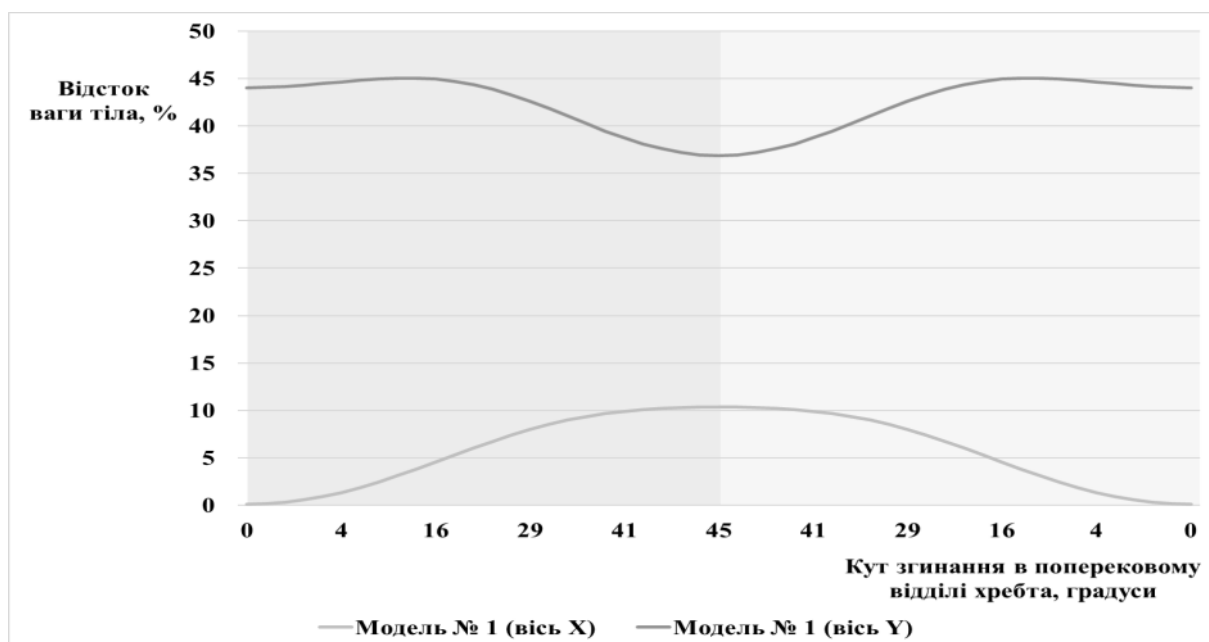


Рис. 5.1. Графіки зміни проекції вектору сили навантаження суглобової поверхні здухвинної кістки у крижово-клубовому зчленуванні на осі X та Y в процесі згинання у поперековому відділі хребта (модель № 1)

В умовах циклу згинання до 45° у ПВХ людини сила навантаження на тіло L_{IV} хребця в цій моделі, яку взято за базову для дослідження, змінювалась динамічно.

У першому періоді руху (згинання від вертикального положення до 45°) по осі X відзначено поступове збільшення значення сили з від $-6,94$ % ваги тіла з досягненням максимального — $0,93$ % ваги тіла в кінці періоду з

досягненням кута згинання 45° (різниця за цей період склала 6,01 %). Середнє значення величини вектору сили навантаження становило $(-3,94 \pm 2,24) \%$ (мінімальне — $-6,94 \%$, максимальне — $-0,93\%$).

По осі Y зазначений параметр на початку руху (у проміжку від 0° до 13° згинання) незначно збільшувався від 48,95 % до 49,97 %. Далі (від 14° до 44°) відбувалося поступове зниження сили навантаження від 49,89 % до 42,65 % досягнувши пікового мінімального значення на 45° у значенні 42,57 % ваги тіла моделі (різниця за цей період склала 7,40 %). Середнє значення величини сили навантаження становило $(47,39 \pm 2,58) \%$ ваги тіла (мінімальне — 42,57 %, максимальне — 49,97 %). У другий період руху (повернення до вертикального положення від кута згинання 45°) відбувались зворотні зміни у дзеркальному вигляді (рис. 5.2).

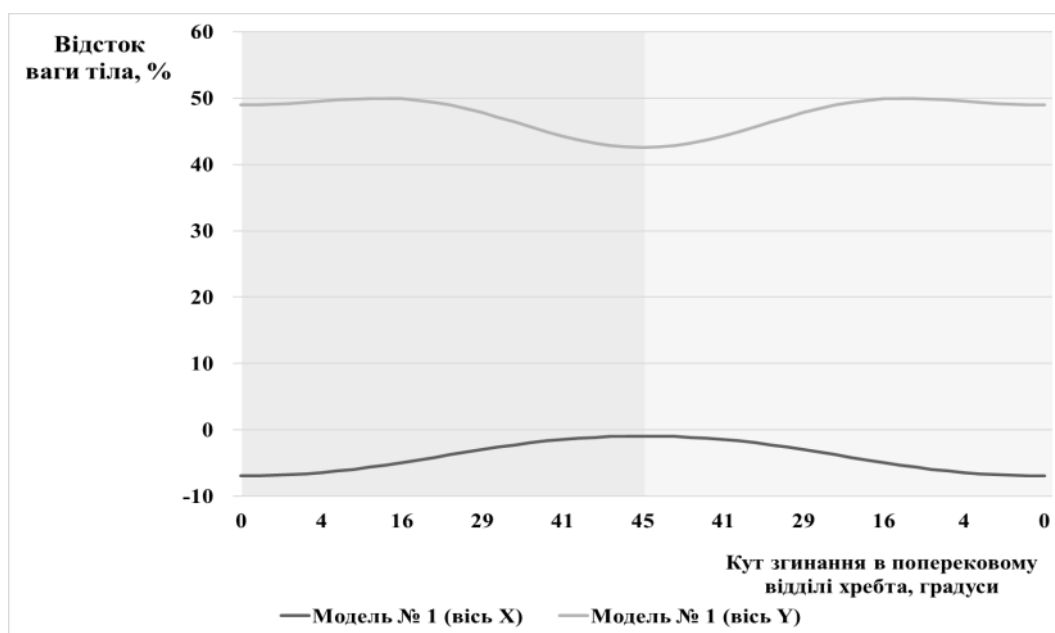


Рис. 5.2. Графіки зміни проекції вектору сили навантаження на тіло хребця L_{IV} по осі X та Y в процесі згинання у поперековому відділі хребта (модель № 1)

5.2 Зміни сили навантаження суглобової поверхні здухвинної кістки у крижово-клубовому зчленуванні та на тіло хребця L_{IV} в умовах згинальних рухів у поперековому відділі хребта із частковими дефектами та переміщенням точок фіксації м'язів, які ушкоджуються внаслідок хірургічного доступу для виконання заднього інструментального спондилодезу $L_{IV}-S_I$ (модель № 2)

Модель № 2 було побудовано для визначення змін сили навантаження на суміжні сегменти в умовах повного циклу згинання при імітації ушкодження м'язів спини ПВХ під час виконання доступу для здійснення інструментального спондилодезу на рівні $L_{IV}-S_I$ (рис. 5.3)

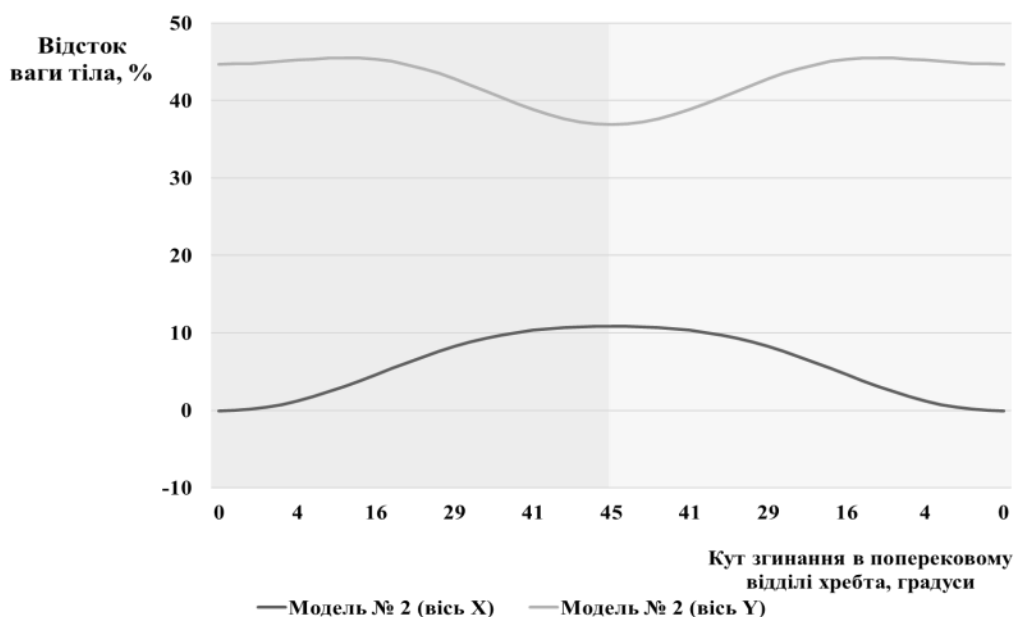


Рис. 5.3. Графіки зміни проекції вектору сили навантаження суглобової поверхні здухвинної кістки у крижово-здухвинному зчленуванні на осі X та Y в процесі згинання у поперековому відділі хребта (модель № 2)

В умовах післяопераційних змін під час циклу згинання до 45° у ПВХ людини сила навантаження суглобової поверхні здухвинної кістки у крижово-клубовому зчленуванні в моделі № 2, змінювалась наступним чином. У першому періоді руху (згинання від вертикального положення до 45°) по

осі X відзначено поступове збільшення значення сили з від $-0,08\%$ ваги тіла з досягненням максимального $10,86\%$ ваги тіла в кінці періоду з досягненням кута згинання 45° (різниця за цей період склала $10,94\%$). Середнє значення величини вектору сили навантаження становило $(5,94 \pm 4,13)\%$ (мінімальне — $-0,08\%$, максимальне — $10,86\%$).

По осі Y зазначений параметр на початку руху (у проміжку 0° – 10° згинання) незначно збільшувався від $44,70\%$ до $45,52\%$. Далі (від 11° до 44°) відбувалося поступове зниження сили навантаження від $45,48\%$ до $37,02\%$ досягнувши пікового мінімального значення на 45° у значенні $36,94\%$ ваги тіла моделі (різниця за цей період склала $10,94\%$). Середнє значення величини сили навантаження становило $(42,53 \pm 3,18)\%$ ваги тіла (мінімальне — $36,94\%$, максимальне — $45,52\%$). У другий період руху (повернення до вертикального положення від кута згинання 45°) відбувались зворотні зміни у дзеркальному вигляді (рис. 5.3).

В умовах циклу згинання до 45° у ПВХ людини сила навантаження на тіло хребця L_{IV} в моделі № 2, змінювалась наступним чином. У першому періоді руху (згинання від вертикального положення до 45°) по осі X відзначено поступове збільшення значення сили з від $-7,11\%$ ваги тіла з досягненням максимального $-0,85\%$ ваги тіла в кінці періоду з досягненням кута згинання 45° (різниця за цей період склала $6,26\%$). Середнє значення величини вектору сили навантаження становило $(-3,97 \pm 2,34)\%$ (мінімальне — $-7,11\%$, максимальне — $-0,85\%$) (рис. 5.4).

По осі Y зазначений параметр на початку руху (у проміжку 0° – 10° згинання) незначно збільшувався від $48,62\%$ до $49,31\%$. Далі (від 11° до 44°) відбувалося поступове зниження сили навантаження від $49,26\%$ до $41,09\%$ досягнувши пікового мінімального значення на 45° у значенні $41,01\%$ ваги тіла моделі (різниця за цей період склала $8,30\%$). Середнє значення величини сили навантаження становило $(46,43 \pm 3,08)\%$ ваги тіла (мінімальне — $41,01\%$, максимальне — $49,31\%$). У другий період руху (повернення до

вертикального положення від кута згинання 45°) відбувались зворотні зміни у дзеркальному вигляді (рис. 5.4).

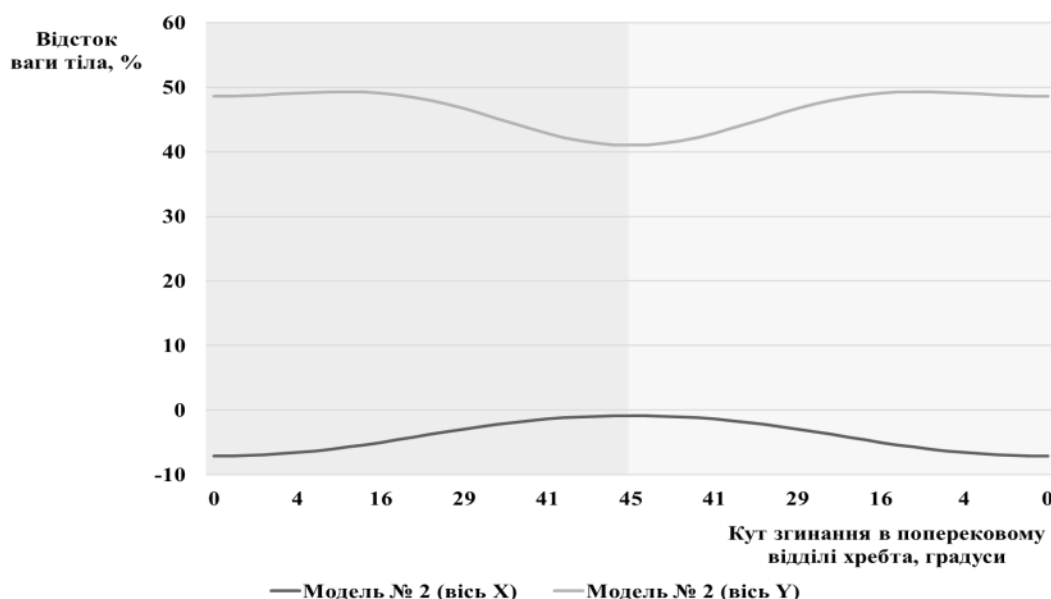


Рис. 5.4. Графіки зміни проекції вектору сили навантаження на тіло хребця L_{IV} по осі X та Y в процесі згинання у поперековому відділі хребта (модель № 2)

Під час циклу згинання до 45° у ПВХ людини спостерігалася наступна різниця в силі навантаження суглобової поверхні здухвинної кістки у крижово-клубовому зчленуванні між моделями № 1 та № 2. По осі X відзначено більше навантаження у моделі № 1 в порівнянні із моделлю № 2 від 0° до 12° згинання. Значення змінювались від 0,20 % до 0,04 % на користь моделі № 1. Однакові значення навантаження були на куті згинання 13° . А далі (від 14° до 45°) відбувалось поступове збільшення значення різниці сили навантаження від 0,04 % ваги тіла з досягненням максимальної різниці 0,47 % ваги тіла на користь моделі № 2 в кінці першого періоду кута згинання до 45° . Середнє значення різниці величини вектору сили навантаження становило $(0,14 \pm 0,25) \%$ (мінімальне — $-0,20 \%$, максимальне — $0,47 \%$).

По осі Y різниця в зазначених параметрах на початку та в кінці руху (0°) була максимальною і склала 0,65 %. Пікове мінімальне значення різниці навантажень на 45° було 0,05 % ваги тіла моделі. Середнє значення різниці

величини сили навантаження становило $(0,32 \pm 0,22) \%$ ваги тіла (мінімальне — $0,65 \%$, максимальне — $0,05 \%$).

В умовах циклу згинання до 45° у ПВХ людини різниця сили навантаження на тіло L_4 хребця між моделями № 1 та № 2, змінювалась наступним чином. У першому періоді руху в проміжку від вертикального положення до 25° згинання по осі X різниця в навантаженні була більшою на користь моделі № 1 в порівнянні із моделлю № 2 де відбувалося поступове зменшення різниці значення сили з від $0,18 \%$ до 0% . Далі навантаження за даною віссю було більшим у моделі № 2 із різницею, яка поступово наростала від $0,01 \%$ до $0,08 \%$ (26° – 45° згинання).

По осі Y різниця в зазначених параметрах на початку та в кінці руху (0°) була мінімальною і склала $0,33 \%$. Пікове максимальне значення різниці навантажень за кута згинання 45° було $1,56 \%$ ваги тіла моделі. Середнє значення різниці величини сили навантаження становило $(0,96 \pm 0,45) \%$ ваги тіла (мінімальне — $0,33 \%$, максимальне — $1,56 \%$) (рис. 5.5).

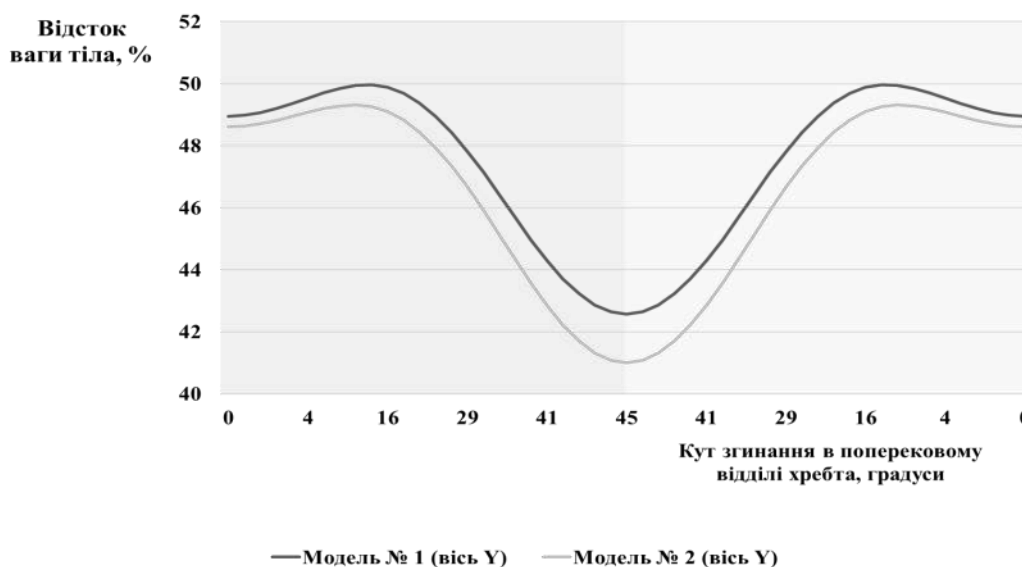


Рис. 5.5. Графіки зміни проекції вектору сили навантаження на тіло хребця L_{IV} по осі Y в процесі згинання у поперековому відділі хребта в порівнянні моделей № 1 та № 2

5.3 Зміни сили навантаження суглобової поверхні здухвинної кістки у крижово-клубовому зчленуванні та на тіло хребця L_{IV} в умовах згинальних рухів у поперековому відділі хребта із частковими дефектами та переміщенням точок фіксації м'язів, які ушкоджуються внаслідок хірургічного доступу, а також із транспедикулярною фіксацією $L_{IV}-S_I$ у нормолордотичному положенні поперекового лордозу (модель № 3)

В умовах післяопераційних змін під час циклу згинання до 45° у ПВХ людини сила навантаження суглобової поверхні здухвинної кістки у крижово-клубовому зчленуванні в моделі № 3 змінювалась наступним чином. У першому періоді руху (згинання від вертикального положення до 45°) по осі X відзначено поступове збільшення значення сили від $-11,96\%$ ваги тіла з досягненням максимального $0,32\%$ ваги тіла в кінці періоду за досягнення кута згинання 45° (різниця за цей період $12,28\%$). Середнє значення величини вектору сили навантаження становило $(-5,30 \pm 4,45)\%$ (мінімальне — $0,32\%$, максимальне — $-11,96\%$).

По осі Y (рис. 5.6) зазначений параметр з початком згинання поступово знижувався від $62,30\%$ до $45,12\%$ на куті 45° згинання (різниця за цей період $17,19\%$).

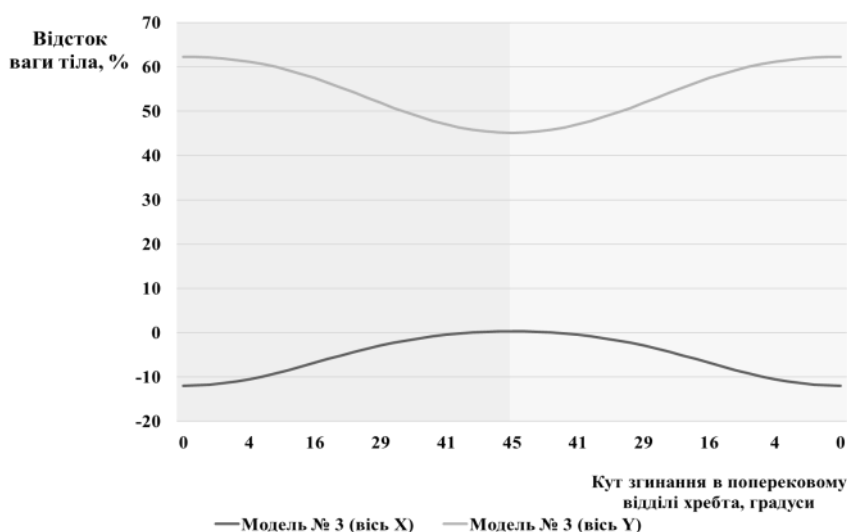


Рис. 5.6. Графіки зміни проекції вектору сили навантаження суглобової поверхні здухвинної кістки у крижово-клубовому зчленуванні по осі Y в процесі згинання у поперековому відділі хребта (модель № 3)

Середнє значення величини сили навантаження становило $(54,23 \pm 6,41) \%$ ваги тіла (мінімальне — $45,12 \%$, максимальне — $62,30 \%$). У другий період руху (повернення до вертикального положення від кута згинання 45°) відбувались зворотні зміни у дзеркальному вигляді.

В умовах циклу згинання до 45° у ПВХ людини сила навантаження на тіло L_{IV} хребця в моделі № 3, змінювалась наступним чином. У першому періоді руху (згинання від вертикального положення до 45°) по осі X відзначено поступове збільшення значення сили з від $-16,14 \%$ ваги тіла з досягненням максимального показника $-1,31 \%$ ваги тіла в кінці періоду за кута згинання 45° (різниця за цей період становила $14,83 \%$). Середнє значення величини вектору сили навантаження становило $(-8,25 \pm 5,49) \%$ (мінімальне — $-16,14 \%$, максимальне — $-1,31 \%$).

По осі Y відбувалося поступове зниження сили навантаження від $63,49 \%$ до $46,98 \%$ на 45° (різниця за цей період $16,51 \%$) (рис. 5.7).

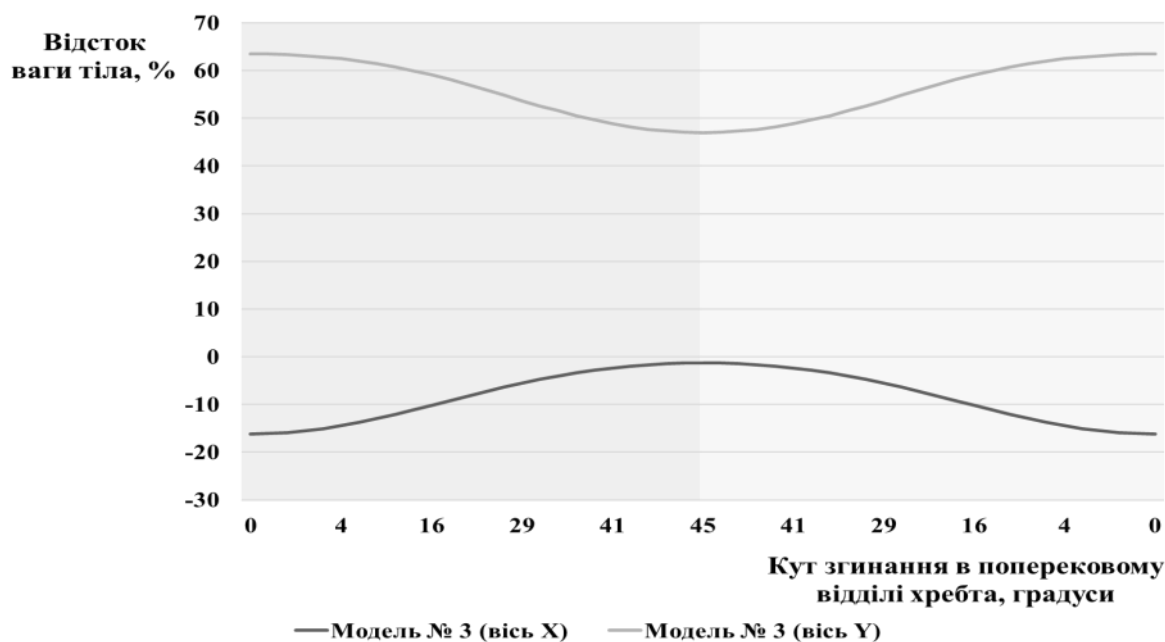


Рис. 5.7. Графіки зміни проекції вектору сили навантаження на тіло хребця L_{IV} по осі X та Y в процесі згинання у поперековому відділі хребта (модель № 3)

Середнє значення величини сили навантаження становило $(55,85 \pm 6,16) \%$ ваги тіла (мінімальне — $46,98 \%$, максимальне — $63,49 \%$).

У другий період руху (повернення до вертикального положення від кута згинання 45°) відбувались зворотні зміни у дзеркальному вигляді. Таким чином, під час циклу згинання до 45° у ПВХ людини різниця в силі навантаження суглобової поверхні здухвинної кістки у крижово-клубовому зчленуванні між моделями № 3 та № 1 була наступна. По осі X відзначено більше навантаження у моделі № 1 в порівнянні із моделлю № 3 на всій амплітуді руху. Значення різниці сили навантаження змінювалось від 12,08 % до 10,07 % (0° – 45°) на користь моделі №1. Середнє значення різниці величини вектору сили навантаження по осі X становило $(11,10 \pm 0,69) \%$ (мінімальне — 10,07 %, максимальне — 12,08 %) (рис. 5.8).

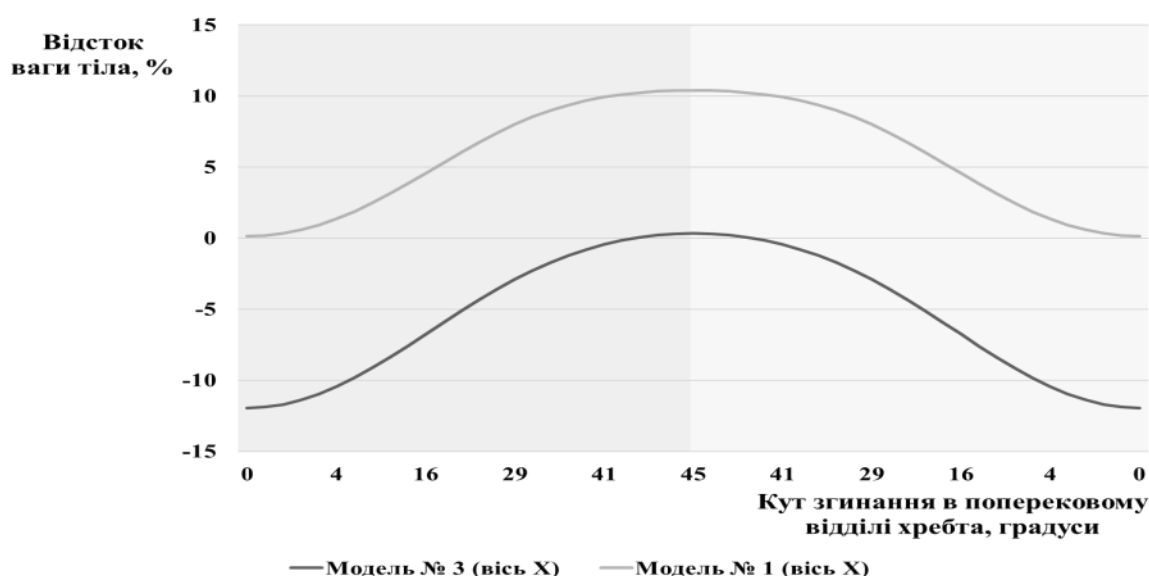


Рис. 5.8. Графіки зміни проекції вектору сили навантаження суглобової поверхні здухвинної кістки у крижово-клубовому зчленуванні по осі X в процесі згинання у поперековому відділі хребта в порівнянні моделей № 3 та № 1

По осі Y різниця в даних параметрах на початку та в кінці руху (0°) була максимальною і склала 18,25 % на користь моделі № 3. Мінімальне значення різниці навантажень було на 45° згинання і склало 8,23 % ваги тіла моделі. Середнє значення різниці величини сили навантаження становило $(12,01 \pm 3,85) \%$ ваги тіла (мінімальне — 8,23 %, максимальне — 18,25 %) (рис. 5.9).

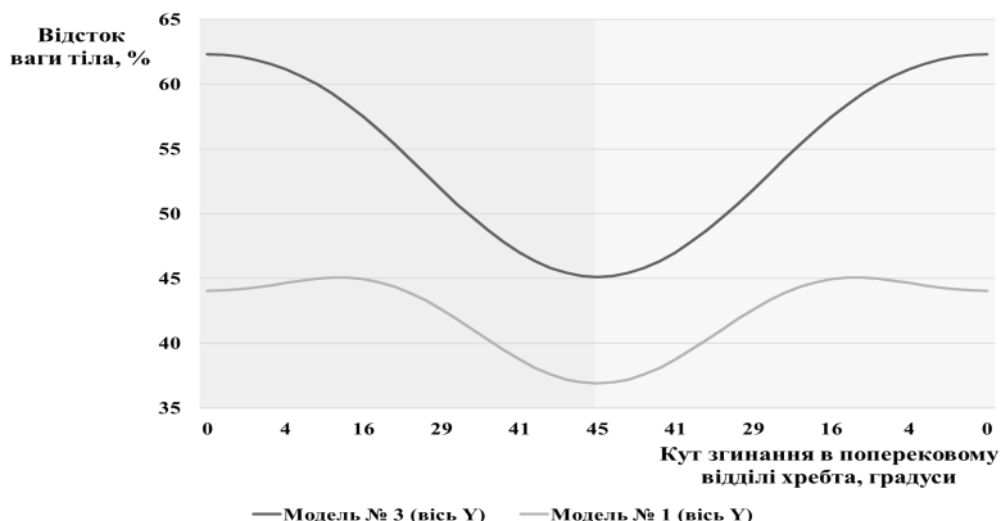


Рис. 5.9. Графіки зміни проекції вектору сили навантаження суглобової поверхні здухвинної кістки у крижово-клубовому зчленуванні по осі Y в процесі згинання у поперековому відділі хребта в порівнянні моделей № 3 та № 1

В умовах циклу згинання до 45° у ПВХ людини різниця сили навантаження на тіла L_{IV} хребця між моделями № 1 та № 3, змінювалась наступним чином. По осі X відзначено більше навантаження у моделі № 1 в порівнянні із моделлю № 3 на всій амплітуді руху (рис. 5.10).

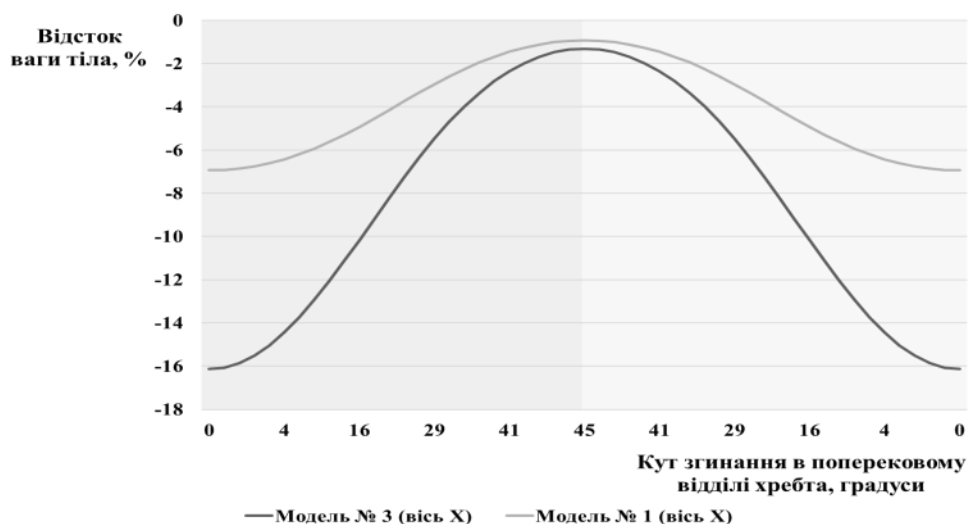


Рис. 5.10. Графіки зміни проекції вектору сили навантаження на тіло хребця L_{IV} по осі X в процесі згинання у поперековому відділі хребта в порівнянні моделей № 3 та № 1

Значення різниці сили навантаження зменшувалось від 9,20 % до 0,38 % (0° – 45°) на користь моделі № 1. Середнє значення різниці величини вектору сили навантаження по осі X становило $(4,31 \pm 3,26)$ % (мінімальне —

9,20 %, максимальне — 0,38 %) (рис. 7.10). По осі Y відзначено більше навантаження у моделі № 3 в порівнянні із моделлю № 1 на всій амплітуді руху. Значення різниці сили навантаження змінювалося від 14,54 % до 4,41 % (0° – 45°) на користь моделі № 3. Середнє значення різниці величини вектору сили навантаження по осі Y становило $(8,46 \pm 3,86)$ % (мінімальне — 4,41 %, максимальне — 14,54 %) (рис. 5.11).

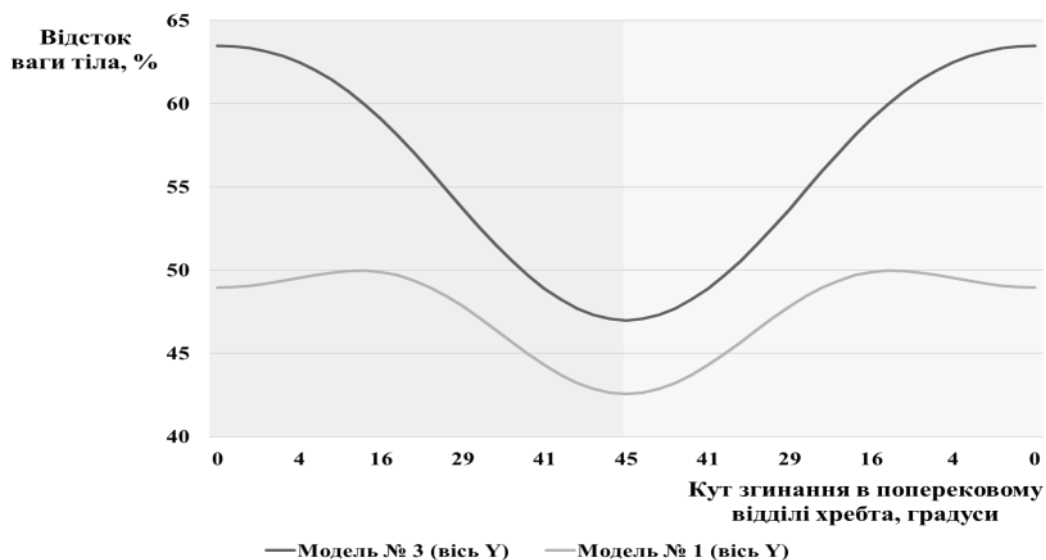


Рис. 5.11. Графіки зміни проекції вектору сили навантаження на тіло хребця L_{IV} по осі Y в процесі згинання у поперековому відділі хребта в порівнянні моделей № 4 та № 3

5.4 Зміни сили навантаження суглобової поверхні здухвинної кістки у крижово-клубовому зчленуванні та на тіло хребця L_{IV} в умовах згинальних рухів у ПВХ із частковими дефектами та переміщенням точок фіксації м'язів, які ушкоджуються внаслідок хірургічного доступу, а також із транспедикулярною фіксацією L_{IV} – S_I у гіполордотичному положенні поперекового лордозу (модель № 4)

В умовах післяопераційних змін під час циклу згинання до 45° у ПВХ сила навантаження суглобової поверхні здухвинної кістки у крижово-клубовому зчленуванні в моделі № 4, змінювалась наступним чином.

У першому періоді руху (згинання від вертикального положення до 45°) по осі X відзначено поступове збільшення значення сили навантаження від 2,60 % ваги тіла з досягненням максимального 9,68 % ваги тіла в кінці періоду за кута згинання 45° (різниця за цей період 7,09 %). Середнє значення величини вектору сили навантаження становило $(6,77 \pm 2,65) \%$ (мінімальне — 9,68 %, максимальне — 2,60 %).

По осі Y зазначений параметр з початком згинання поступово знижувався від 60,56 % до 40,52 % на куті 45° згинання (різниця за цей період 20,03 %). Середнє значення величини сили навантаження становило $(50,86 \pm 7,42) \%$ ваги тіла (мінімальне — 40,52 %, максимальне — 60,56 %). У другий період руху (повернення до вертикального положення від кута згинання 45°) відбувались зворотні зміни у дзеркальному вигляді (рис. 5.12).

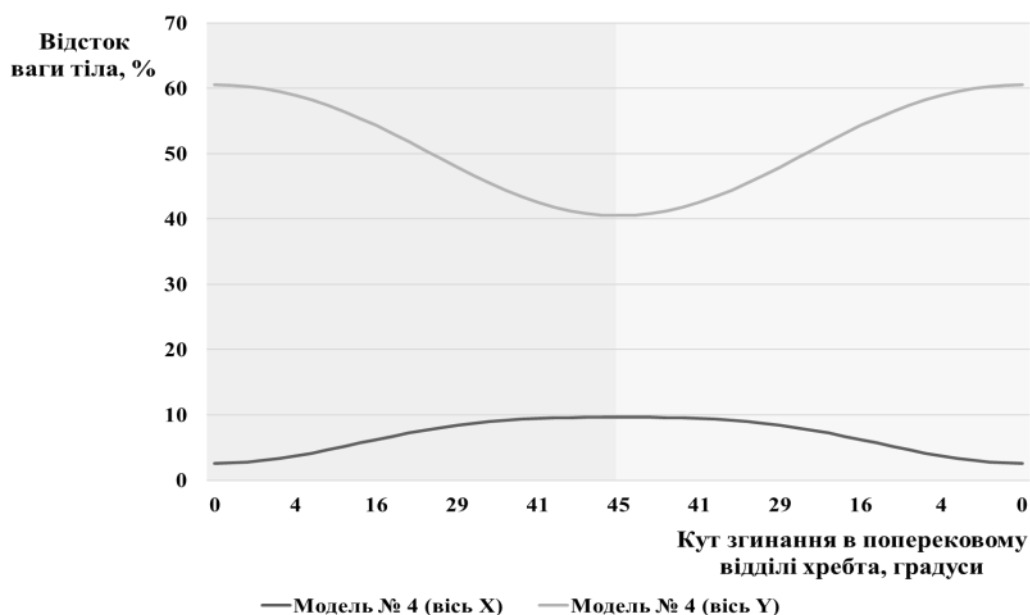


Рис. 5.12. Графіки зміни проекції вектору сили навантаження суглобової поверхні здухвинної кістки у крижово-здухвинному зчленуванні по осі X та Y в процесі згинання у поперековому відділі хребта (модель № 4)

В умовах циклу згинання до 45° у ПВХ людини сила навантаження на тіло L_{IV} хребця в моделі № 4, змінювалась наступним чином. У першому періоді руху (згинання від вертикального положення до 45°) по осі X відзначено поступове збільшення значення сили з від $-16,02 \%$ ваги тіла з

досягненням максимального показника $-1,67\%$ ваги тіла в кінці періоду за кута згинання 45° (різниця за цей період склала $14,35\%$).

Середнє значення величини вектору сили навантаження становило $(-8,35 \pm 5,31)\%$ (мінімальне — $-16,02\%$, максимальне — $-1,67\%$).

По осі Y відбувалося поступове зниження сили навантаження від $60,80\%$ до $43,70\%$ на 45° (різниця за цей період $17,09\%$). Середнє значення величини сили навантаження становило $(52,81 \pm 6,35)\%$ ваги тіла (мінімальне — $43,70\%$, максимальне — $60,80\%$). У другий період руху (повернення до вертикального положення від кута згинання 45°) відбувались зворотні зміни у дзеркальному вигляді (рис. 5.13).

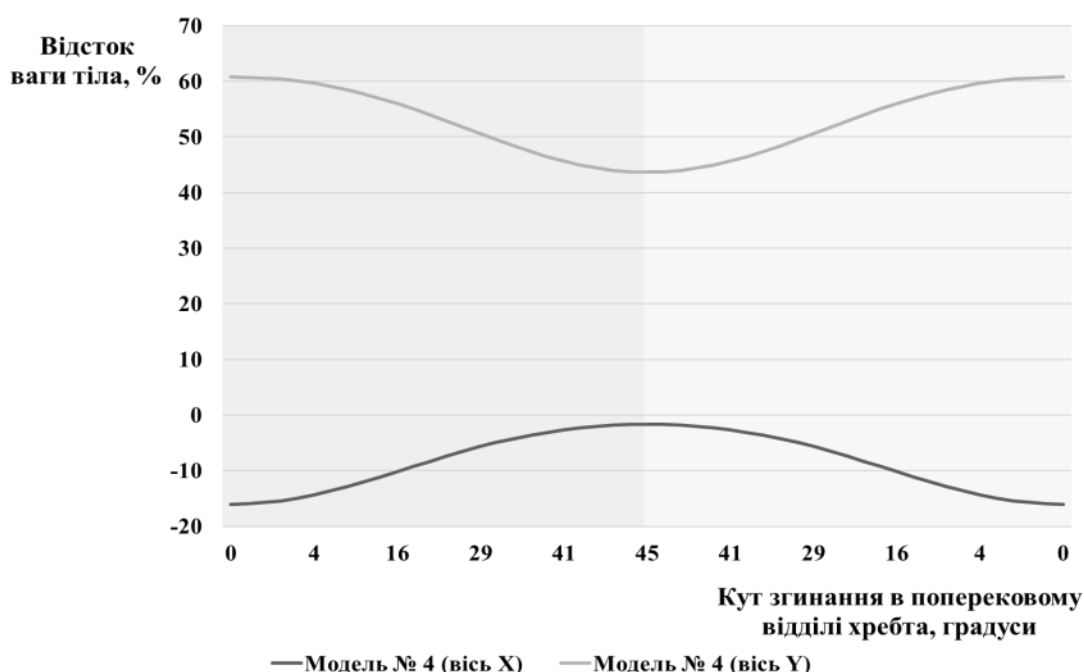


Рис. 5.13. Графіки зміни проекції вектору сили навантаження на тіло хребця L_{IV} по осі X та Y в процесі згинання у поперековому відділі хребта (модель № 4)

Під час циклу згинання до 45° у ПВХ людини спостерігалася різниця в силі навантаження суглобової поверхні здухвинної кістки у крижово-здухвинному зчленуванні між моделями № 4 та № 3. По осі X відзначено більше навантаження у моделі № 4, в порівнянні із моделлю № 3 на всій амплітуді руху. Значення різниці сили навантаження змінювалось від $14,56\%$ до $9,36\%$ (0° – 45°) на користь моделі № 4. Середнє значення різниці величини

вектору сили навантаження по осі X становило $(12,08 \pm 1,93) \%$ (мінімальне — 9,36 %, максимальне — 14,56 %) (рис. 5.14).

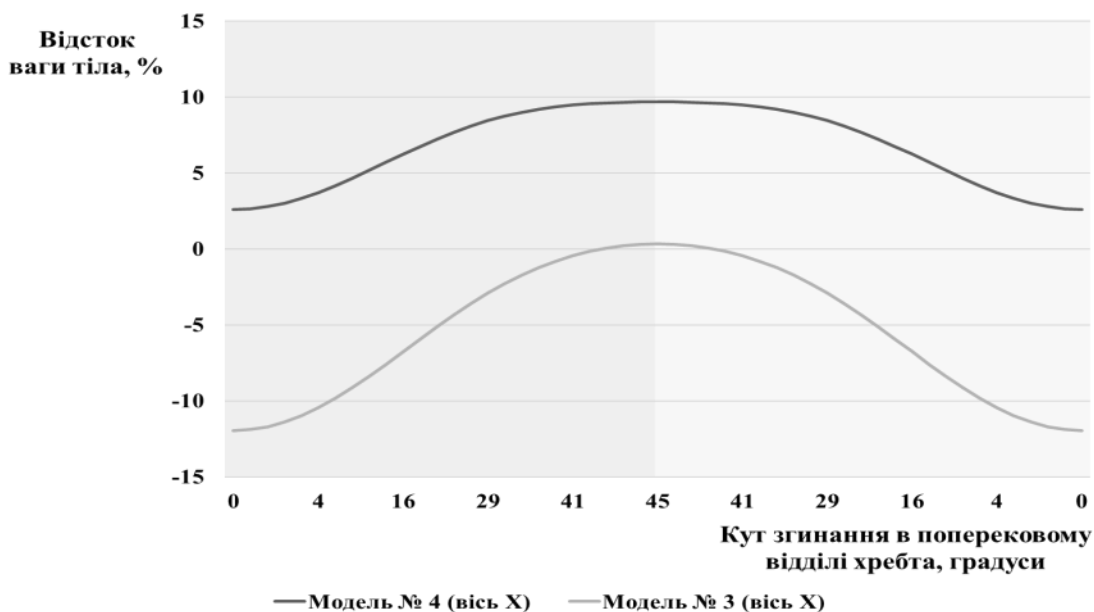


Рис. 5.14. Графіки зміни проекції вектору сили навантаження суглобової поверхні здухвинної кістки у крижово-клубовому зчленуванні по осі X в процесі згинання у поперековому відділі хребта в порівнянні моделей № 3 та № 4

По осі Y різниця в зазначених параметрах на початку та в кінці руху (0°) була мінімальною і склала 1,75 % на користь моделі № 3. Пікове максимальне значення різниці навантажень на 45° було 4,59 % ваги тіла моделі. Середнє значення різниці величини сили навантаження становило $(3,37 \pm 1,04) \%$ ваги тіла (мінімальне — 1,75 %, максимальне — 4,59 %) (рис. 5.15).

В умовах циклу згинання до 45° у ПВХ людини різниця сили навантаження на тіло L_{IV} хребця між моделями № 3 та № 4 змінювалась наступним чином. У першому періоді руху в проміжку від вертикального положення до 16° згинання по осі X різниця в навантаженні була незначно більшою на користь моделі № 3 в порівнянні із моделлю № 4: відбувалося поступове зменшення різниці значення сили з від 0,12 % до 0 %.

Далі навантаження за даною віссю було більшим у моделі № 4 із різницею, яка поступово зростала від 0,03 % до 0,36 % (17° – 45° згинання).

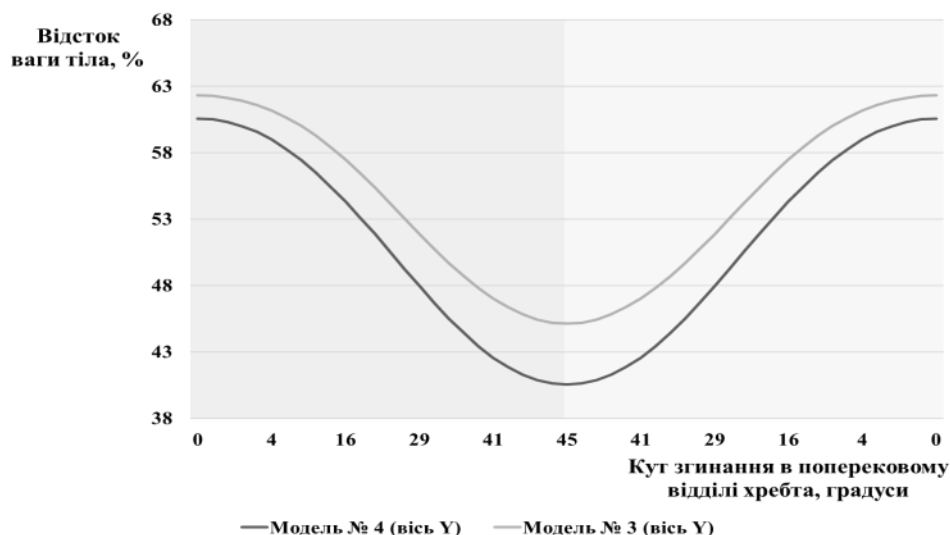


Рис. 5.15. Графіки зміни проекції вектору сили навантаження суглобової поверхні здухвинної кістки у крижово-клубовому зчленуванні по осі Y в процесі згинання у поперековому відділі хребта в порівнянні моделей № 4 та № 3

По осі Y відзначено більше навантаження у моделі № 4 в порівнянні із моделлю № 3 на всій амплітуді руху. Значення різниці сили навантаження змінювалося від 2,69 % до 3,28 % (0° – 45°) на користь моделі № 3. Середнє значення різниці величини вектору сили навантаження по осі Y становило $(3,04 \pm 0,20)$ % (мінімальне — 2,69 %, максимальне — 3,28 %) (рис. 5.16).

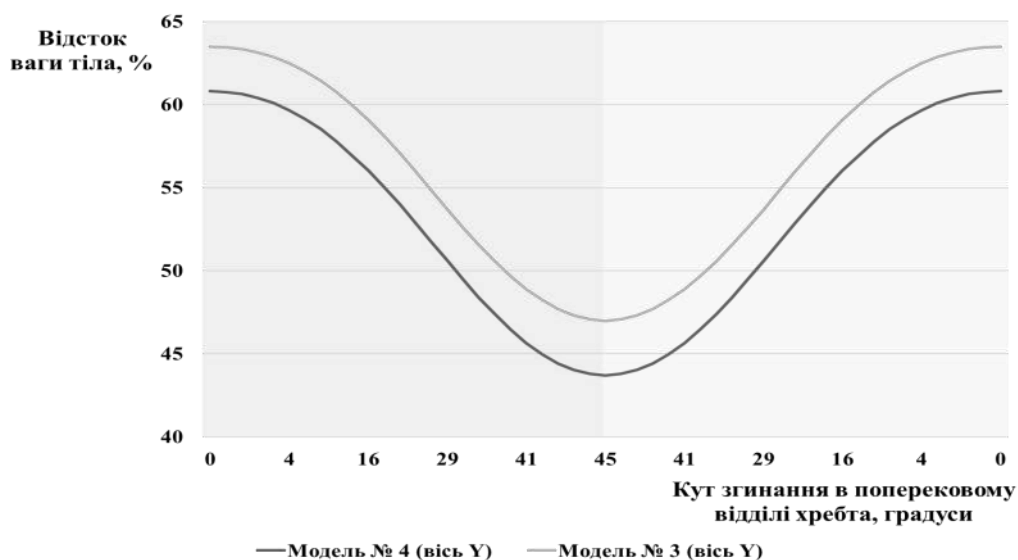


Рис. 5.16. Графіки зміни проекції вектору сили навантаження на тіло хребця L_{IV} по осі Y в процесі згинання у поперековому відділі хребта в порівнянні моделей № 4 та № 3

5.5 Зміни сили навантаження суглобової поверхні здухвинної кістки у крижово-клубовому зчленуванні та на тіло хребця L_{IV} в умовах згинальних рухів у поперековому відділі хребта із частковими дефектами та переміщенням точок фіксації м'язів, які ушкоджуються внаслідок хірургічного доступу, а також із транспедикулярною фіксацією $L_{IV}-S_I$ у гіперлордотичному положенні поперекового лордозу (модель № 5)

В умовах післяопераційних змін під час циклу згинання до 45° у ПВХ людини сила навантаження суглобової поверхні здухвинної кістки у крижово-здухвинному зчленуванні в моделі № 5, змінювалась наступним чином.

У першому періоді руху (згинання від вертикального положення до 45°) по осі X відзначено поступове збільшення значення сили з від $-19,26\%$ ваги тіла з досягненням максимального $-4,89\%$ ваги тіла в кінці періоду за кута згинання 45° (різниця за цей період $14,38\%$). Середнє значення величини вектору сили навантаження становило $(-11,64 \pm 5,33)\%$ (мінімальне — $-19,26\%$, максимальне — $-4,89\%$).

По осі Y (рис. 5.17) зазначений параметр з початком згинання поступово знижувався від $61,14\%$ до $45,97\%$ на куті 45° згинання (різниця за цей період $15,17\%$).

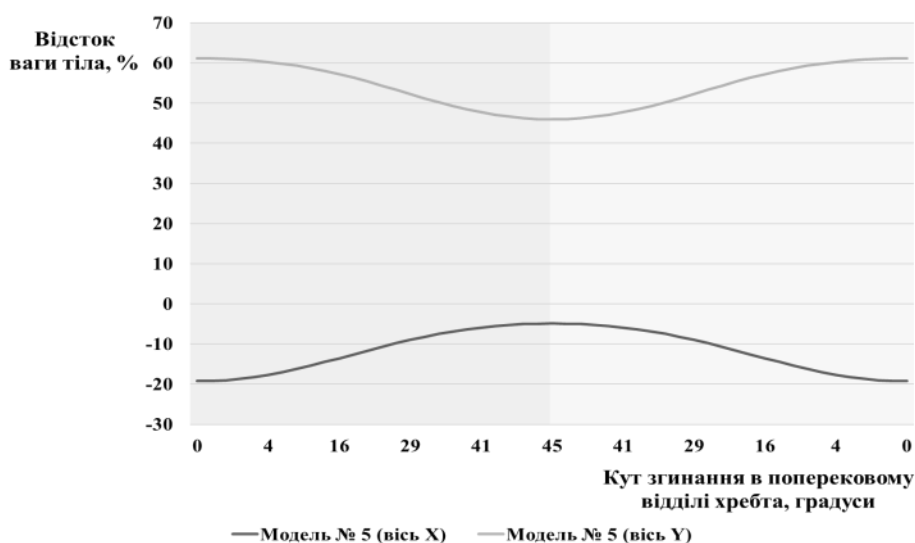


Рис. 5.17. Графіки зміни проекції вектору сили навантаження суглобової поверхні здухвинної кістки у крижово-здухвинному зчленуванні по осі X та Y в процесі згинання у поперековому відділі хребта (модель № 5)

Середнє значення величини сили навантаження становило $(54,18 \pm 5,67) \%$ ваги тіла (мінімальне — $45,97 \%$, максимальне — $61,14 \%$). У другий період руху (повернення до вертикального положення від кута згинання 45°) відбувались зворотні зміни у дзеркальному вигляді.

В умовах циклу згинання до 45° у ПВХ людини сила навантаження на тіло L_{IV} хребця в моделі № 5, змінювалась наступним чином. У першому періоді руху (згинання від вертикального положення до 45°) по осі X відзначено поступове збільшення значення сили з від $-15,95 \%$ ваги тіла з досягненням максимального показника $-1,04 \%$ ваги тіла в кінці періоду за кута згинання 45° (різниця за цей період $14,92 \%$). Середнє значення величини вектору сили навантаження становило $(-8,04 \pm 5,52) \%$ (мінімальне — $-15,95 \%$, максимальне — $-1,04 \%$).

По осі Y відбувалося поступове зниження сили навантаження від $64,13 \%$ до $48,01 \%$ на 45° (різниця за цей період $16,12 \%$) (рис. 5.18).

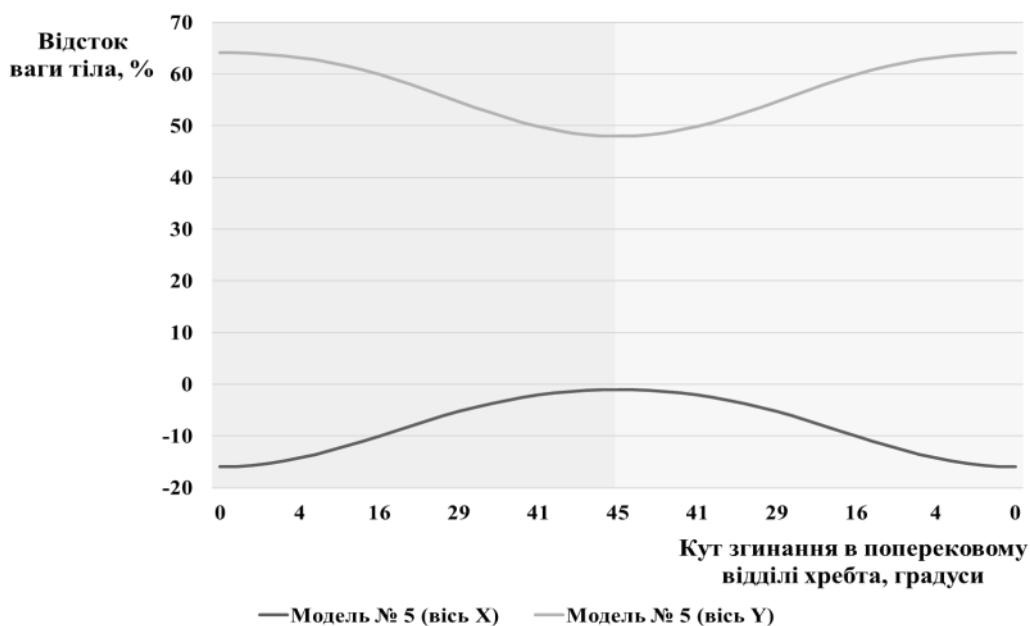


Рис. 5.18. Графіки зміни проекції вектору сили навантаження на тіло хребця L_{IV} по осі X та Y в процесі згинання у поперековому відділі хребта (модель № 5)

Середнє значення величини сили навантаження становило $(56,73 \pm 6,02) \%$ ваги тіла (мінімальне — $48,01 \%$, максимальне — $64,13 \%$). У

другий період руху (повернення до вертикального положення від кута згинання 45°) відбувались зворотні зміни у дзеркальному вигляді.

Таким чином, під час циклу згинання до 45° у ПВХ людини різниця в силі навантаження суглобової поверхні здухвинної кістки у крижово-здухвинному зчленуванні між моделями № 5 та № 3 була наступна. По осі X відзначено відносно більше навантаження у моделі № 3 в порівнянні із моделлю № 5 на всій амплітуді руху. Значення різниці сили навантаження змінювалось від 7,30 % до 5,20 % (0° – 45°) на користь моделі № 3. Середнє значення різниці величини вектору сили навантаження по осі X становило $(6,34 \pm 0,78) \%$ (мінімальне — 5,20 %, максимальне — 7,30 %) (рис. 5.19).

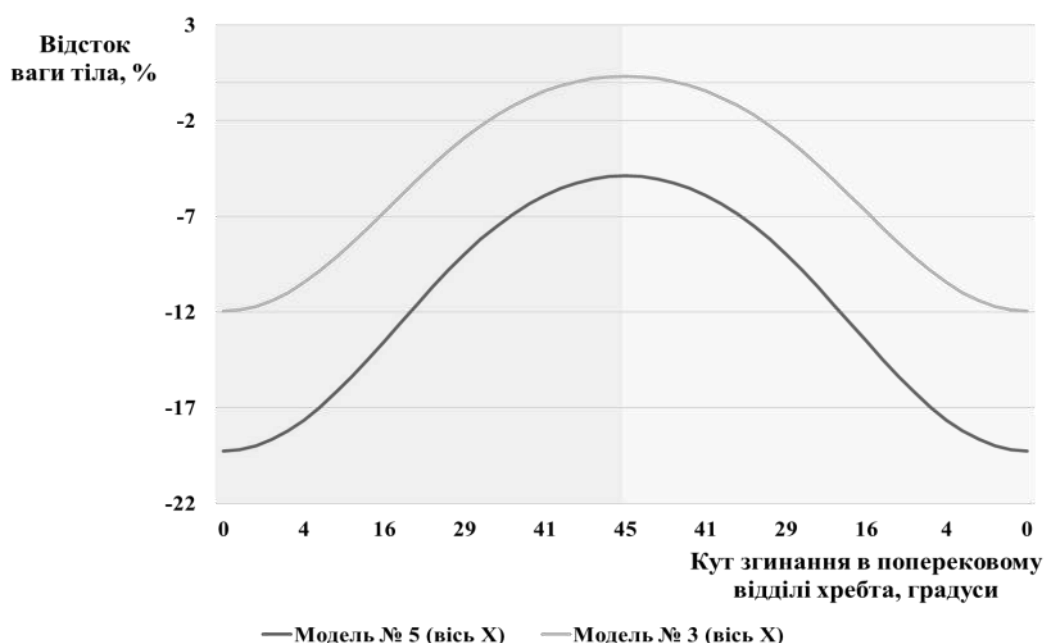


Рис. 5.19. Графіки зміни проекції вектору сили навантаження суглобової поверхні здухвинної кістки у крижово-здухвинному зчленуванні по осі X в процесі згинання у поперековому відділі хребта в порівнянні моделей № 5 та № 3

У першому періоді руху в проміжку від вертикального положення до 18° згинання по осі Y різниця в навантаженні була незначно більшою на користь моделі № 3 в порівнянні із моделлю № 5: відбувалося поступове зменшення різниці значення сили з від 1,16 % до 0 %. Далі навантаження за

даною віссю було незначно більшим у моделі № 5 із різницею, яка поступово зростала від 0,02 % до 0,85 % (19° – 45° згинання).

В умовах циклу згинання до 45° у ПВХ людини різниця сили навантаження на тіло хребця L_{IV} між моделями № 3 та № 5 змінювалась наступним чином. У першому періоді руху в проміжку від вертикального положення до 16° згинання по осі X відзначено більше навантаження у моделі № 5 в порівнянні із моделлю № 3 на всій амплітуді руху. Значення різниці сили навантаження змінювалось від 0,18 % до 0,27 % (0° – 45°) на користь моделі № 5. Середнє значення різниці величини вектору сили навантаження по осі X становило $(0,21 \pm 0,04)$ % (мінімальне — 0,18 %, максимальне — 0,27 %).

По осі Y відзначено більше навантаження у моделі № 5 в порівнянні із моделлю № 3 на всій амплітуді руху. Значення різниці сили навантаження змінювалось від 0,64 % до 1,03 % (0° – 45°) на користь моделі № 5. Середнє значення різниці величини вектору сили навантаження по осі Y становило $(0,88 \pm 0,15)$ % (мінімальне — 0,64 %, максимальне — 1,03 %).

5.6 Резюме

Отже, дослідження кінематичної моделі ПВХ на скелетно-м'язових моделях після виконання ТФ L_{IV} – S_I , показало зміни сил навантаження при згинанні вперед на крижово-здухвинне зчленування та хребець, суміжний з рівнем ТФ. Відмінність отриманих результатів безпосередньо залежить від положення кута ТФ поперекового лордозу та роботи м'язів. Фіксація ХРС у гіполордотичному положенні призводить крижово-здухвинне зчленування до збільшення навантажень на 7,09 %, а на верхній суміжний до зони фіксації хребець на 14,35 %. Фіксація у гіперлордотичному положенні призводить до збільшення навантажень на верхній суміжний сегмент на 14,92 %, а на крижово-здухвинне зчленування навпаки до зменшення 15,17 %.

Використана модель довела взаємозв'язок між м'язами, спондилодезом, кінематикою навантажень на крижово-здухвинне зчленування і тіло хребця вище рівня інструментації. Зміни амплітуди навантажень, по-перше, можуть грати велику роль в розвитку захворювань суміжного сегмента прилеглого до зони спондилодезу, по-друге, бути одним із факторів причини розвитку синдрому невдало оперованої спини («failed back» синдром) і, по-третє, можуть грати не останню роль в розвитку ускладнень, безпосередньо пов'язаних з ТК, що узгоджується з клінічними даними.

В дослідженні моделювання нахилу вперед верхньої половини на 45° вважається важливою умовою навантаження на ПВХ. Слід зазначити, що рух тулуба вперед і повертання його назад не імітує повсякденну діяльність людини, а дослідження було обмежене сагітальним рухом без одночасного впливу кульшових суглобів і ротаційних рухів [77].

Прагнучі виконати ТФ, потрібно звертати увагу на сегменти зі значними дегенеративними змінами, де має місце зниження висоти МХД або відбувся його колапс, тому, що вже наявність таких змін призводить до зменшення лордозу який спочатку не відображає порушення балансу хребта. Відповідно, при плануванні проведення полісегментарної фіксації хребта слід враховувати рентгенологічні зміни у сегментах та кут поперекового лордозу для того, щоб мінімізувати вплив негативних біомеханічних змін, які можуть виникнути.

Розроблені в даній роботі кінематичні моделі можуть бути потенційно запропоновані для використання при плануванні хірургічного втручання в якості профілактичних заходів ускладнень ТФ.

За матеріалами розділу опубліковано наступні роботи:

[76] Барков, О. О., Малик, Р. В. & Карпінська, О. Д. (2023а). Дослідження навантаження у крижово-клубовому зчленуванні при динамічній симуляції рухів у поперековому відділі хребта на скелетно-

м'язових моделях після виконання заднього бісегментарного спондилодезу. *Travma*. 24(2), 46–51. DOI: <https://doi.org/10.22141/1608-1706.2.24.2023.944>

[77] Барков, О. О., Малик, Р. В. & Карпінська, О. Д. (2023б). Дослідження навантаження тіла хребця L_{IV} за динамічної симуляції рухів у поперековому відділі хребта на скелетно-м'язових моделях після виконання заднього бісегментарного спондилодезу. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 3(636), 13–18. DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872023313-18>

РОЗДІЛ 6

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ХРЕБТОВОГО РУХОВОГО СЕГМЕНТА ТА ПРИЛЕГЛИХ СПИННОМОЗКОВИХ НЕРВІВ ЗА УМОВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЕГЕНЕРАЦІЇ МІЖХРЕБЦЕВОГО ДИСКА ТА КОМПРЕСІЇ НЕРВОВИХ СТРУКТУР У ЩУРІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕВРОЛОГІЧНИХ УСКЛАДНЕНЬ ПІСЛЯ СПОНДИЛОДЕЗУ

Одним із найпоширеніших методів хірургічного лікування захворювань та деформацій хребта є спондилодез — операція, що спрямована на знерухомлення ураженого сегмента чи відділу хребта. Проте, стабілізуючи уражений ХРС спінальні імпланти призводять до збільшення навантаження на суміжні сегменти і можуть бути причиною порушення структурно-функціональних співвідношень у хребті. Для випробувань нових методів фіксації хребта, а також порівняльної оцінки ригідних і динамічних конструкцій, які використовують у клініці, важливе значення мають експериментальні дослідження на тваринах [220–223]. На підставі вивчення перебудови тканин ХРС можна оцінити матеріали, які застосовують для спондилодезу: кісткові та біосинтетичні (різновиди кераміки, вуглець тощо) трансплантати, а також імітувати умови, що впливають на кінцевий результат [224]. Ригідні імпланти для спондилодезу широко використовують у клінічній практиці, проте відомі лише поодинокі дослідження, де при цьому на тканинному рівні розглянуто перебудову складових ХРС [225].

В поданому дослідженні було розроблено та апробовано на практиці дві моделі для дослідження неврологічних ускладнень та змін у ХРС білих щурів після спондилодезу, які можуть відтворювати зміни у ХРС людини при розвитку дегенеративних захворювань на суміжних сегментах, в тому числі, після лікування у вигляді спондилодезу з використанням ТГ.

6.1 Гістологічні зміни в структурах поперекового відділу хребта у щурів після моделювання ушкодження міжхребцевого диска та компресії прилеглого спинномозкового нерву шляхом його перев'язування (модель 1)

Модель № 1 ($n = 7$) (рис. 6.1). *Краніальний сегмент.* У МХД хребтового сегменту, розміщеного краніально від пошкодженого диска у зовнішньому відділі волокнистого кільця, колагенові волокна були відповідним чином організовані, лише у одного щура (14 %) виявлено порушення (рис. 6.1, а).

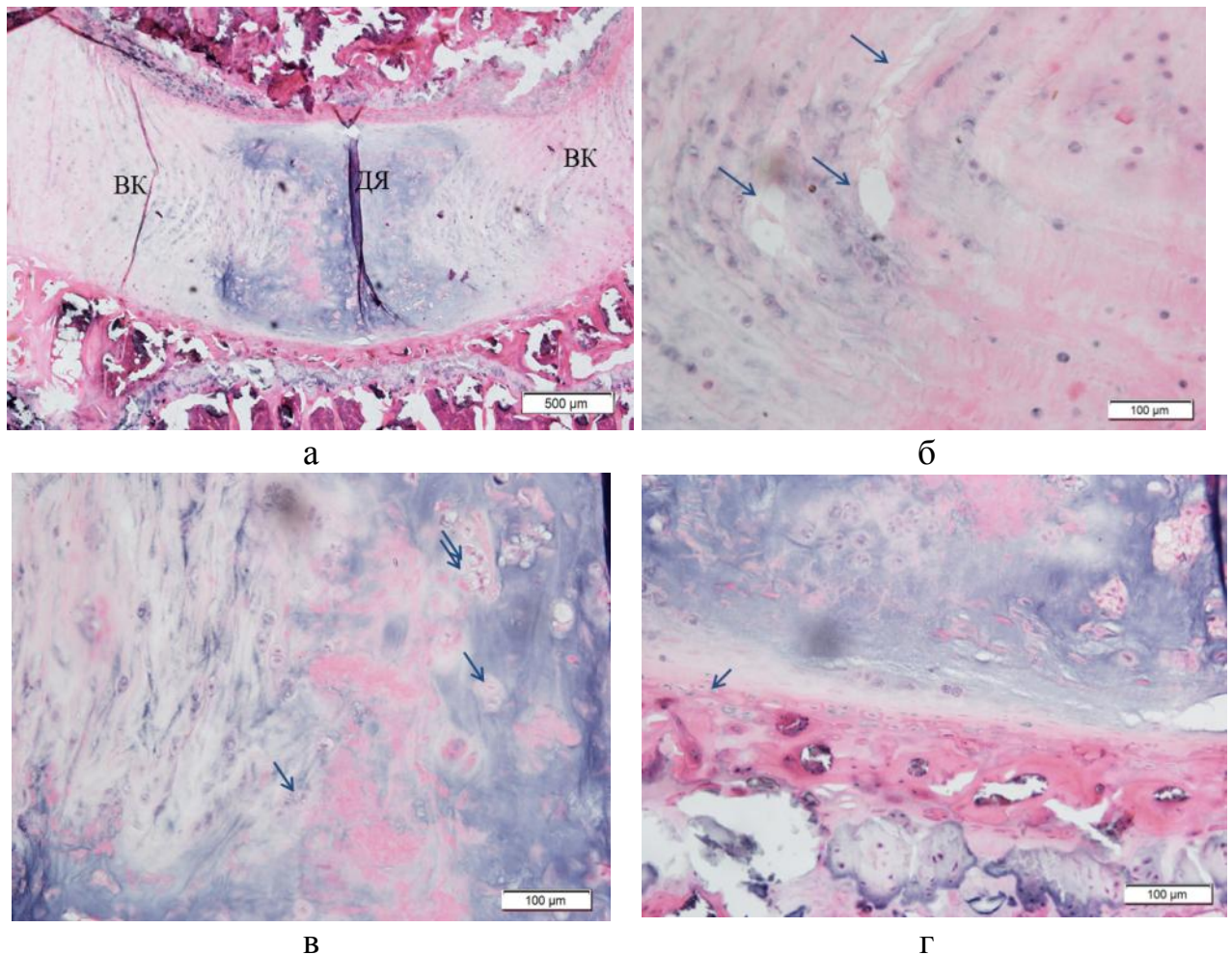


Рис. 6.1. Фотовідбитки гістопрепаратів міжхребцевих дисків щурів хребтового сегмента краніально від ушкодженого у моделі № 1. Загальний вигляд структури міжхребцевого диска (а). Тріщина між пластинками у внутрішньому відділі волокнистого кільця (б). Неоднорідне забарвлення матриксу, накопичення колагену у драглистому ядрі поряд з кластерами з хондроцитів (стрілка) та одиничними нотохордальними клітинами (стрілки) (в). Гіпертрофія хондроцитів в замикальній пластинці (стрілка) (г). Збільшення: а) 40; б–г) 200. Забарвлення гематоксиліном та еозином.

Клітинний склад у зовнішньому відділі був представлений фіброхондроцитами, а у внутрішньому відділі — хондроцитами. Щільність клітин була від середньої до високої. Проте у зовнішньому відділі визначали міжволоконні розриви/тріщини у пластинках у половини щурів, а у іншій половині — без структурних змін (рис. 6.1, б).

У драглистому ядрі матрикс був неоднорідним за забарвленням у всіх щурів крім одного. У 70 % щурів у драглистому ядрі виявляли нотохондральні клітини, а у інших лише хондроцити, у одного щура дегенеративні клітини разом з хондроцитами (рис. 9.1, в). У половини щурів, у яких визначали нотохондральні клітини, також виявлено хондроцити. Серед ознак дегенерації драглистого ядра виявлено наступні: втрату клітин у 42 % щурів, накопичення колагену — у 57 %, та кальцифікацію у 1 (14 %) щурів (рис. 6.1, в). Замикальні пластинки були без порушень структури у всіх крім одного щура, у якого вони були кальцифіковані із проростанням судин.

На цьому рівні хребтового сегменту ознак запалення не встановлено.

Рівень пошкодження. На рівні пошкодження МХД стоматологічним бором у волокнистому кільці у всіх щурів визначено порушення організації колагенових волокон, у 28 % вони були розірвані. Зовнішній та внутрішній відділи не мали вираженої різниці у структурі, а серед клітин визначали у половини щурів лише хондроцити, у інших як фіброхондроцити, так і хондроцити (рис. 6.2). Щільність клітин була від середньої до низької, у одного щура — високою. Серед збережених пластинок зовнішнього відділу волокнистого кільця у 71 % щурів визначали міжволоконні розриви, які поєднувалися у 28 % з фрагментацією пластинок, а у 28 % виявлено детрит.

Драглисте ядро не мало характерної структури через пошкодження бором та фактично було заміщене іншими тканинами: у 57 % — сполучної тканиною, іноді з судинами капілярного типу, з великою кількістю фібробластів, одиничними хондроцитами, а у 33 % — хрящової тканиною з хондроцитами та малими осередками нотохондральних клітин (рис. 6.2).

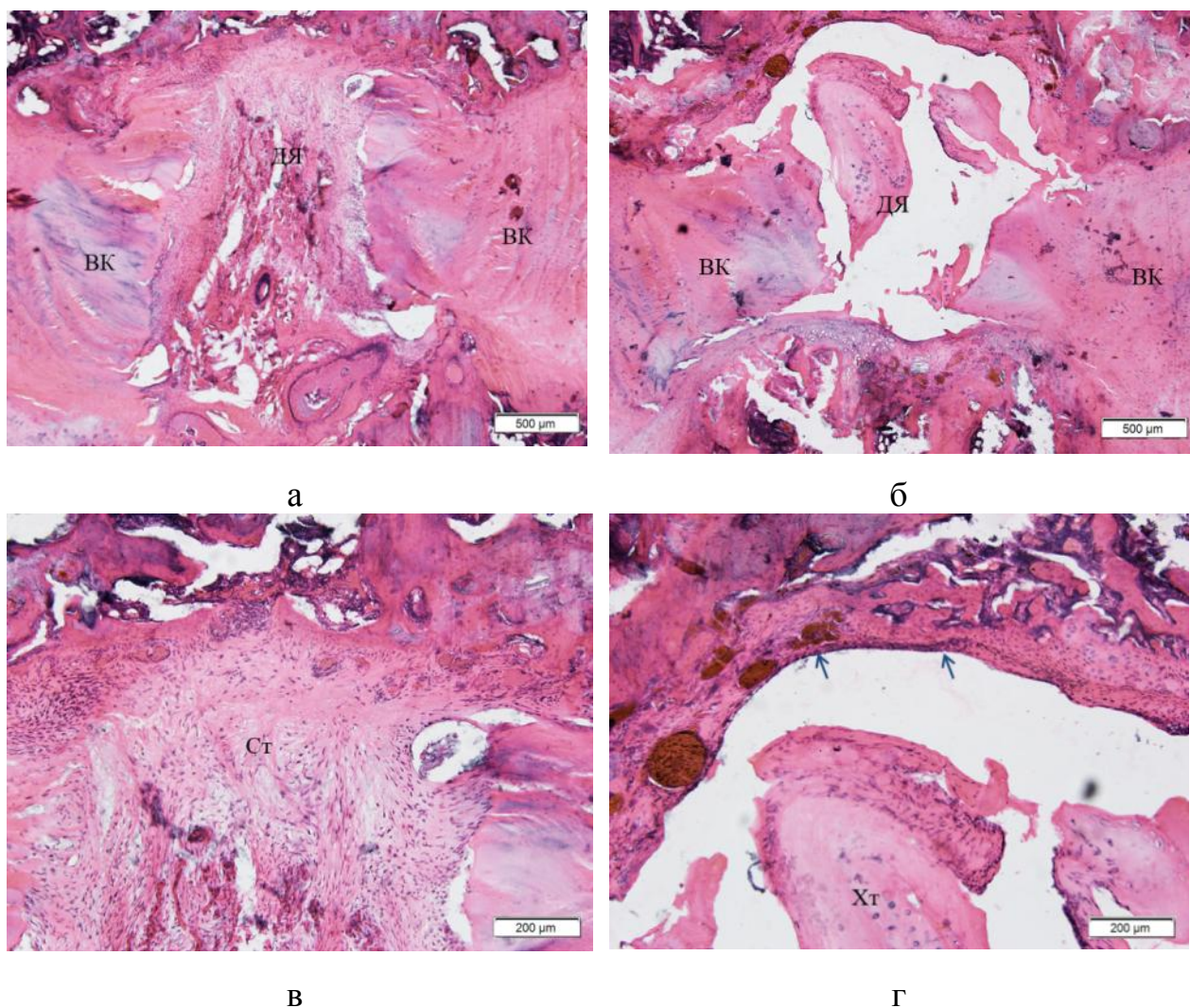


Рис. 6.2. Фотовідбитки гістопрепаратів ушкоджених міжхребцевих дисків щурів у моделі № 1. Заміщення драглистого ядра (ДЯ) сполучною тканиною (Ст) (а, в) або хрящовою тканиною (Хт) з її розтріскуванням (б, г) з частковим збереженням пластинчастої структури волокнистого кільця (ВК), відсутність замикальної пластинки (стрілка) (в, г). Збільшення: а–б) 40; в–г) 100. Забарвлення гематоксиліном та еозином

У щурів із заміщенням драглистого ядра хрящовою тканиною виявляли тріщини у матриксі та детрит поряд з ними. У одного щура з семи (14 %) хрящова тканина у зоні драглистого ядра поєднувалася з новоутвореними осередками кісткової тканини, судинами капілярного типу та детритом. Ознак запалення на цьому рівні хребтового сегменту не виявляли.

Каудальний сегмент. У волокнистому кільці МХД хребтового сегмента каудально від пошкодженого рівня колагенові волокна були нормально організовані у 57 %, а у інших мали ознаки дезорганізації. Клітини, які

визначали були характерні для волокнистого кільця — фіброхондроцити та хондроцити. Щільність клітин була від середньої до високої. Міжволоконні розриви у пластинках волокнистого кільця виявлено у половини щурів, а у інших цілісність була збережена (рис. 6.3).

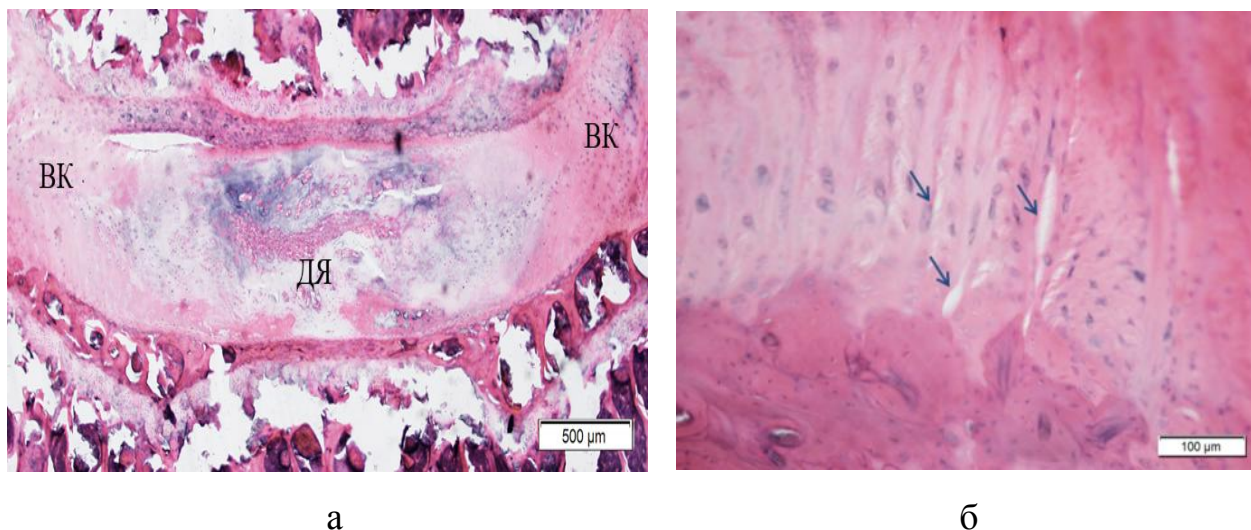
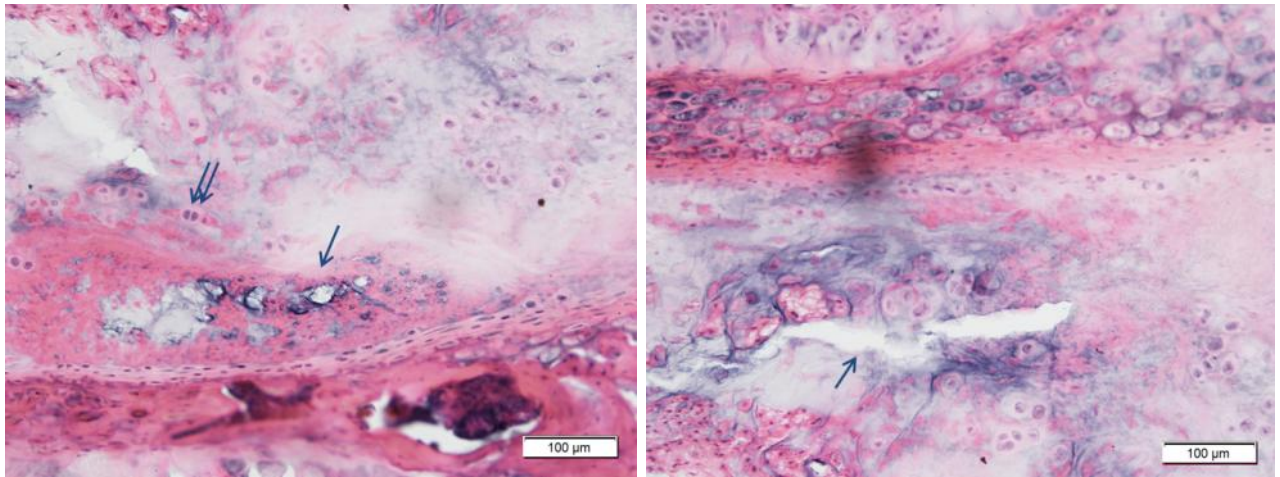


Рис. 6.3. Фотовідбитки гістопрепаратів міжхребцевих дисків щурів хребтового сегмента краніально від ушкодженого у моделі № 1. Загальний вигляд структури міжхребцевого диска з порушенням розмежування волокнистого кільця та драглистого ядра. Нерівномірне забарвлення матриксу драглистого ядра (а). Тріщини між пластинками у волокнистому кільці (б). Збільшення: а) 40; б) 200. Забарвлення гематоксиліном та еозином

У драглистому ядрі лише у половини щурів виявлено нотохондральні клітини, а у інших тільки хондроцити. Нотохондральні клітини часто поєднувалися з хондроцитами (рис. 6.4, а). Матрикс драглистого ядра був переважно неоднорідно забарвленим. Серед ознак дегенерації драглистого ядра у 28 % виявлено накопичення колагену, а у інших — ділянки кальцифікації (рис. 6.4, б). Замикальні пластинки були цілісні без ознак проростання судин. Запалення не було виявлено у жодного з щурів.

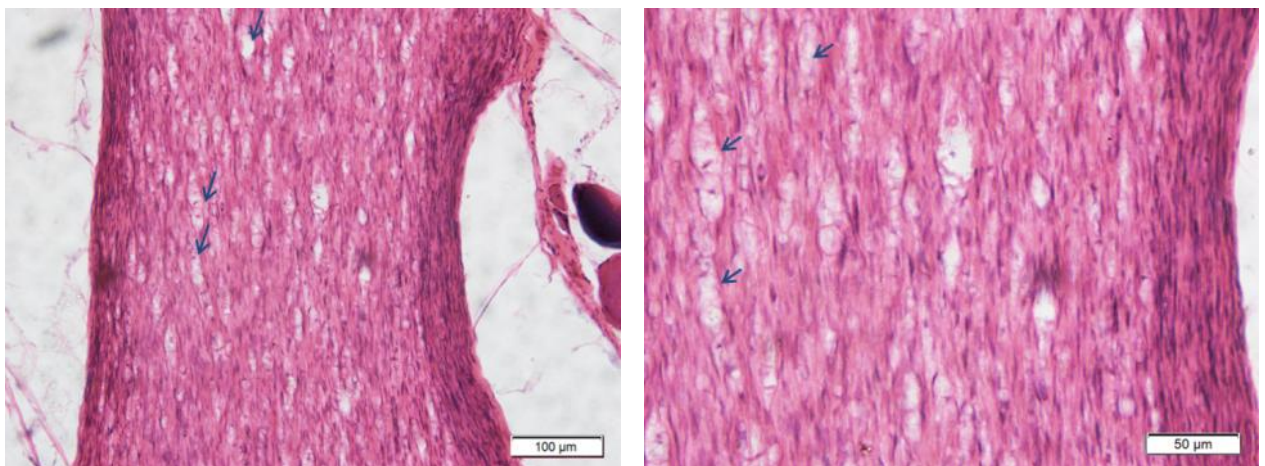


а

б

Рис. 6.4. Фотовідбитки гістопрепаратів міжхребцевого диска щура хребтового сегмента каудально від ушкодженого у моделі № 1. Накопичення колагену (стрілка), поодинокі хондроцити (стрілки) (а). Тріщина (стрілка) поблизу кластерів з хондроцитів у драглистому ядрі (б). Збільшення 200. Забарвлення гематоксиліном та еозином

На цьому рівні спинномозкові нерви, що утворювали поперекове сплетіння були оточені епіневрієм з щільної сполучної тканини (рис. 6.5).



а

б

Рис. 6.5. Спинномозковий нерв каудально від рівня перев'язування нервового стовбура у щурів у моделі № 1. Дегенеративні зміни аксонів (стрілки), поодинокі Шванівські клітини. Збільшення: а) 200; б) 400. Забарвлення гематоксиліном та еозином

У нервових волокнах визначали дегенеративні зміни аксонів у вигляді накопичення аморфних продуктів розпаду та фрагментації аксонів (рис. 6.5). Визначали одиничні Шванівські клітини. Згідно кількісній оцінці дегенеративних змін у МХД, у моделі № 1 у балах не виявлено різниці між краніальним та каудальним дисками (табл. 6.1), але середній показник становив $\approx 6,5$ балів. Сума балів для волокнистого кільця пошкодженого диска була значуще більшою порівняно з обома суміжними дисками ($p = 0,016$; $p = 0,026$). Згідно кількісній оцінці дегенеративних змін у МХД у моделі № 1 не виявлено різниці між краніальним та каудальним дисками (табл. 6.1), але середній показник становив $\approx 6,5$ балів.

Сума балів для волокнистого кільця пошкодженого диска була значуще більшою порівняно з обома суміжними дисками ($p = 0,016$; $p = 0,026$).

Таблиця 6.1 – Кількісна оцінка дегенеративних змін у міжхребцевих дисках (у балах) (адаптовано за А. Lai та співавт. (2021)) [186]

Категорії	Модель № 1			Модель № 2		
	крані- альний	ушкод- жений	каудаль- ний	краніаль- ний	ушкод- жений	каудаль- ний
1	2	3	4	5	6	7
<i>Драглисте ядро</i>						
форма	$1,0 \pm 0,6$	—	$1,4 \pm 0,5$	$1,0 \pm 0,0$	—	$0,7 \pm 0,6$
площа	$0,7 \pm 0,5$	—	$1,6 \pm 0,5$	$0,3 \pm 0,6$	—	$0,7 \pm 0,6$
кількість клітин	$1,0 \pm 0,8$	—	$1,2 \pm 0,8$	$1,0 \pm 1,0$	—	$1,0 \pm 1,0$
морфологія клітин	$1,1 \pm 0,7$	—	$1,2 \pm 0,8$	$1,0 \pm 1,0$	—	$1,0 \pm 1,0$
Сума у драглистому ядрі	$3,9 \pm 2,2$	—	$5,4 \pm 2,1$ $p_1 = 1,00$	$3,3 \pm 2,5$ $p_3 = 0,833$	—	$3,3 \pm 2,5$ $p_1 = 1,000$ $p_3 = 0,250$
Межа «драглисте ядро – волокнисте кільце»	$1,6 \pm 0,5$	—	$1,6 \pm 0,9$	$0,7 \pm 0,6$	—	$1,0 \pm 1,0$

Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4	5	6	7
<i>Волокнисте кільце</i>						
Ламелярна організація	$0,3 \pm 0,5$	$2,0 \pm 0,0$	$0,5 \pm 0,5$	$0,0 \pm 0,0$	$1,5 \pm 1,0$	$0,0 \pm 0,0$
Тріщини/розриви	$0,7 \pm 0,5$	$1,7 \pm 0,5$	$0,5 \pm 0,5$	$0,3 \pm 0,6$	$1,8 \pm 0,5$	$0,3 \pm 0,6$
Сума у волокнистому кільці	$1,0 \pm 0,8$	$3,7 \pm 0,5$ $p_1 = 0,016$ $p_2 = 0,026$	$1,0 \pm 1,1$ $p_1 = 0,564$	$0,3 \pm 0,6$ $p_3 = 0,267$	$3,3 \pm 1,5$ $p_1 = 0,157$ $p_2 = 0,157$ $p_3 = 1,000$	$0,3 \pm 0,6$ $p_1 = 1,000$ $p_3 = 0,548$
Замикальна пластинка	$0,3 \pm 0,5$	$2,0 \pm 0,0$	$0,5 \pm 0,5$	$1,0 \pm 0,0$	$2,0 \pm 0,0$	$0,3 \pm 0,6$
Сума	$6,7 \pm 1,6$	$5,7 \pm 0,5$	$7,3 \pm 2,9$ $p_1 = 1,000$	$5,3 \pm 3,5$ $p_3 = 0,517$	$5,3 \pm 1,5$ $p_3 = 1,000$	$5,0 \pm 3,0$ $p_1 = 0,655$ $p_3 = 0,381$

p_1 — порівняння з відповідним показником краніального диска ($L_{IV}-L_V$); p_2 — порівняння з відповідним показником каудального диску ($L_{VI}-S_I$); p_3 — порівняння з відповідними показниками Моделі № 1.

6.2 Гістологічні зміни в структурах поперекового відділу хребта у щурів після моделювануя ушкодження міжхребцевого диска та спондилодезу з компресією прилеглих спинномозкових нервів шляхом їх притискання металевими скобами (модель 2)

Модель № 2 ($n = 4$) *Краніальний сегмент*. МХД, розташований краніально від пошкодженого сегменту складався з волокнистого кільця і драглистого ядра (рис. 6.6, а). У волокнистому кільці МХД колагенові волокна зберігали відповідну структурну організацію у 80 % щурів. Фіброхондроцити розміщувалися у зовнішньому та хондроцити — у внутрішньому відділі волокнистого кільця. Щільність клітин була середньою. У зовнішньому відділі волокнистого кільця у 40 % щурів виявлено міжволоконні розриви у пластинках (рис. 6.6, б), а у інших — зберігали цілісність. У драглистому ядрі матрикс мав неоднорідне забарвлення у 60 %

щурів, Клітинний склад був представлений у всіх щурів нотохордальними клітинами, у 40 % з них виявляли також хондроцити (рис. 6.6, в). Серед дегенеративних ознак визначали накопичення колагену у 60 % щурів. Замикальні пластинки були кальцифіковані у 80 % щурів, без проростання судин (рис. 6.6, г). Ознак запалення не виявлено у жодного з щурів.

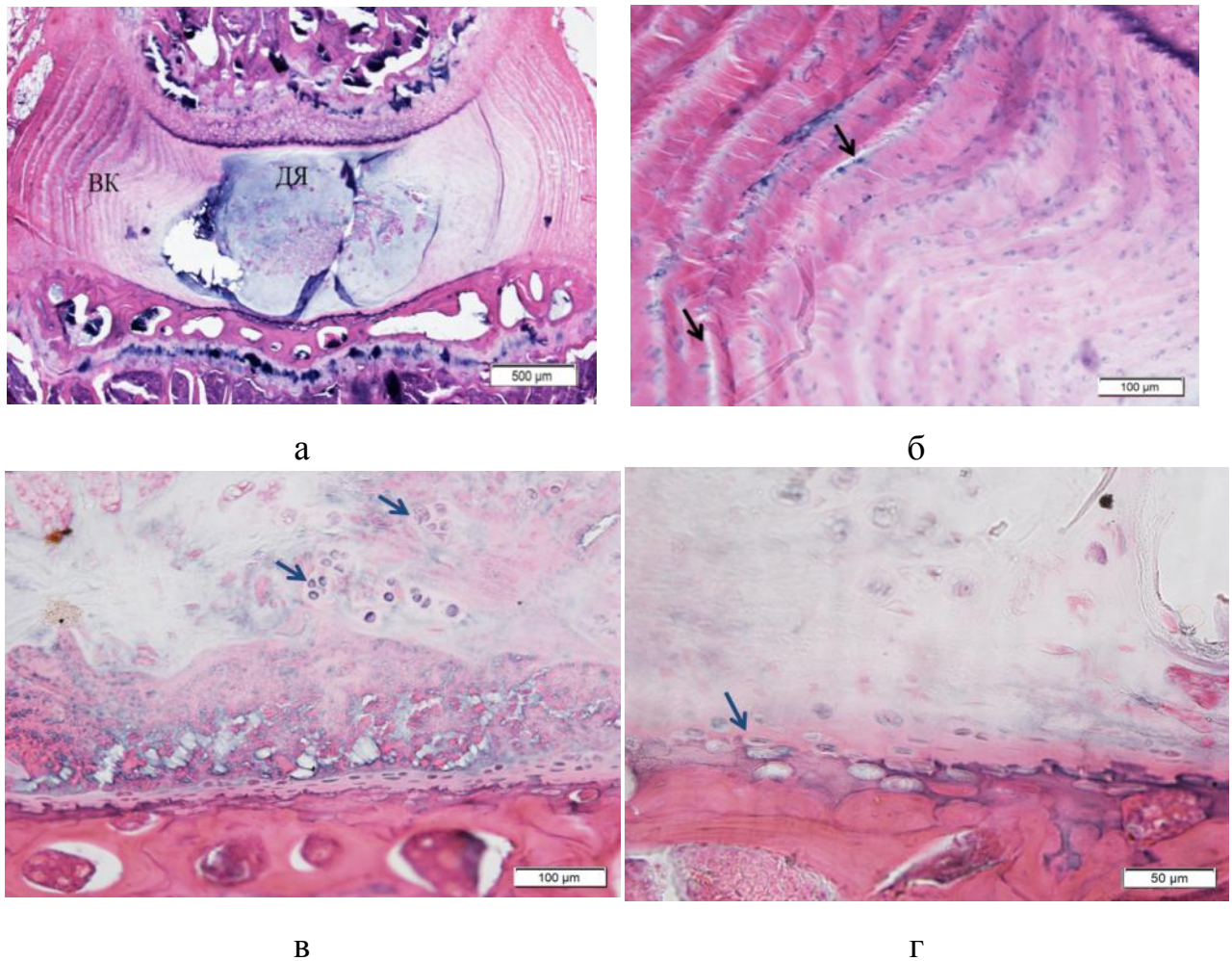
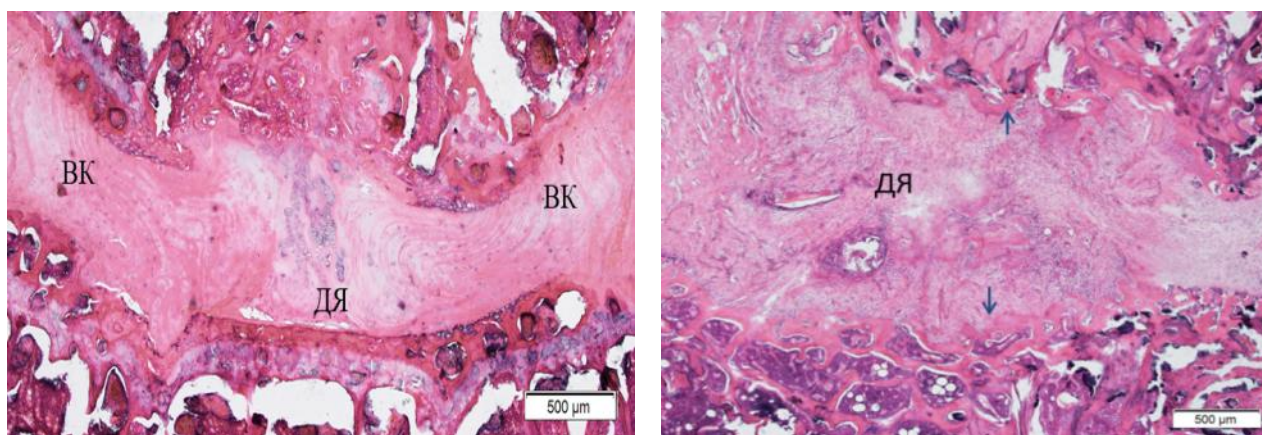


Рис. 6.6. Фотовідбитки гістопрепаратів міжхребцевих дисків щурів хребтового сегмента краніально від ушкодженого у моделі № 2. Загальний вигляд структури міжхребцевого диска (а). Тріщина між пластинками у зовнішньому відділі волокнистого кільця (стрілка) (б). Накопичення колагену у драглистому ядрі поряд з кластерами з хондроцитів (стрілка) (в). Часткова кальцифікація замикальної пластинки (стрілка) (г). Збільшення: а) 40; б) 200; в) 200; г) 400. Забарвлення гематоксиліном та еозином.

Рівень пошкодження. На рівні пошкодження у 80 % щурів виявлено ознаки дезорганізації колагенових волокон у волокнистому кільці МХД. Серед клітин переважали хондроцити та фібробласти. Щільність клітин була високою у 60 %, а у інших середньою або низькою. У 80 % також виявлено міжволоконні розриви у пластинках волокнистого кільця та втрату пластинчастої структури.

Драглисте ядро не мало характерної структури та було заміщене у 80 % хрящовою тканиною (рис. 6.7, а), у одного з цих щурів одночасно виявили сполучну та кісткову тканини (рис. 6.7, б). У одного щура (20 %) визначено лише сполучну тканину у зоні драглистого ядра.



а

б

Рис. 6.7. Фотовідбитки гістопрепаратів ушкоджених міжхребцевих дисків щурів у моделі № 2. Заміщення драглистого ядра хрящовою тканиною з частковим збереженням структури волокнистого кільця, порушенням цілісності замикальної пластинки (а). Заміщення драглистого ядра сполучною тканиною з формуванням кісткової тканини, повна відсутність замикальної пластики (стрілка) (б). Збільшення 40. Забарвлення гематоксиліном та еозином.

У сполучній тканині виявлено судини капілярного типу у щура з кістковою тканиною (рис. 6.8, а). Клітини були відповідні типу тканин, у

сполучній тканині — фібробласти, у хрящовій — хондроцити, у кістковій — остеоцити, остеобласти.

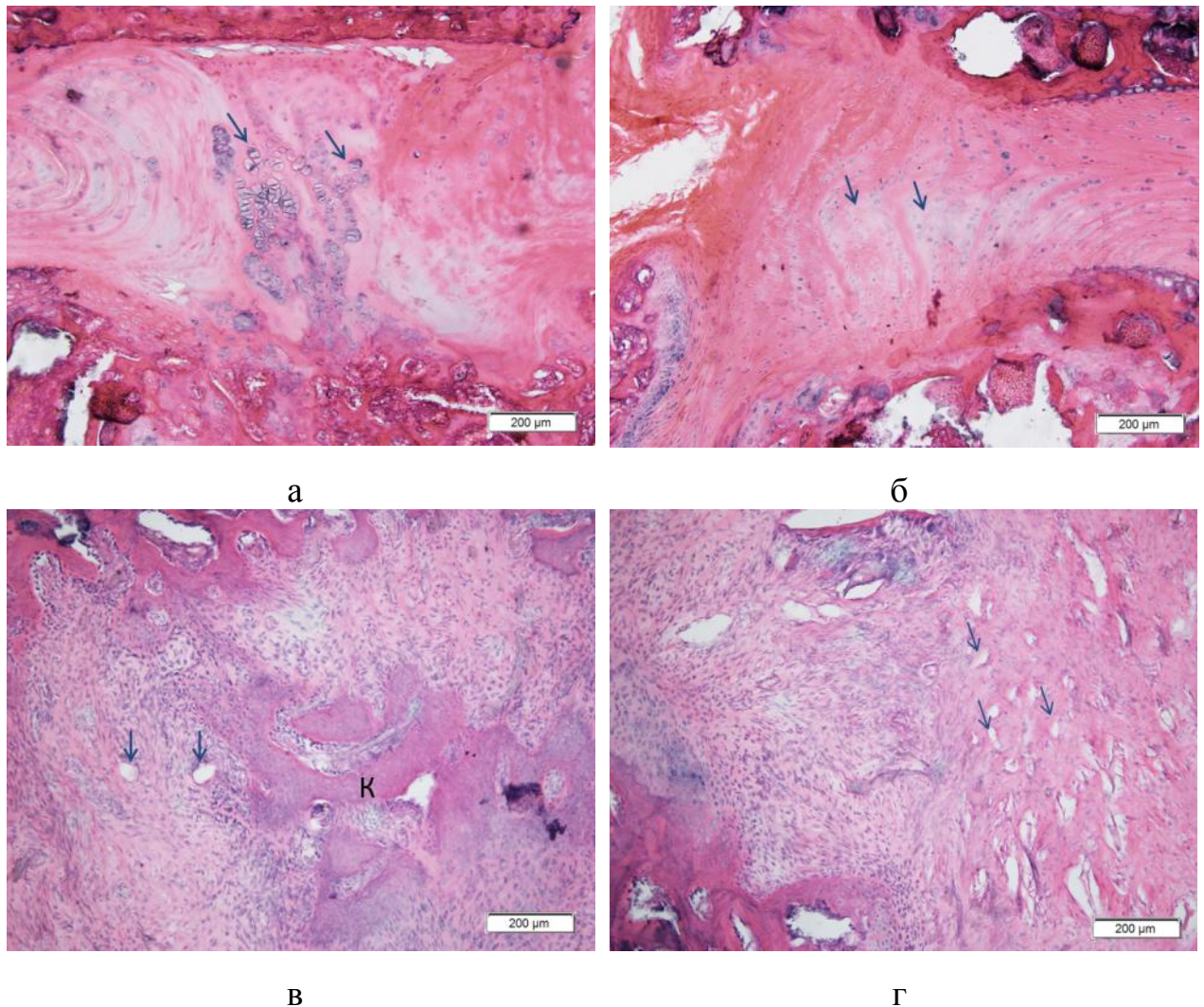


Рис. 6.8. Фотовідбитки гістопрепаратів ушкоджених міжхребцевих дисків щурів у моделі № 2. Гіпертрофовані хондроцити у зоні драглистого ядра (а). Волокнисте кільце з порушенням пластинчастої структури (б). Грубоволокниста кістка (К) (в) та сполучна тканини у зоні драглистого ядра, судини капілярного типу (стрілка). Збільшення 100. Забарвлення гематоксиліном та еозином.

Замикальні пластинки були кальцифіковані у 60 % щурів, а у інших повністю відсутні. Ознак запалення не виявляли. У прилеглих до МХД тілах хребців визначали отвори які залишилися від скоб встановлених під час хірургічного втручання для стабілізації цього хребтового сегменту. Навколо

отворів була сформована кісткова тканина пластинчастої структури без ознак запалення. По периметру скоб також визначали хрящову тканину, а на невеликих ділянках — сполучну тканину (рис. 6.9, а).

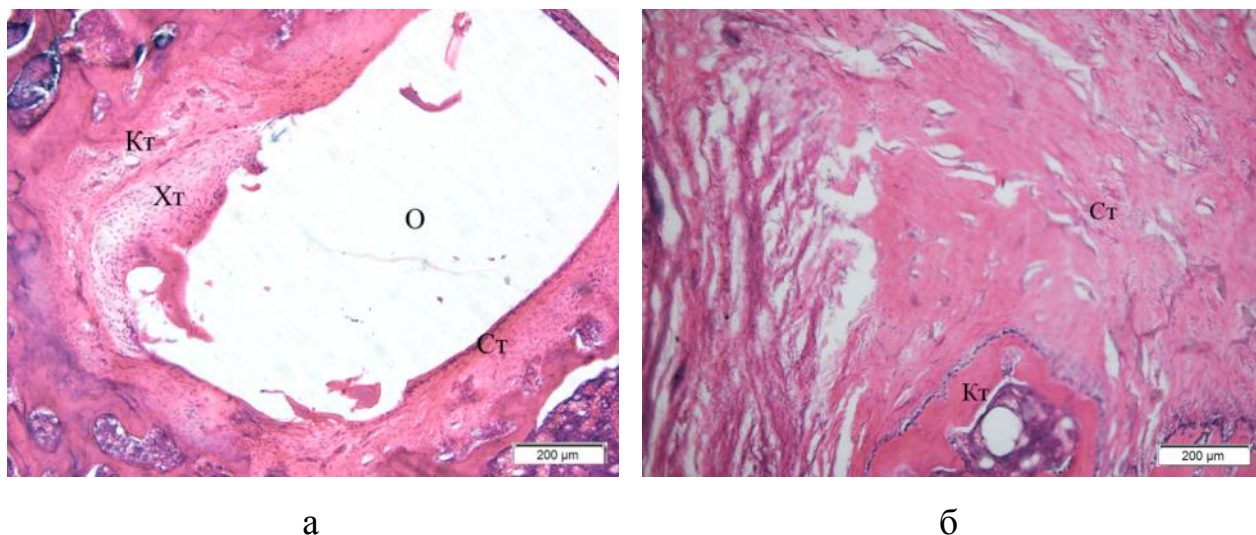
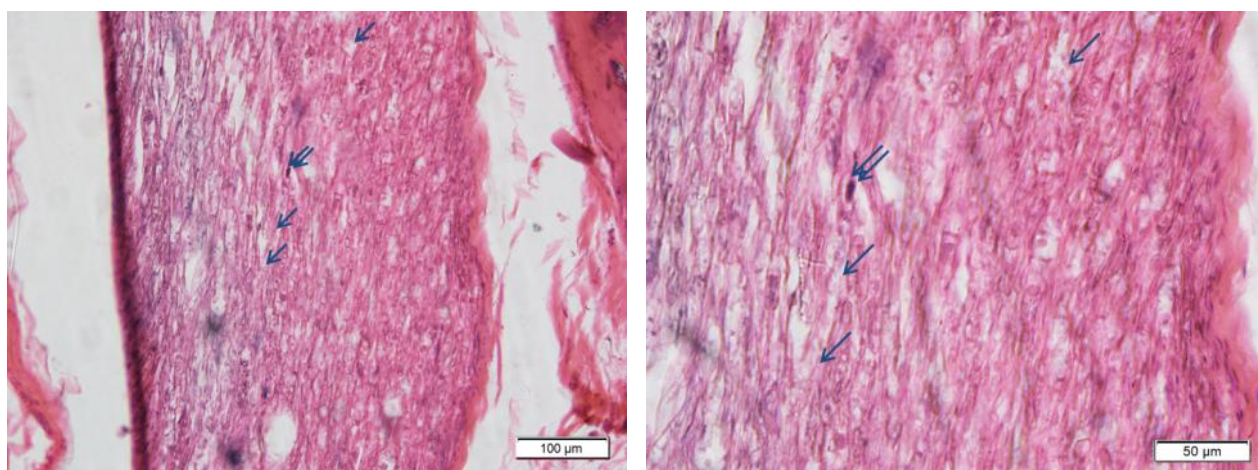


Рис. 6.9. Фотовідбитки гістопрепаратів хребтового сегменту щурів зі зруйнованим драглистим ядром у моделі № 2. Фрагмент тіла хребця. Отвір (О) від кінця фіксуючої скоби навколо якого утворилися сполучна (Ст), хрящова тканини (Хт) та кісткова тканина (Кт) (а). Сполучна тканина утворена ззовні тіла хребця та новоутворена кісткова губчаста тканина (б). Збільшення 100. Забарвлення гематоксиліном та еозином

Структура тіл хребців була без ознак порушень. Особливістю було лише те, що з зовнішнього боку тіл хребців виявлено новоутворену сполучну тканину з судинами капілярного типу, а також осередки новоутвореної кісткової губчастої тканини (рис. 6.9, б).

Спиномозкові нерви на цьому рівні були оточені епіневрієм, що складався з щільної сполучної тканини з фібробластами поміж волокнами. У нервах визначали схожі дегенеративні зміни аксонів, як і у випадку перев'язування ниткою: поміж волокон визначали аморфні продукти розпаду, фрагментацію волокон, Шванівські клітини траплялися рідко (рис. 6.10).

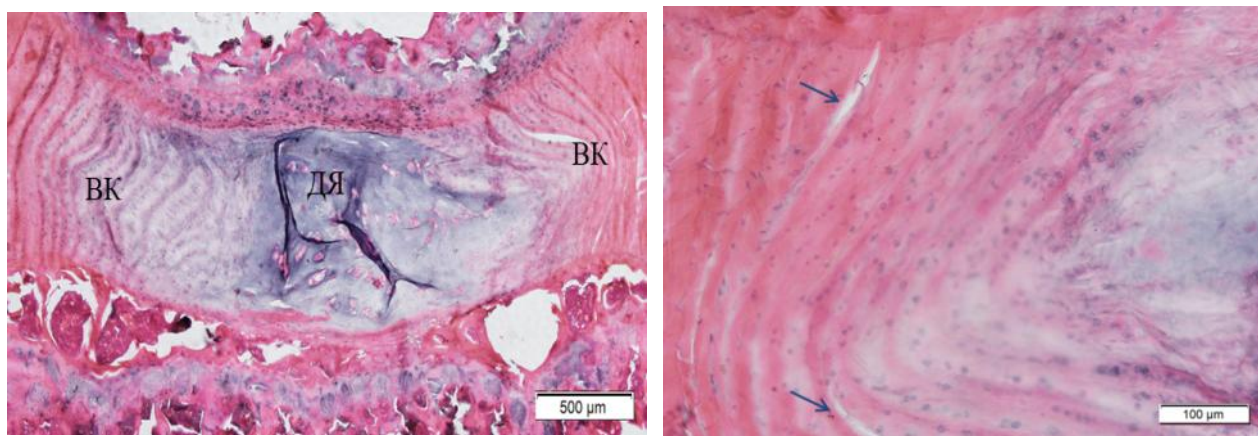


а

б

Рис. 6.10. Спинномозковий нерв дистальніше притискання скобою корінця нерва щурів у моделі № 2. Дегенеративні зміни аксонів (стрілка) та одиничні Шванівські клітини (стрілки) (а, б). Збільшення: а) 200; б) 400. Забарвлення гематоксиліном та еозином

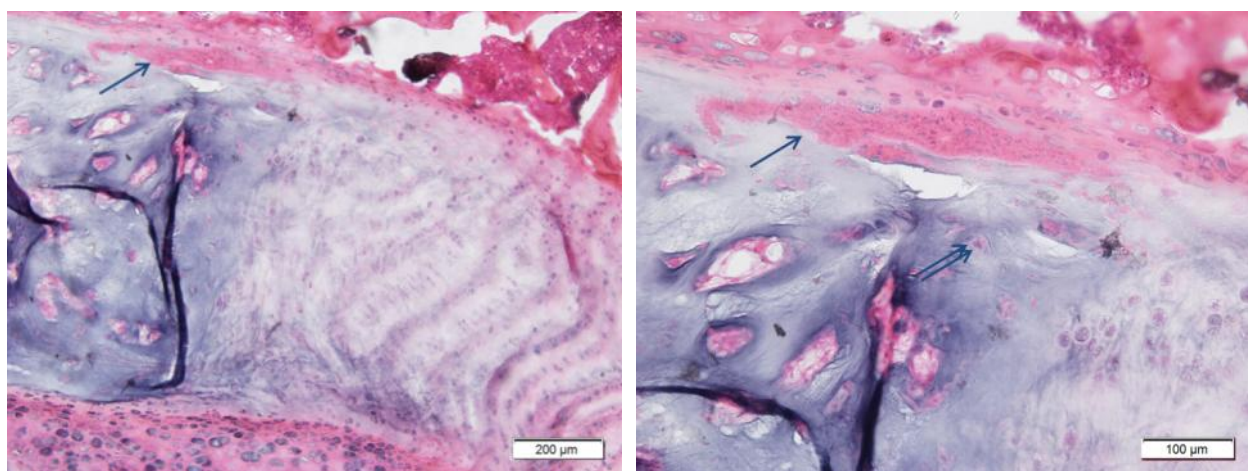
Каудальний сегмент. У волокнистому кільці колагенові волокна у 80 % щурів зберігали нормальну структурну організацію, лише у одного щура (20 %) виявлено ознаки дезорганізації. Клітинний склад також відповідав нормі та був представлений фіброхондроцитами та хондроцитами. Щільність клітин була переважно середньою. У 40 % щурів між пластинками волокнистого кільця виявлено міжволоконні розриви, а у інших — пластинки були цілісні (рис. 6.11). У драглистому ядрі матрикс був неоднорідно забарвленим у 40 % щурів, у них визначали нотохордальні клітини та хондроцити, а у інших щурів з неоднорідно забарвленим матриксом — хондроцити. Ознаки дегенерації у вигляді накопичення колагену встановлено у 40 % щурів (рис. 6.12). Замикальні пластинки були цілісними у 80 % щурів, лише у одного щура (20 %) — кальцифікована. У всіх щурів проростання судин не виявлено. Ознак запалення так само не виявлено у жодного з щурів.



а

б

Рис. 6.11. Фотовідбитки гістопрепаратів міжхребцевого диска щура хребтового сегмента каудально від ушкодженого у моделі № 2. Загальний вигляд структури міжхребцевого диска (а). Тріщини між пластинками у зовнішньому відділі волокнистого кільця (б). Збільшення: а) 40; б) 200. Забарвлення гематоксилином та еозином



а

б

Рис. 6.12. Фотовідбитки гістопрепаратів міжхребцевого диска щура хребтового сегмента каудально від ушкодженого у моделі № 2. Втрата чіткого розмежування драглистого ядра та волокнистого кільця (а). Накопичення колагену (стрілка), хондроцити (стрілки), тріщина у драглистому ядрі (б). Збільшення: а) 100; б) 200. Забарвлення гематоксилином та еозином

За оцінкою у балах дегенеративних змін у щурів моделі № 2 не виявлено значущої різниці між верхнім та нижнім МХД, як у разі загальної

оцінки, так і окремо для волокнистого кільця та драглистого ядра (табл. 6.1). Отримані значення порівнювали ≈ 5 балам. У разі порівняння значень волокнистого кільця пошкодженого диска з відповідними значеннями верхнього або нижнього диска також не виявлено різниці. Різниці між моделями для всіх дисків у разі кількісної оцінки у балах не встановлено.

Відтворення дегенерації МХД у тварин часто виконується шляхом руйнування драглистого ядра, зокрема його проколюванням [96, 226]. У моделі № 1 ми відтворили дегенерацію МХД та нейропатію у хворих з дегенеративними захворюваннями хребта до виконання декомпресійно-стабілізуючих утручань, щоб оцінити як це впливає на суміжні сегменти. Як відомо, стан суміжних сегментів є одним з факторів, що впливають на успішність подальших декомпресійно-стабілізуючих утручань та спондилодезу [227]. У моделі № 2 ми намагалися відтворити ускладнення, викликані притисканням корінців спинномозкових нервів внаслідок невірної розміщення ТГ під час декомпресійно-стабілізуючих утручань на рівні L_{IV} – L_{IV} або дистальніше, внаслідок чого хворі відчувають нейропатичний біль [93]. Під час виконання притискання/перев'язування нервів ми перевіряли реакцію кінцівки тварин тим самим підтверджували вірність дій. У розроблених та відтворених нами моделях для дослідження ускладнень спондилодезу та змін суміжних сегментів з компресією нерву у щурів, виявлено розвиток дегенеративних змін у дисках суміжних сегментів. Водночас ми не виявили різниці за шкалою дегенерації між моделями для всіх оцінених МХД [186]. Проте структурні зміни відрізнялися між моделями у драглистому ядрі у МХД хребтового сегмента нижче рівня пошкодження. Так у моделі № 1 виявляли виразнішу заміну нотохордальних клітин хондроцитами, загибель клітин, накопичення колагену у матриксі, утворення тріщин, ніж у моделі 2. У схожому дослідженні у мишей нестабільність викликана резекцією задніх елементів ХРС ПВХ викликала дегенерацію драглистого ядра на рівні пошкодження, проте суміжні сегменти не оцінювали [228]. J. Sun зі співавт. (2024) у кролів, яким виконали спондилодез, виявили дегенеративні зміни у

драглистому ядрі у суміжних сегментах [229]. Виявлені нами дегенеративні зміни можуть бути обумовлені також тим, що проколювання диску у щурів спричиняє підвищення інтерлейкінів у суміжних дисках у перші 14 днів після травми, що спричиняє запалення [97].

Також дегенеративні зміни у суміжних МХД можуть бути обумовлені, порушенням іннервації м'язів внаслідок перев'язування нервового сплетіння або стискання корінців спинномозкових нервів. Ще одним чинником може бути порушення функції у корінцях спинномозкових нервів через підвищення вмісту інтерлейкінів у прилеглих тканинах через запалення, яке виникає у пошкодженому диску щурів [230]. Це негативно впливає на функцію периферичних нервів у ПВХ щурів. Нейропатія може спричиняти міопатію скелетних м'язів у щурів [231]. Є дослідження, які показали, що розвиток дегенеративних змін у МХД щурів пов'язаний з атрофічними змінами у м'язах на моделі ішемії паравертебральних м'язів ПВХ [98]. Також виявлена різниця між моделями на рівні пошкодженого МХД. У щурів з моделі № 1, де не виконували стабілізацію скобами хребтового сегменту з пошкодженим МХД, дегенеративні зміни у волокнистому кільці пошкодженого диска згідно бальної оцінки [186] були більшими порівняно з обома суміжними дисками, чого не виявлено у моделі № 2. Це може свідчити про дію нестабільності на пошкоджений диск. А. J. Michalek зі співавт. (2010) [232] на моделі проколотого МХД щурів показали зменшення жорсткості диску на 20 % за умов різних навантажень (стискання та кручення), що може свідчити про зниження здатності диску протистояти навантаженням. Втрата міцності після проколювання драглистого ядра виявлена і для МХД з трупа людини під час осьового навантаження [233]. У щурів моделі № 1, у яких виявлено заміщення хрящовою тканиною драглистого ядра, визначали великі тріщини чого не було у моделі № 2. На нашу думку, це також може бути обумовлено наявністю нестабільності ХРС у щурів моделі № 1 порівняно з таким у тварин із моделлю № 2. S. Liu зі співавт. (2021) [234] у моделі нестабільності ХРС ПВХ у мишей також виявляли утворення тріщин у драглистому ядрі.

Пошкодження периферичних нервів шляхом стиснення лігатурою або перев'язування ниткою є досить поширеними у вивченні дегенерації/регенерації нервів у моделях тварин [235]. Особливістю корінців спинномозкових нервів є тонший епінервій та менший вміст колагенових волокон порівняно з периферичними нервами, тому вищезазначені дії завдають більшої шкоди [236]. Відомо, що стиснення периферичного нерву призводить до набряку, який спричиняє пошкодження аксонів внаслідок зростання тиску ендоневриальної рідини [235, 236]. У випадку перев'язування периферичних нервів у щурів більш дистально розташовані ділянки нерву зазнають Валлерової дегенерації [236], що було виявлено у обох моделях. Не було зафіксовано ознак запалення та підвищення кількості макрофагів через 8 тижнів моделювання, що ймовірно пов'язано з суттєвим зменшенням цих проявів через два тижні після механічного пошкодження нервів у гризунів [237].

6.3 Резюме

У результаті проведеного дослідження було розроблено дві моделі для визначення змін у суміжних МХД та навколо спинномозкових нервів білих щурів (19 тварин) в умовах експериментального моделювання спондилодезу та ураження нервових структур, з використанням відібраних на двох попередніх етапах показників, які показали свою інформативність. Модель № 1 — перев'язування спинномозкового нерву у ПВХ ниткою, прилеглого праворуч до ураженого диску та модель № 2 — руйнування драглистого ядра з фіксацією цього хребтового сегмента металевими скобами з притисканням нерву [239, 240]. Обидва способи експериментальної компресії спинномозкових нервів у щурів з ушкодженням МХД показали розвиток деструктивних змін аксонів у ділянках, що знаходяться дистально від місця притискання, а також дегенеративних змін у суміжних МХД, які у разі моделювання компресії нерву, як ускладнення спондилодезу, не

відрізняються між краніальними і каудальними дисками та більш виражені у каудальному диску у разі перев'язування нерву, тобто без стабілізації хребців. Розроблені експериментальні моделі ускладнень спондилодезу ПВХ на білих щурах можуть бути використані в подальшому в наукових дослідженнях і для лікування захворювання суміжного сегменту.

За матеріалами даного розділу опубліковані наступні роботи:

[223] Дєдух, Н. В., Бенгус, Л. М., Левшин, О. А., Костерін, С. Б., Барков, О. О. & Піонтковський, В. К. (2017). Морфологічні зміни в хребтових рухових сегментах поперекового відділу хребта кролів після їх стабілізації ригідними імплантатами. *Ортопедія, травматологія та протезування* (1(606)), 21–26. DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872017121-26>

[238] Барков, О. О., Нікольченко, О. А., Мальцева, В. Є. & Данищук, З. М. (2024). Розробка експериментальної моделі на щурах для дослідження ускладнень у хірургії поперекового відділу хребта. *Матеріали наукової конференції «Вертебрологія на сучасному етапі», присвячена 100-річчю з дня народження видатного вченого ортопеда-травматолога академіка О.О. Коржа*, (19 квітня, сс. 4-6). Харків.

[239] Барков, О. О., Мальцева, В. Є., Нікольченко, О. А., & Данищук, З. М., Самойлова К.М. (2025). Гістологічні зміни в суміжних міжхребцевих дисках у моделі щурів з пошкодженням дриглистого ядра та компресією спинномозкового нерва. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 3(640), 37-46 DOI: DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872025337-46>

РОЗДІЛ 7

ЗМІНИ ПРИЛЕГЛИХ МІЖХРЕБЦЕВИХ ДИСКІВ ЗА ДАНИМИ МАГНІТНО-РЕЗОНАНСНОЇ ТОМОГРАФІЇ ПІСЛЯ ТРАНСПЕДИКУЛЯРНОЇ ФІКСАЦІЇ ПОПЕРЕКОВОГО ВІДДІЛУ ХРЕБТА В ЛІКУВАННІ ДЕГЕНЕРАТИВНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

Для подальшого вивчення розвитку та причин захворювання суміжного сегмента після ТФ, в даному розділі наведено результати вивчення характеру змін у МХД та тілах суміжних хребців у динаміці за даними МРТ після встановлення ТФ у ПВХ. Для цього було оцифровано та досліджено площі та розміри міжхребцевих проміжків на МРТ-зображеннях хворих із дегенеративними захворюваннями після ТФ в динаміці на протязі одного року після хірургічного лікування. При цьому обчислювали індекс диска (I_d), як співвідношення висоти МХД до висоти тіла хребця, хребцево-дисковий коефіцієнт (K_{dp}) — показник, який характеризує співвідношення висоти тіла хребця до висоти МХД, що знаходиться між ним та сусіднім хребцем. Також обчислювали індекс форми МХД (I_f), також відомий як індекс клиноподібності, як співвідношення висоти вентрального (переднього) краю диска до висоти його дорзального (заднього) краю.

Аналіз змін I_d , який опосередковано відображає стан диска, проводили за GLM (Generalized Linear Model) — бібліотекою комп'ютерної мови C++, призначеною для використання в графічних програмах, що розроблена для роботи з Open Graphic Library (відкритою графічною бібліотекою) (GLM).

В наших спостереженнях у хворих впродовж року після хірургічного втручання мали місце достовірні зміни I_d (табл. 7.1, 7.2). Згідно з багатовимірним аналізом дисперсії, було виявлено статистично значущу зміну показника в часі (Wilks' Lambda = 0,412, $p < 0,001$), а також значущу взаємодію між часом і рівнем фіксації (Wilks' Lambda = 0,671, $p = 0,001$), що вказує на різну траєкторію змін показника в різних анатомічних зонах.

Таблиця 7.1 – Значення індексу диска (Id) за періодами спостережень та рівнями фіксації ($M \pm SD$ / $\min \div \max$)

Зона фіксації	Зміна індексу диска (Id)			
	до операції	через 3 міс	через 6 міс	через 12 міс
Над зоною фіксації	$0,31 \pm 0,05$ $0,20 \div 0,40$	$0,32 \pm 0,06$ $0,23 \div 0,45$	$0,31 \pm 0,05$ $0,23 \div 0,44$	$0,25 \pm 0,06$ $0,15 \div 0,39$
Зона фіксації	$0,30 \pm 0,09$ $0,18 \div 0,48$	$0,30 \pm 0,11$ $0,18 \div 0,70$	$0,28 \pm 0,12$ $0,15 \div 0,69$	$0,27 \pm 0,12$ $0,15 \div 0,68$
Під зоною фіксації	$0,32 \pm 0,07$ $0,20 \div 0,45$	$0,32 \pm 0,08$ $0,20 \div 0,50$	$0,30 \pm 0,08$ $0,17 \div 0,47$	$0,28 \pm 0,08$ $0,13 \div 0,43$

Таблиця 7.2

Результати аналізу зміни індексу диска (Id) за Generalized Linear Model

Параметр тест	Коефі- цієнт F	p	Інтерпретація
Wilks' Lambda індикатор загального ефекту (період)	0,412 27,648	<0,001	індекс диска статистично значущо змінюється у часі
Період $\times$ рівень	0,671 4,270	0,001	вказує на значущу різну траєкторію зміни показників
Tests of Within-Subjects Effects (Greenhouse–Geisser) загальний ефект часу (період)	12,683	<0,001	показник статистично значущо змінюється в часі
Взаємодія період $\times$ рівень	1,083	0,359	динаміка зміни показника не відрізняється між рівнями фіксації
Tests of Between-Subjects Effects міжгрупові відмінності (рівень)	0,298	0,743	загальної різниці між рівнями фіксації не визначено
Tests of Within-Subjects contrasts лінійна зміна в часі	17,495	<0,001	лінійна зміна значуща
Квадратична зміна в часі	8,270	0,006	є U-подібна динаміка показника

Зміна індексу диска має виражені лінійний ($p < 0,001$) та квадратичний ($p = 0,006$) компоненти, тобто спостерігається збільшення індексу диска після

операції, деякий період стабільності, а потім значне зниження, що підтверджується графічно (рис. 7.1).

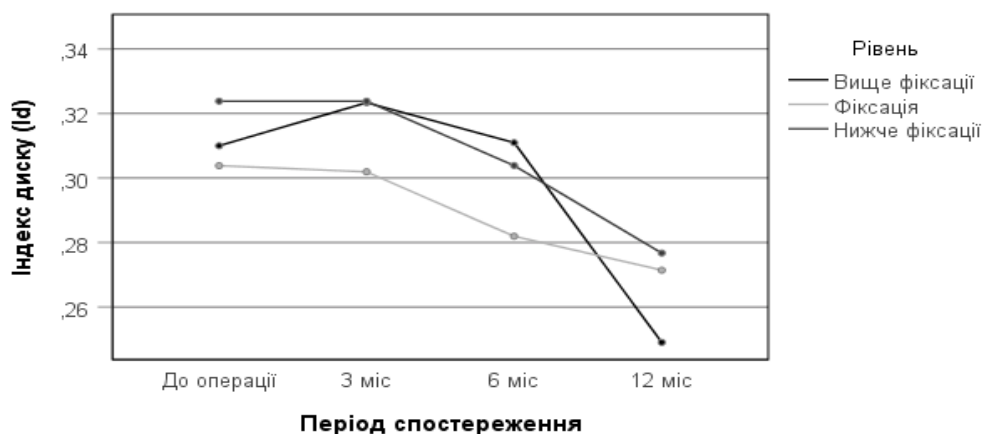


Рис. 7.1. Динаміка зміни індексу диска

Взаємодія між часом і рівнем фіксації виявилась незначущою ($p = 0,359$), що свідчить про однакову направленість зміни Id на трьох анатомічних рівнях. Загальні відмінності між рівнями фіксації були відсутні ($p = 0,743$).

На діаграмі (рис. 7.1) показано поступове зниження індексу диска на всіх рівнях. Виходячи з того, що межа норми доволі широка — від 0,35 до 0,45, і за даними статистичного аналізу показники на всіх рівнях впродовж спостереження статистично значущо ($p < 0,001$) були менше верхньої межі (рис. 7.2).

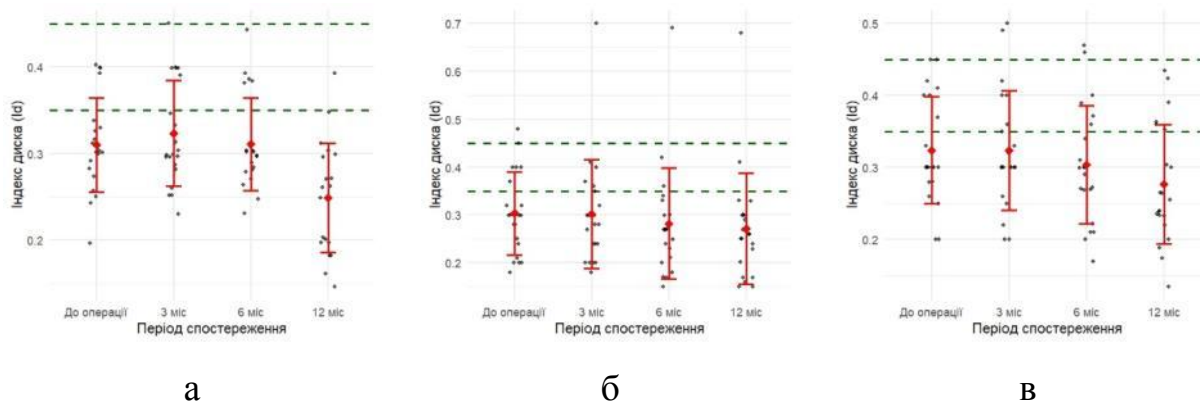


Рис. 7.2. Динаміка зміни індексів диска (Id) з часом: а) над зоною фіксації, б) в зоні фіксації, в) під зоною фіксації

Якщо проаналізувати отримані діаграми розподілу індивідуальних даних Id, видно, що переважна кількість хворих мала знижений Id — в зоні фіксації 15 (71,4 %) (рис. 7.2, б), вище рівня фіксації — 17 (81,0 %) (рис. 7.2, а), і нижче фіксації — 14 (66,7 %) хворих. (рис. 7.2, в). Можна спостерігати, що більше точок розташовано нижче межі нормальних значень, нижче рівня норми знаходяться і середні значення. Через 3 місяці після операції значення Id не змінилися.

Через 6 місяців після операції зниження Id вище рівня ТФ відзначено у 16 (76,2 %), в зоні фіксації — 18 (85,7 %), нижче — 14 (66,7 %) хворих. На 12-й місяць після операції зафіксовано збільшення кількості хворих, у кого відзначено зменшення Id: вище рівня фіксації — 15 (90,5 %), на рівні фіксації — 19 (90,5 %), нижче — 15 (71,4 %) спостережень.

Через 6 місяців після операції зниження Id вище рівня ТФ відзначено у 16 (76,2 %), в зоні фіксації — 18 (85,7 %), нижче — 14 (66,7 %) хворих. На 12-й місяць після операції зафіксовано збільшення кількості хворих, у кого відзначено зменшення Id: вище рівня фіксації — 15 (90,5 %), на рівні фіксації — 19 (90,5 %), нижче — 15 (71,4 %) спостережень.

У двох хворих в зоні нижче фіксації в періоди 3 та 6 місяців після операції відзначено значення Id більше норми ($Id=0,45$) і повернення в бік зменшення індексу на 12-й місяць спостереження (табл. 7.3).

Таблиця 7.3

Значення індексу форми диска (If) за періодами спостережень
та рівнями фіксації ($M \pm SD$ / min÷max)

Зона фіксації	Зміна індексу форми диска (If)			
	до операції	через 3 міс	через 6 міс	через 12 міс
Над зоною фіксації	$0,90 \pm 0,44$ 0,30÷1,80	$1,21 \pm ,69$ 0,30÷2,60	$1,12 \pm 0,58$ 0,20÷2,32	$1,31 \pm ,55$ 0,39÷2,50
Зона фіксації	$0,93 \pm 0,56$ 0,36÷2,50	$1,10 \pm 0,64$ 0,15÷2,22	$0,98 \pm ,56$ 0,15÷2,20	$0,93 \pm 0,54$ 0,14÷2,19
Під зоною фіксації	$1,11 \pm 0,70$ 0,20÷2,80	$1,43 \pm 1,05$ 0,20÷3,40	$1,31 \pm 0,97$ 0,27÷3,18	$1,21 \pm 0,85$ 0,37÷3,07

Згідно з результатами багатфакторного дисперсійного аналізу з повторними вимірюваннями, If продемонстрував статистично значущу динаміку у часі незалежно від рівня фіксації (Wilks' Lambda = 0,823, $p = 0,010$) взаємодії між періодами спостережені нелінійну зміну If в часі, з етапами покращення і рівнем фіксації не виявлено (Wilks' Lambda = 0,840; $p = 0,113$) (табл. 7.4).

Таблиця 7.4

Результати аналізу зміни індексу форми диска (If) за Generalized Linear Model

Тест, параметр	Коеф- фіці- єнт F	p	Інтерпретація
<u>Wilks' Lambda</u> Індикатор загального ефекту період	0,823 4,990	0,010	індекс диска статистично значущо змінюється у часі
Період × рівень	0,840 1,761	0,113	статистично значущої різниці між періодами не визначено
<u>Tests of Within-Subjects Effects</u> (Greenhouse–Geisser), загальний ефект часу (період)	4,990	0,006	індекс форми диска статистично значущо змінюється в часі
Взаємодія період × рівень	1,288	0,276	динаміка зміни показника не відрізняється між рівнями фіксації
<u>Tests of Between-Subjects Effects</u> міжгрупові відмінності (рівень)	1,122	0,332	загальної різниці між рівнями фіксації не визначено
<u>Tests of Within-Subjects Contrasts</u> квадратична зміна в часі	6,150	0,016	Є U-подібна динаміка показника Є хвилеподібна динаміка
кубічна зміна в часі	10,722	0,002	

Аналіз контрастів виявив, що найкраще динаміку описують квадратична ($p = 0,016$) та кубічна ($p = 0,002$) моделі змін, що відображають хвилеподібну або та подальшого погіршення для рівня вище зони фіксації (рис. 7.3). Взаємодія між часом та рівнем фіксації статистично не значуща ($p = 0,276$), що свідчить про однакову форму динаміки незалежно від анатомічного рівня (вище, на рівні, нижче фіксації). Не виявлено статистично значущої загальної відмінності між значеннями показника при різних рівнях

фіксації ($p = 0,332$). За даними, представленими на діаграмі (рис. 7.3) можна бачити, що після операції у хворих збільшувався If на всіх рівнях. Але впродовж року після операції, спостерігається значна втрата форми в зоні фіксації та нижче рівня фіксації.

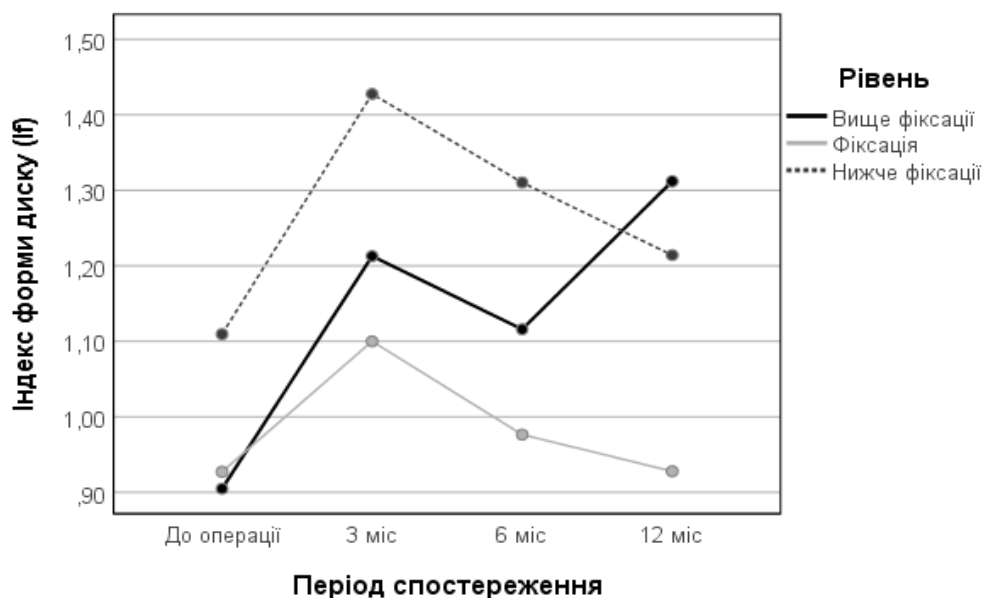


Рис. 7.3. Динаміка зміни індексу форми диска

Характерна зміна форми диска вище рівня фіксації — незначне зниження If на протязі року після втручання змінюється збільшенням даного показника (рис. 7.4).

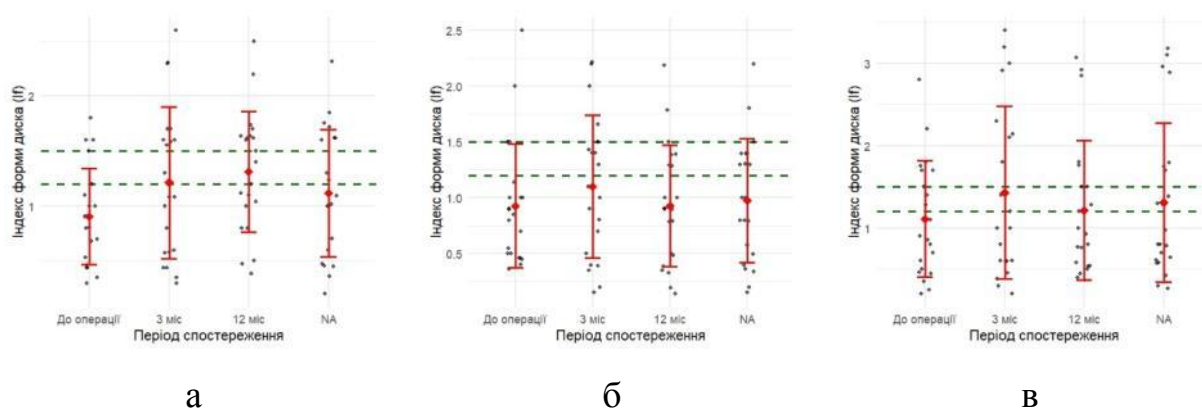


Рис. 7.4. Динаміка зміни індивідуальних індексів форми диска (If) з часом: а) над зоною фіксації, б) в зоні фіксації, в) під зоною фіксації

За даними частотного аналізу та графічного подання розподілу індивідуальних показників If, визначено, що до операції у більшості хворих спостерігали менший за норму If на всіх рівнях інтересу: у 16 (76,2 %) вище зони фіксації, 17 (81,0 %) в зоні фіксації та 12 (57,1 %) на нижчому рівні, тобто спостерігається зменшення дорзального боку диска. При цьому у 6 (28,6 %) хворих спостерігалось вентральне зменшення висоти на нижчому від фіксації рівні. Для інших рівнів вентральне зменшення висоти диска не перевищувало 15 %. На всіх рівнях середнє значення If знаходилося нижче за нормальне, що вказує на збільшений ступень деформації МХД і можливий ступень звуження хребців.

Через 3 місяці після операції If залишався переважно нижче норми у 11 (52,4 %) хворих на всіх рівнях. При цьому у 9 (42,9 %) хворих If був вище норми на рівні вище фіксації, і у 8 (38,1 %) на рівні нижче.

Через 6 міс після операції переважна кількість хворих мала If нижче норми, тобто зменшення медіального краю диска відзначали у 12 (57,1 %) випадках вище і нижче рівня фіксації. If у межах норми був у 2 (9,5 %) вище і нижче фіксації, відповідно вище норми у 7 (33,3, %) на тих же рівнях. Деформація проміжку фіксації в дорзальний бік спостерігали у 12 (57,1 %) випадках, в вентральний — у 2 (9,5 %). На 12 місяць після операції If на рівні вище фіксації спостерігали по 9 (42,9 %) випадків вище і нижче норми. На рівні нижче переважали випадки нижче норми — 12 (57,1 %), при тому 4 (19,0 %) у межах норми. В зоні фіксації спостерігалось зменшення дорзальної висоти міжхребцевого простору. За даними, представленими на рис. 7.4, в, можна бачити, що середні значення під рівнем фіксації знаходяться ближче до зони норми.

За загальними спостереженнями можна визначити, що на 3-й місяць після операції спондилодезу, спостерігалася значний розкид значень досліджених індексів на суміжних від рівня фіксації дисках, на 6-й місяць відмічалася відносна стабілізація, про що свідчить зменшення стандартного відхилення значень, але на 12-й місяць, знову відзначається значне

збільшення розкиду, що може свідчити про часткову втрату стабілізації (табл. 7.5, 7.6).

Таблиця 7.5

Значення хребцево-дискового коефіцієнту (K_{dp}) за періодами спостережень та рівня рівнями фіксації ($M \pm SD$ / $\min \div \max$)

Зона фіксації	Зміна індексу диска (K_{df})			
	До операції	Через 3 міс	Через 6 міс	Через 12 міс
Над зоною фіксації	$0,32 \pm 0,08$ $0,20 \div 0,54$	$0,34 \pm 0,08$ $0,20 \div 0,50$	$0,29 \pm 0,08$ $0,16 \div 0,46$	$0,27 \pm 0,08$ $0,15 \div 0,44$
Зона фіксації	$0,30 \pm 0,09$ $0,20 \div 0,50$	$0,32 \pm 0,13$ $0,19 \div 0,80$	$0,34 \pm 0,18$ $0,17 \div 0,90$	$0,31 \pm 0,18$ $0,15 \div 0,85$
Під зоною фіксації	$0,31 \pm 0,05$ $0,19 \div 0,42$	$0,31 \pm 0,07$ $0,20 \div 0,47$	$0,31 \pm 0,07$ $0,20 \div 0,45$	$0,33 \pm 0,34$ $0,17 \div 10,80$

Таблиця 7.6

Результати аналізу зміни хребцево-дискового коефіцієнту (K_{dp}) за Generalized Linear Model

Тест параметр	F	p	Інтерпретація
<u>Wilks' Lambda</u> індикатор загального ефекту (період)	0,436 25,060	<0,001	K_{dp} статистично значущо змінюється у часі
Період $\times$ рівень	0,839 1,775	0,110	статистично значущої різниці між періодами не визначено
<u>Tests of Within-Subjects Effects</u> (Greenhouse–Geisser) загальний ефект часу (період)			K_{dp} статистично значущо змінюється в часі
взаємодія період $\times$ рівень	1,301	0,277	динаміка зміни показника не відрізняється між рівнями фіксації
<u>tests of Between-Subjects Effects</u> міжгрупові відмінності (рівень)	0,284	0,754	загальної різниці від рівня фіксації не визначено
<u>tests of Within-Subjects Contrasts</u> квадратична зміна в часі	15,722	<0,001	є U-подібна динаміка показника є хвилеподібна динаміка

Згідно з результатами багатовимірною дисперсійного аналізу, виявлено статистично значущу зміну Kdp в часі (Wilks' Lambda = 0,436; $p < 0,001$), що підтверджується також уніваріантним аналізом із корекцією сферичності (Greenhouse–Geisser: $F = 4,393$; $p = 0,020$). Загальні відмінності між анатомічними рівнями фіксації ($p = 0,754$) та взаємодія «період $\times$ рівень» ($p = 0,277$) не були статистично значущими, що свідчить про подібну динаміку змін показника у всіх зонах. За результатами аналізу контрастів виявлено U-подібну динаміку показника ($F = 15,722$; $p < 0,001$), що вказує на виражене зниження показника після початкового періоду з подальшим частковим відновленням (рис. 7.5). На діаграмі можна бачити, що на 3-й місяць після операції відбувається незначне збільшення Kdp, а починаючи з 6-го місяця спостереження – помітне падіння коефіцієнту. Така поведінка може свідчити про втрату кісткової маси хребця, розташованого вище фіксації. Тобто, виходячи з діаграми, стан хребця L₄ відносно стабільний, а стан хребців L_{III} та L_V відчують незначну втрату кісткової тканини.

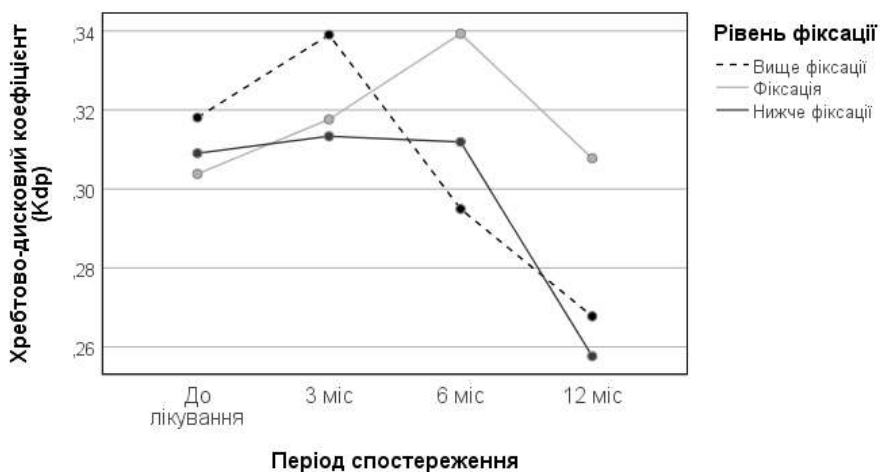


Рис. 7.5. Динаміка зміни хребцево-дискового коефіцієнту (Kdp)

Але виходячи з формули розрахунку, у зоні фіксації на 6-й місяць можуть відбуватися одночасно зменшення і міжхребцевого простору, і зменшення висоти хребця L_{IV}, що не відобразиться на зміні коефіцієнта (рис. 7.6).

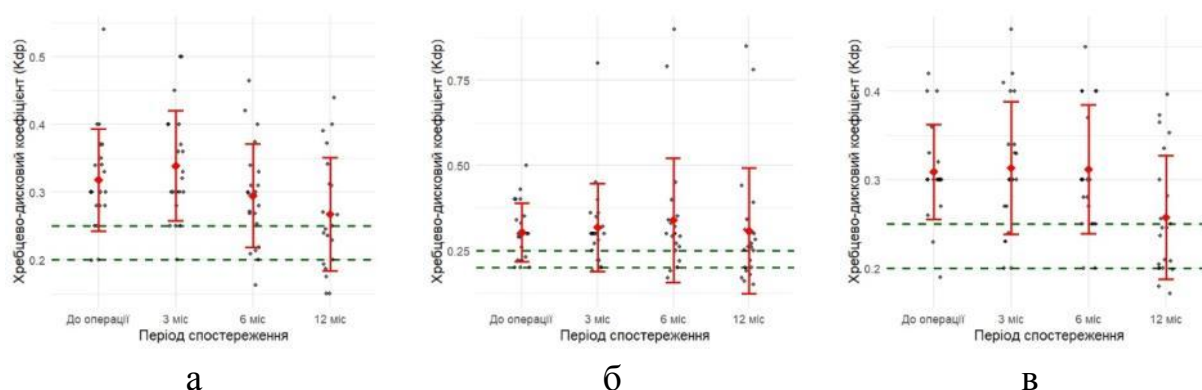


Рис. 7.6. Динаміка зміни індивідуальних хребцево-дискових коефіцієнтів (Kdp) з часом: а) над зоною фіксації, б) в зоні фіксації, в) під зоною фіксації

За даними аналізу, до лікування переважна кількість випадків мала Kdp вище норми — вище фіксації 17 (81,0 %), в зоні фіксації — 14 (66,7 %), і нижче — 19 (90,5 %). Випадки нижче норми не спостерігали, крім 1 (4,8 %) на нижньому рівні. На термін 3 місяці після операції тенденція зберігалася на рівні вище фіксації, незначні зміни відбулися у зоні фіксації — 5 (23,8 %) мали нормальний Kdp, 15 (71,4 %) — нижче норми. На нижньому рівні збільшилась кількість нормальних Kdp до 5 (23,8 %), відповідно коефіцієнтів нижче норми зменшилось — 16 (76,2 %). На 6-й місяць після операції на рівні вище фіксації у 2 (9,5 %) спостережень Kdp був нижче норми і на 12-й місяць спостережень зросла до 5 (23,8 %). Кількість випадів Kdp в межах норми на 6-й місяць не змінилась, на 12-й — збільшилась до 6 (28,6 %). Відповідно Kdp нижче норми на 6-й і 12-й місяць були 15 (71,4 %) та 10 (47,6 %), відповідно. В зоні фіксації спостерігали незначне збільшення кількості випадків нижче норми — 6 (28,6 %) на 12-й місяць після операції і зменшення кількості випадків підвищення коефіцієнта — 11 (52,4 %) на той же період. В зоні нижче фіксації на 12-й місяць відбулися помітні зміни Kdp — в зону норми потрапило 10 (47,6 %), і у 7 (33,3 %) коефіцієнт був вищим.

ТФ хребта з подальшим формуванням спондилодезу є загальновизнаним методом хірургічного лікування дегенеративних захворювань хребта [240]. Одним із серйозних віддалених ускладнень такого

втручання є захворювання прилеглих сегментів (ЗПС), що розглядається як фактор, що впливає на успішність задньої інструментації та спондилодезу. ЗПС передбачає розвиток артритоподібних змін у сегментах, розташованих поряд із ділянкою інструментального зрощення. Імовірно, виникнення цього стану має багато-факторну природу, де жорстка фіксація є ключовим сприяючим чинником [75].

Протягом останніх двох десятиліть запропоновано низку динамічних систем і технік стабілізації хребта, покликаних зменшити частоту виникнення ЗПС у порівнянні зі стандартною ригідною фіксацією [241, 242]. Зокрема, гібридні динамічні системи створюють поступовий перехід між зрощеним сегментом і рухомими прилеглими ділянками, знижуючи навантаження на суміжні сегменти. Однак, попри перспективність підходу, результати досліджень залишаються суперечливими: переваги гібридних систем щодо клінічних і радіологічних наслідків не є переконливо доведеними [243, 244].

Подане дослідження було спрямоване на поетапну оцінку змін у прилеглих сегментах із використанням кількісних індексів, які дозволяють ідентифікувати, у яких саме структурах (диск чи хребець) відбуваються первинні дегенеративні процеси. Виходячи з відносного характеру Id , який становить собою відношення сагітальної площини диска до площі розташованого вище хребця, індекс диска в зоні фіксації ($L_{IV}-L_V$) враховує площу хребця L_{IV} , для диска $L_{III}-L_{IV}$ — площу диска L_{III} , а диска L_V-SI_1 , відповідно площу диска L_V . Виходячи з формули $Id = \frac{S_d}{S_v}$, Id залежить і від змін хребців. Таким чином, навіть при стабільній площі диска на зрізі, зменшення площі хребця на зрізі призведе до підвищення Id , що не завжди свідчить про покращення стану хворого. Для урахування цих змін напрямок відхилення від норми можна представити за наступним співвідношенням:

$$\frac{0,35 < Id < 0,45}{\text{дегенерація диска} \Leftrightarrow \text{дегенерація хребця}}$$

Причинами зменшення висоти МХД над фіксованим рівнем можуть бути порушення мікроциркуляції, зниження рухливості нижче розташованих сегментів (рис. 7.7, 7.8), або недотримання лордозу в ході операції.

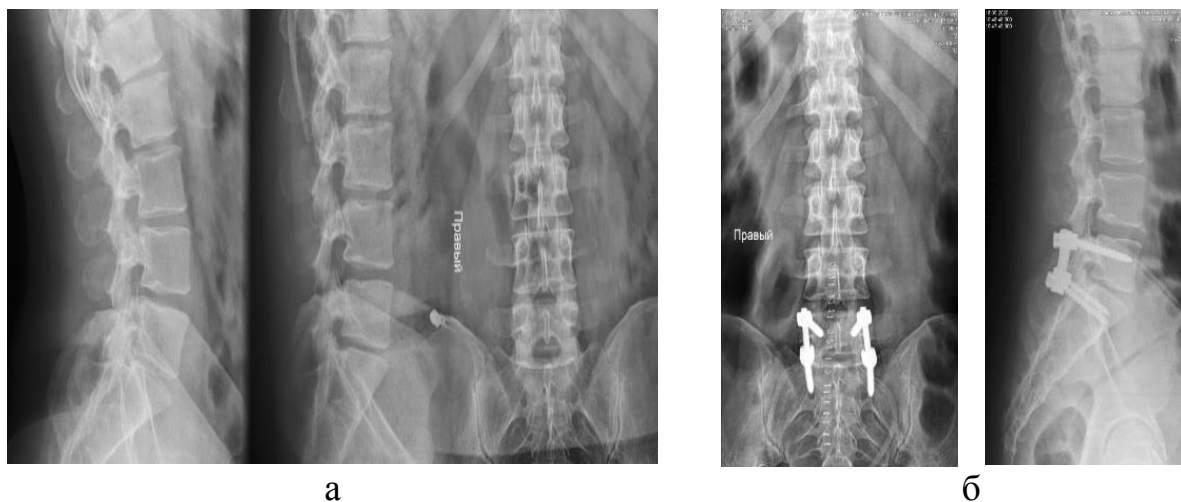


Рис. 7.7. Фотовідбитки рентгенограм хворої К. 34 роки, історія хвороби № 100645, діагноз: Остеохондроз поперекового відділу хребта, спондилоартроз. Грижа міжхребцевого диска L_V-S_I . Компресійно-корінцевий синдром S_I зліва. Синдром радикулогенної переміжної кульгавості. Гостра та стійка люмбоішіалгія; а) до хірургічного втручання; б) після хірургічного втручання (видалення грижі міжхребцевого диска на рівні L_V-S_I . Фіксація сегменту L_V-S_I транспедикулярною конструкцією)

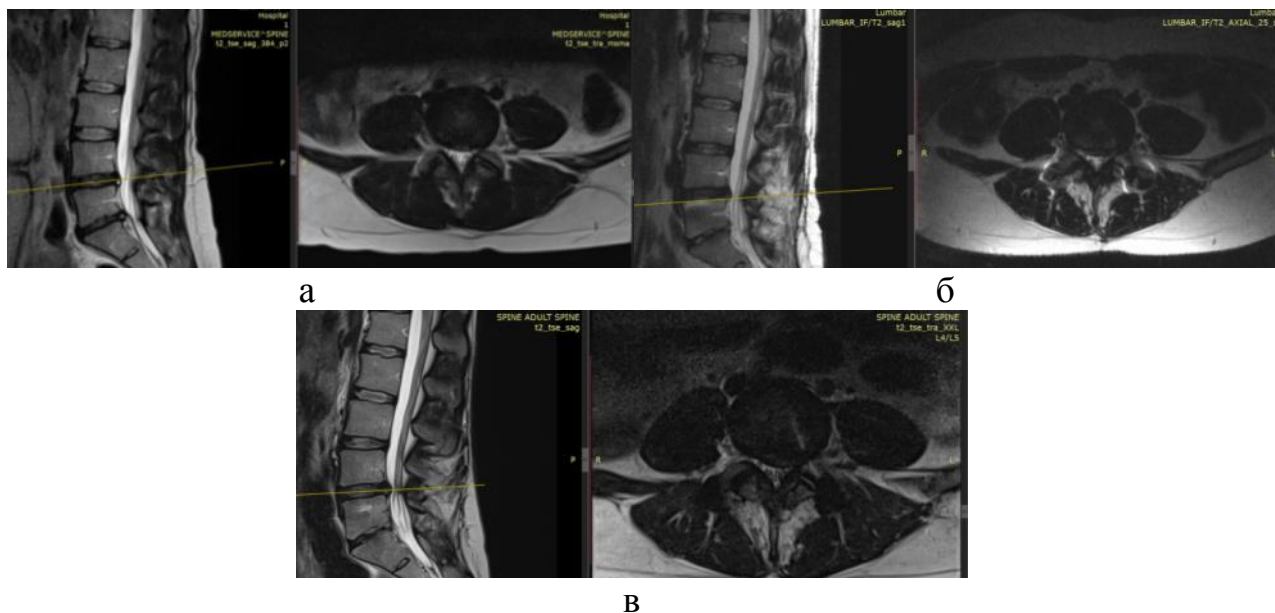


Рис. 7.8. Фотовідбитки МРТ хворої К. 34 роки, історія хвороби № 100645, а) до операції, рівень $L_{IV}-L_V$; б) через 6 міс. після операції, рівень $L_{IV}-L_V$; в) МРТ через 12 міс. після операції, рівень $L_{IV}-L_V$. Через рік після хірургічного лікування значно погіршився стан міжхребцевого диска на рівні $L_{IV}-L_V$

Дані чинники сприяють асиметричному перерозподілу навантаження та можуть викликати просідання вентрального або дорзального країв диска. Зміни I_d в зоні фіксації можуть бути зумовлені як ущільненням навколишніх тканин, так і візуальним ефектом «занурення» імплантату в тіло хребця (рис. 7.9, 7.10). У ситуаціях, коли дегенерація стосується і диска, і хребця, I_d може залишатися в межах норми, що потребує додаткової оцінки за іншими параметрами.



Рис. 7.9. Фотовідбитки рентгенограм хворого Я., 24 роки, історія хвороби № 87310, діагноз: Грижа міжхребцевого диска L_{IV} – L_V . Компресійно-ішемічна радикулопатія L_V справа з парезом правої стопи; а) до хірургічного втручання; б) після хірургічного втручання (Видалення грижі міжхребцевого диска на рівні L_{IV} – L_V . Фіксація сегменту L_{IV} – L_V транспедикулярною конструкцією)

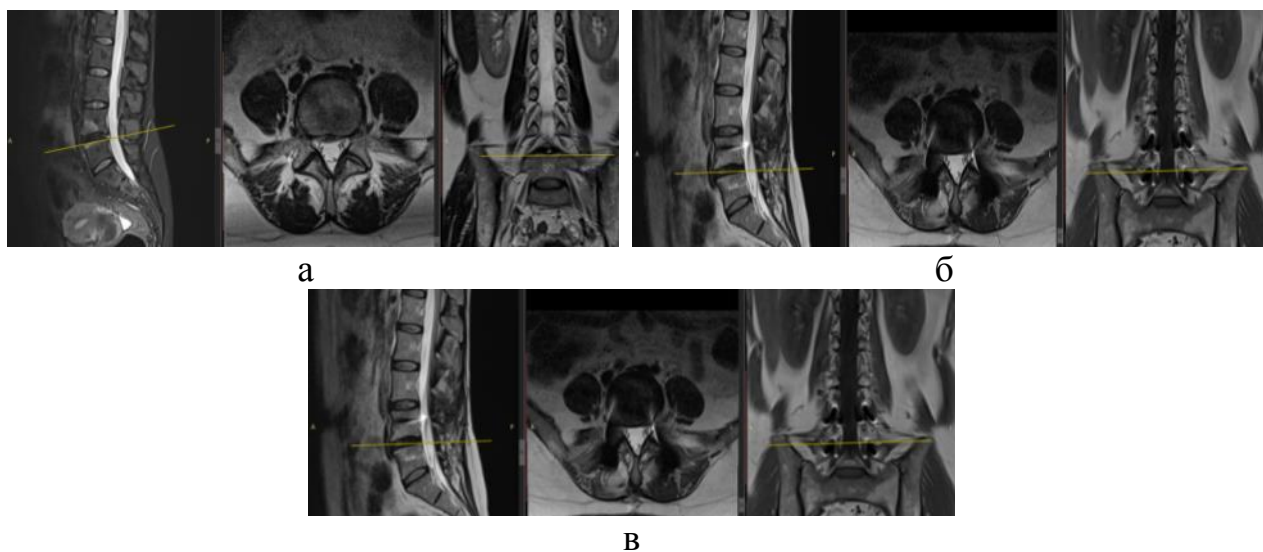


Рис. 7.10. Фотовідбитки МРТ хворого Я., 24 роки, історія хвороби № 87310, а) до операції, рівень L_{IV} – L_V ; б) через 6 міс. після операції, рівень L_{IV} – L_V ; в) МРТ через 12 міс. після операції, рівень L_{IV} – L_V . Динаміка змін стабілізованого міжхребцевого диска L_{IV} – L_V транспедикулярною конструкцією

ТФ на рівні $L_{IV}-L_V$ створює жорсткість, внаслідок чого компенсаторне навантаження переноситься на сегмент вище чи нижче (рис. 7.11, 7.12). Це проявляється не лише зниженням висоти диска, а й асиметричною деформацією його країв. Індекс форми диска $If = \frac{h_p}{h_z}$, що відображає співвідношення дорзальної до вентральної висоти, дозволяє оцінити напрямок деформації: при зниженні If — дорзальне просідання, при підвищенні — вентральне. Виходячи з формули для індексу форми диска, можна визначити в який бік відбувається деформація диска:

$$\frac{1.2 < If < 1.5}{\begin{matrix} \text{зменшення} & \text{зменшення} \\ \text{дорзальної } h & \Leftrightarrow & \text{вентральної } h \end{matrix}}$$

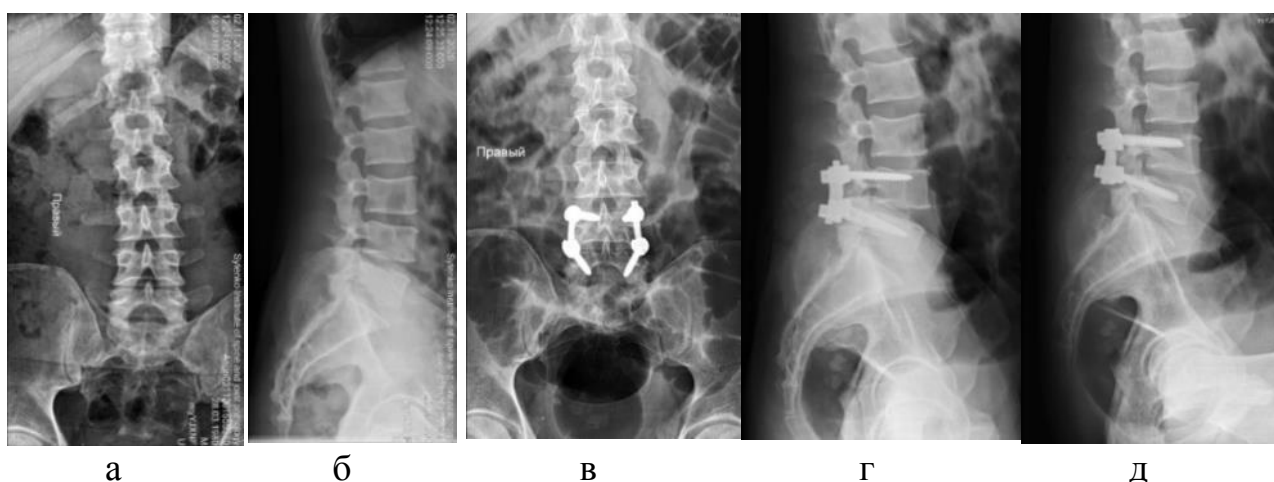


Рис. 7.11. Фотовідбитки рентгенограм хворої Г., 48 років, історія хвороби № 98442, діагноз: Секвестрована грижа міжхребцевого диска $L_{IV}-L_V$. Компресійно-ішемічна радикулопатія L_5 справа з парезом правої стопи: а, б) до хірургічного втручання; в, г, д) після хірургічного втручання (Видалення грижі міжхребцевого диска на рівні $L_{IV}-L_V$. Фіксація сегменту $L_{IV}-L_V$ транспедикулярною конструкцією)

Через рік після хірургічного лікування погіршився стан міжхребцевого диска на рівні L_V-S_I .

Дорзальна частина диска зазвичай має більшу стійкість до деформацій, однак у разі кіфотичних змін саме вона першою зазнає компресії. Вентральний край може бути вразливим при збільшенні лордозу або навантаження на фасеткові суглоби.

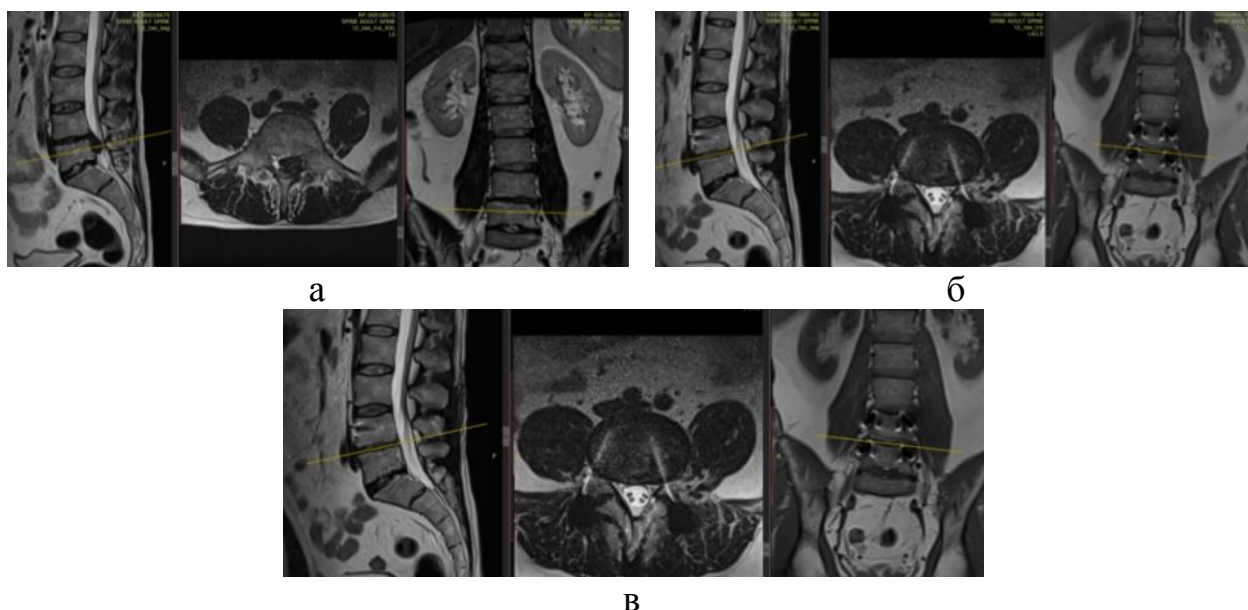


Рис. 7.12. Фотовідбитки МРТ хворої Г. 48 років, історія хвороби № 98442, а) до операції, рівень L_V-S_I ; б) через 6 міс. після операції, рівень L_V-S_I ; в) МРТ через 12 міс. після операції, рівень L_V-S_I

Хребцево-дисковий коефіцієнт, виходячи з формули його розрахунку $Kdp = \frac{h_d}{h_v}$, є відносним коефіцієнтом, тобто залежить від двох показників, які можуть змінюватися в часі — висоти диска і висоти хребця, що знаходиться вище. Тому, за значенням Kdp можна визначити, які саме структури зазнають змін.

$$\frac{0,2 < Kdp < 0,25}{\text{дегенерація диска} \Leftrightarrow \text{дегенерація хребця}}$$

На підставі отриманих результатів можна стверджувати, що на рівні вище фіксації (L_V-S_I) зниження Kdp найчастіше є наслідком дегенерації хребця L_V (рис. 7.13, 7.14).

У верхньому сегменті ($L_{III}-L_{IV}$) зміни можуть вказувати на руйнування хребця L_{III} . Водночас стабільні значення Kdp у зоні фіксації можуть бути наслідком збалансованих змін диска й хребця, а також ефективної стабілізації імплантатом.



Рис. 7.13. Фотовідбитки рентгенограм хворого О. 40 років, історія хвороби № 97304, діагноз: Остеохондроз поперекового відділу хребта, спондилоартроз. Грижа міжхребцевого диска L_V-S_I . Компресійний корінцевий синдром S_I . Люмбоішіалгія; а) до хірургічного втручання; б) після хірургічного втручання (Видалення грижі міжхребцевого диска L_V-S_I . Фіксація L_V-S_I транспедикулярною конструкцією «МОСТ-3». Аутокістковий спондилодез)

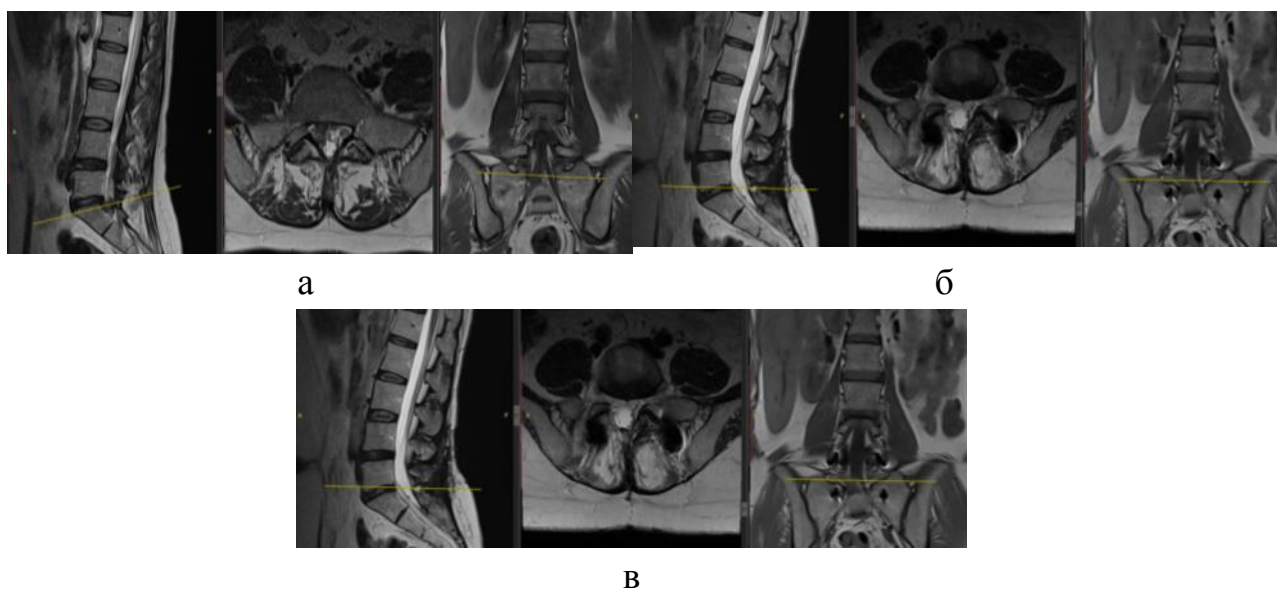


Рис. 7.14. Фотовідбитки МРТ хворого О. 40 років, історія хвороби № 97304, а) до операції, рівень $L_{IV}-L_V$; б) через 6 міс. після операції, рівень $L_{IV}-L_V$; в) МРТ через 12 міс. після операції, рівень $L_{IV}-L_V$. Через рік після хірургічного лікування: міжхребцевий диск на рівні $L_{IV}-L_V$ без змін

Резюме

Проведений аналіз МРТ-метричних змін у прилеглих сегментах хребта продемонстрував інформативність запропонованих індексів (I_d , I_f , K_{dp}) для опосередкованої оцінки стану МХД і тіл хребців. Ці індекси дозволяють диференціювати, які саме анатомічні компоненти зазнають дегенеративних змін та оцінити ступінь їх відхилення від норми.

Упродовж одного року після ТФ на поперековому рівні зафіксовано зміни як у сегментах, розташованих як вище, так і нижче зони фіксації. При цьому в сегментах, що розташовані вище ($L_{III}-L_{IV}$), дегенеративні процеси виявляються раніше — вже через 6 місяців після хірургічного втручання. Натомість, зміни у нижніх сегментах (L_V-S_I) є менш вираженими та переважно проявляються через один рік.

За результатами оцінки МРТ-зображень хворих із дегенеративними захворюваннями ПВХ, що перенесли ТФ ХРС, не виявлено чіткої послідовності чи переваги у характері структурних змін — чи то МХД, чи хребці піддаються руйнуванню першочергово. Імовірно, такі відмінності зумовлені індивідуальними чинниками, зокрема віком хворого, станом кісткової тканини, особливостями анатомії та наявністю супутніх змін. Ідентифікація цих чинників потребує подальших досліджень [245].

За матеріалами даного розділу опубліковано роботу:

[245] Корж, М. О., Барков, О. О. & Карпінська, О. Д. (2025). Рентгенометричні зміни прилеглих міжхребцевих дисків після транспедикулярної фіксації поперекового відділу хребта в лікуванні дегенеративних захворювань. *Вісник проблем біології і медицини*, 2 (177), 176-190. DOI: [10.29254/2077-4214-2025-2-177-176-190](https://doi.org/10.29254/2077-4214-2025-2-177-176-190)

РОЗДІЛ 8

РЕЗУЛЬТАТИ ПОРІВНЯЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ КОРЕКТНОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ГВИНТІВ СТАНДАРТНОЮ ТЕХНІКОЮ «ВІЛЬНИХ РУК» ТА З ВИКОРИСТАННЯМ СПІНАЛЬНОЇ НАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

В даному розділі представлені результати порівняльного аналізу післяопераційного моніторингу хворих, яким було виконано різні види декомпресійно-стабілізуючих хірургічних утручань з використанням ТК, для визначення коректності розташування гвинтів та пов'язаних з цим ускладненням ревізійних операцій. При лікуванні хворих першої групи для проведення гвинтів використовували стандартну техніку «вільних рук» (747 хворих, 4794 гвинтів), у хворих другої групи при проведенні гвинтів було залучено спінальну 3D-навігацію фірми «Brainlab» (Німеччина) (252 хворих, 1646 гвинтів).

8.1 Результати порівняльного оцінювання коректності проведення гвинтів стандартною технікою «вільних рук»

В першій групі проаналізовано результати лікування 747 хворих, яким протягом 14-ти років було виконано ТФ хребта з використанням стандартної техніки «вільних рук» для проведення гвинтів. Загальна кількість імплантованих ТГ склала 4794. В таблиці 8.1 показано розподіл хворих залежно від виконаної кількості стабілізованих сегментів хребта (табл. 8.1). Залежно від нозології для проведення стабілізації хребта ТК хворих було розподілено наступним чином (табл. 8.2).

Таблиця 8.1

Розподіл хворих першої групи залежно від виконаної кількості
стабілізованих сегментів хребта

Кількість хворих	Кількість сегментів	Кількість гвинтів
292	один (4 гвинта)	1168
277	два (6 гвинтів)	1662
124	три (8 гвинтів)	992
54	чотири та більше (10 і більше гвинтів)	972

Таблиця 8.2

Розподіл хворих першої групи залежно від нозології

Нозологія	Кількість хворих
Дегенеративні захворювання хребта	465
Травма хребта	125
Спондилолітез	103
Деформації хребта	54
Всього	747

З 2013 року на базі клініки вертебрології ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України» почали впровадження спінальної 3D-навігації виробництва фірми «Brainlab» (Німеччина) на базі КТ. В другій групі хворих було проаналізовано 252 хворих, прооперованих за 7 років із використанням техніки проведення ТГ за допомоги спінальної навігаційної системи, загальна кількість встановлених гвинтів склала 1646. В таблиці 8.3 наданий розподіл хворих залежно від виконаної кількості стабілізованих сегментів хребта (табл. 8.3).

Залежно від нозології для проведення стабілізації хребта хворих другої групи було розподілено наступним чином (табл. 8.4).

Кількість ревізійних хірургічних втручань, пов'язаних з некоректним проведенням гвинтів, в першій групі склала 37 (4,95 %) хворих, з яких 22 (59,46 %) — з дегенеративними захворюваннями хребта, 6 (16,21 %) — зі спондилолітезом, 4 (10,81 %) — із травмою хребта та 5 (13,52 %) — зі сколіотичною деформацією хребта) (табл. 8.5).

Таблиця 8.3

Розподіл хворих другої групи залежно від виконаної кількості стабілізованих сегментів хребта

Кількість хворих	Кількість сегментів	Кількість гвинтів
98	один (4 гвинта)	392
75	два (6 гвинтів)	450
51	три (8 гвинтів)	408
28	чотири та більше (10 і більше гвинтів)	396

Таблиця 8.4

Розподіл хворих другої групи залежно від нозології

Нозологія	Кількість хворих
Дегенеративні захворювання хребта	139
Травма хребта	56
Спондилолітез	29
Деформації хребта	28
Всього	252

Із загальної кількості хворих першої групи із ревізійним втручанням у 11 (29,73 %) хворих некоректне проведення гвинтів було зафіксовано при моносегментарній фіксації, у 26 хворих (70,27 %) — при стабілізації двох та більше сегментів, 33 (89,19 %) хворих мали проблеми з одного боку та 4 (10,81 %) — проблеми, пов'язані з мальпозицією гвинтів з обох боків.

Таблиця 8.5

Розподіл хворих обох досліджуваних груп із некоректним розташуванням гвинтів за діагнозами

Діагнози	Хворі, оперовані за технікою «вільних рук»	Хворі, оперовані з використанням навігаційної системи «Brainlab»
Дегенеративні захворювання хребта	22 (59,46 %)	1 (8,33 %)
Травма хребта	4 (10,81 %)	1 (8,33 %)
Спондилолітез	6 (16,21 %)	1 (8,33 %)
Сколіотичні деформації хребта	5 (13,52 %)	9 (75,00 %)
Всього	37	12

8.2 Результати порівняльного оцінювання коректності проведення гвинтів з використанням спинальної навігаційної системи

В 2-й групі хворих було здійснено інтраопераційне перепроведення всього 12 гвинтів у 9 (3,57 %) хворих у зв'язку з некоректним їх проведенням після рентген-контроля або нейромоніторингу, причому 9 гвинтів були перепроведені у хворих з грубими деформаціями хребта, які самі по собі становили складну задачу для встановлення ТГ. Жодному хворому другої розглянутої групи не було виконано ревізійне хірургічне втручання у зв'язку з некоректним розташуванням ТГ в ранньому та пізньому післяопераційних періодах. У одного хворого зафіксовано виражені прояви радикулопатії в післяопераційному періоді після корекції деформації хребта по увігнутій стороні та підтверджене на КТ некоректне проведення гвинта (ступінь В за класифікацією Герцина-Роббінса), однак після проведення симптоматичної терапії було досягнуто повного регресу больового синдрому.

Хворі 1-ї групи (37 осіб), яким виконували ревізійне хірургічне втручання, мали симптоматичні прояви некоректного проведення гвинтів і одне ревізійне втручання, яке виконали через розвиток ліквореї. Із них 30 хворих мали ознаки радикулопатії, у 5 з'явилась слабкість на протилежній кінцівці або посилилась вже існуюча. У одного хворого був глибокий парапарез через грубе та некоректне проведення гвинтів з двох сторін при багаторівневій фіксації.

Із 36 хворих, у яких були симптоматичні прояви некоректного проведення гвинтів, у 23 вони були підтверджені даними КТ. Залежно від перфорації коркового шару гвинтом, згідно з класифікацією Герцина-Роббінса, хворих було розподілено наступним чином: ступінь В — 5 хворих, С — 14, Е — 4. Хочеться відзначити, що 5 хворих, яким виконано ревізійне хірургічне втручання, мали клінічні прояви у вигляді радикулопатії, не дивлячись на невелику ступінь penetрації ТГ коркового шару дужки хребця (ступінь В), у всіх ця проблема локалізувалася на хребці L_v , так само, як і у

хворого 2-ї групи [246–248]. Зазначені морфологічні особливості є досліджувані у науковій медичній літературі, вони значною мірою пов'язані з анатомічною будовою бічних поглиблень п'ятого поперекового хребця [209].

Отримані в дослідженні дані наявно показують переваги використання навігаційної системи, враховуючи основний фактор — це відсутність ревізійних хірургічних втручань у хворих, яким було виконано інструментацію хребта з використанням КТ-навігації, як при одно-, так і при багаторівневій фіксації хребта, а також у хворих з важкими сколіотичними та кіфотичними деформаціями хребта. При значних та ригідних деформаціях хребта більш передбачувані позитивні результати дають двоетапні хірургічні втручання [248].

Одною з основних переваг використання спінальної навігації для постановки ТГ є збільшення безпеки для хворого з точки зору можливих ускладнень, пов'язаних з некоректним положенням гвинтів, а звідси пошкоджень спинного мозку та спинномозкових корінців.

Згідно з отриманими спостереженнями, використання спінальної навігаційної системи, невзираючи на додатковий час на реєстрацію, може скоротити загальну тривалість операції за рахунок зменшення протяжності операційної рани та скорочення обсягу скелетування задніх відділів оперованих хребців та відсутність проблем із некоректно проведеними ТГ та їх перепроведенням під час виконання хірургічного доступу. Особливо це стосується складних випадків із багаторівневою ТФ, при викривлених анатомічних співвідношеннях хребців, зокрема, у хворих із сколіотичною хворобою.

В літературі залишається дискусійним питання, який вид навігації краще. Згідно одним літературним даним, краще використовувати навігаційну систему сумісно з 3D-флюороскопом, ніж з 2D-флюороскопом або КТ [61].

Згідно іншим даним, наприклад, при ТФ грудних хребців, перевагу віддають КТ, яка забезпечує нижче число некоректного розташування

гвинтів, меншу інтраопераційну втрату крові та меншу кількість ускладнень [62, 63].

В представленому дослідженні, використовуючи навігаційну систему разом із КТ, та за час освоєння виявили декілька причин її незадовільної роботи та можливі причини помилок:

- неточна (неакуратна) реєстрація;
- відмінності положення хворого при виконанні КТ дослідження і на операційному столі;
- зміни положення хворого після реєстрації;
- дихальні рухи хворого;
- зміщення антени на остистому відростку після реєстрації;
- пошкодження відбивального покриття кульок на антені або інструменті.

В результаті аналізу невдач розроблено низку практичних рекомендацій, які допомагають попередити порушення роботи навігаційної системи та уникнути майбутніх ускладнень.

До найбільш грубих похибок роботи навігаційної системи призводять поєднання декількох причин, тому треба уважно відстежувати кожний етап від моменту виконання передопераційної КТ до встановлення останнього гвинта.

При реєстрації хребців, під час операції за допомогою попередньо виконаної КТ, причиною грубих похибок може бути різниця між положенням хворого під час виконання КТ та положенням хворого на операційному столі. Навігаційна система розглядає хворого ніби то він знаходиться в положенні, в якому виконували КТ, що навчило усувати цю похибку шляхом виконання КТ в тому положенні хворого, в якому він буде знаходитися на операційному столі. Тобто при плануванні операції на хребті, КТ виконували лежачи на животі з кіфозуванням ПВХ за допомогою спеціальних валиків.

Під час налаштування навігаційної системи важливо правильно вказати положення хворого, положення хірурга та інфрачервоної камери по відношенню до хворого.

Неточна реєстрація включає в себе, по-перше, помилку визначення рівня хребця в рані, до якого прикріплюється антена, з рівнем вказаним навігаційній системі для реєстрації. Також для зменшення похибки антену рекомендують кріпити до остистого відростка в його середній частині й строго за середньою лінією тіла. Для акуратної реєстрації рекомендують в рані ставити крапки реєстрації з максимальним розкидом, покриваючи найбільшу площу.

Дострокове пробудження під час операції або інтенсивні маніпуляції після реєстрації можуть призвести до зміни положення хворого на столі, внаслідок чого можуть з'являтися викривлення в роботі навігаційної системи. До спотворення може призводити також глибокий подих хворих.

До відхилень роботи навігаційної системи, пов'язаних з положенням хворого, також відносяться відхилення, які виникають при роботі на хребці, рівень якого є віддалений від місця реєстрації на один чи більше сегмент. Тобто, чим більш віддалений сегмент, який підлягає інструментації, від рівня хребця, на якому виконано реєстрацію, тим більше вірогідність виникнення відхилень. При виникненні подібних помилок в роботі треба перереєструвати навігаційну систему на потрібному рівні хребта.

До некоректної роботи навігаційної системи може призводити зміщення антени, що виникає внаслідок послаблення фіксуючого гвинта або перелому остистого відростка. Згідно із власним досвідом, після повторного закріплення антени навігаційну систему краще повністю перезавантажити, після чого виконати нову реєстрацію [249-250].

Для ілюстрації наведеного вище приводимо клінічні приклади.

Клінічний приклад № 1. Хворий Б., 52 роки, історії хвороби № 92134, діагноз: анкілозуючий спондилоартрит, аксіальна форма. Кіфотична

деформація, анкілоз шийного відділу хребта, ГВХ та ПВХ, крижово-підздухвинних суглобів (рис. 8.1).

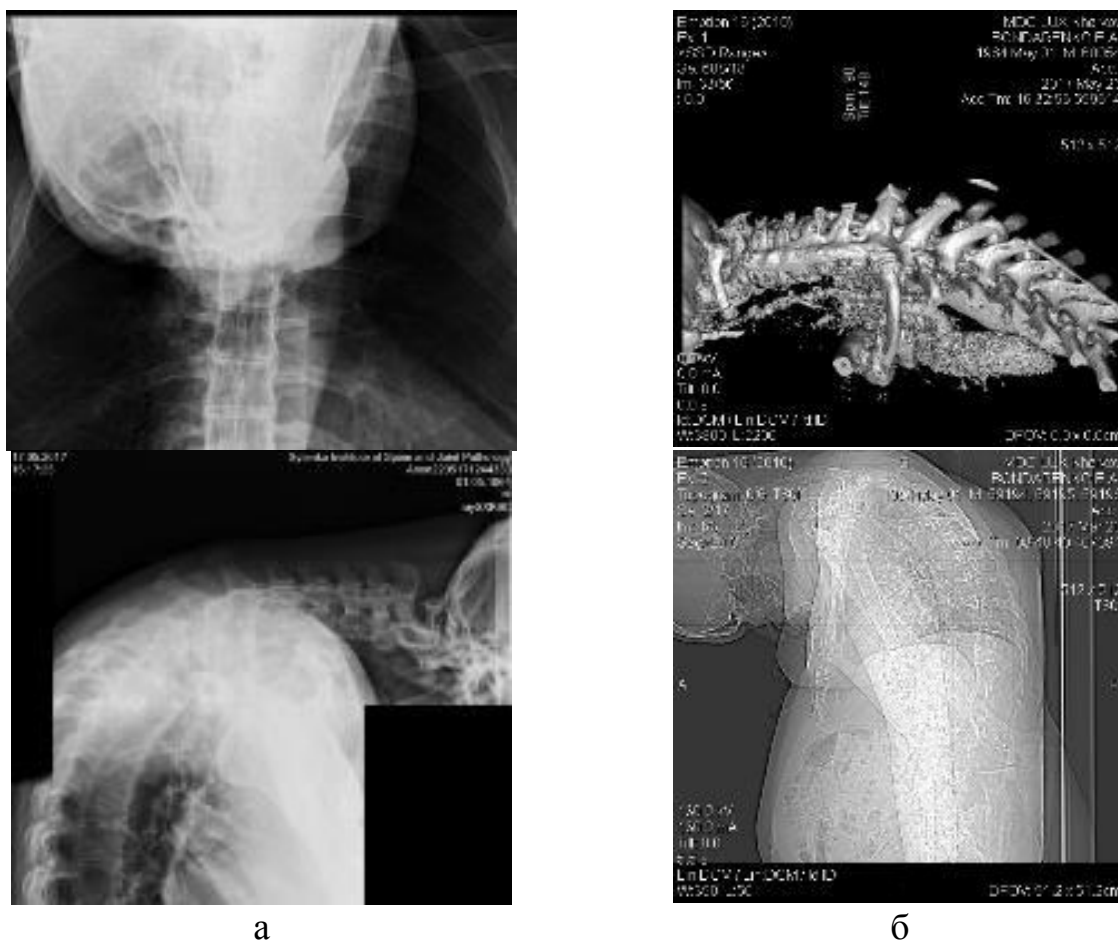


Рис. 8.1. Рентгенограми (а) та комп'ютерна томограми (б) хворого Б. до хірургічного лікування

Порушення функції жування, обмеження погляду. Хворому була показана коригуюча остеотомія на рівні шийного відділу хребта. Хворі з хворобою Бехтерева, як правило, страждають на остеопороз, тому традиційна задня фіксація через бічні маси неможлива. При лікуванні даного стану потрібна ТФ, в той час, коли навіть сама по собі задня інструментація грудопоперекового переходу хребта є дуже складною та небезпечною навіть за нормальних анатомічних взаємовідношень. Подібні операції у зв'язку з ризиком кровотечі, виконують в положенні хворого сидячи на операційному столі. Цей факт разом зі ступенем деформації та її ригідністю робить проведення інтраопераційної контрольної рентгенографії важким.

При підготовці площадки для безпечного введення гвинта без використання навігаційної системи кожного разу необхідно оголяти всі прилеглі утворення, що оточують корінь дуги, щоб коректно ввести гвинт під контролем зору. Тривалість цієї операції є дуже значною. За наявності хвороби Бехтерева за відсутності анатомічних орієнтирів та великій необхідній кількості гвинтів (мінімум по 6 вище та нижче остеотомії) ця операція без використання навігаційного обладнання стає майже неможливою.

У даного хворого на першому етапі хірургічного втручання виконували запланований хірургічний доступ (рис. 8.2). З усіх боків корінь дуги є обмежений небезпечними, з точки зору можливих ускладнень, анатомічними утвореннями. Медіально розташовується спинний мозок, латерально — вертебральна артерія, вище та нижче — спінальні корінці. На рисунку стрілками показано оголений корінь дуги — замість введення гвинта, діаметр якого складає приблизно 0,5 см.

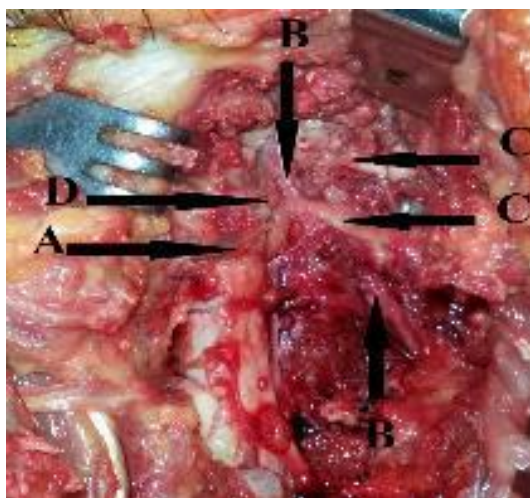


Рис. 8.2. Хірургічний доступ для транспедикулярного проведення гвинтів на шийному рівні. Рівень C_{VI} . А — спинний мозок, В — вертебральна артерія, С — нервові корінці

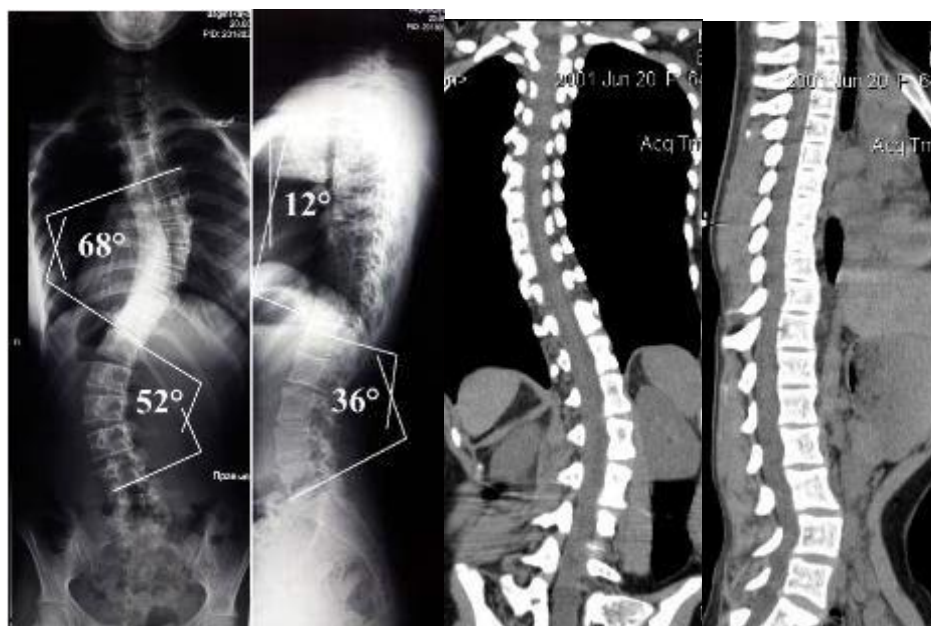
Хворому виконано операцію: ламінектомія $C_{VI}-C_{VII}-Th_I$, задня остеотомія тіла C_{VII} , корекція кіфотичної деформації. Фіксація $C_{IV}-C_V-C_{VI}-Th_I-Th_{II}-Th_{III}$ ТК за допомогою навігаційної системи (рис. 8.3).



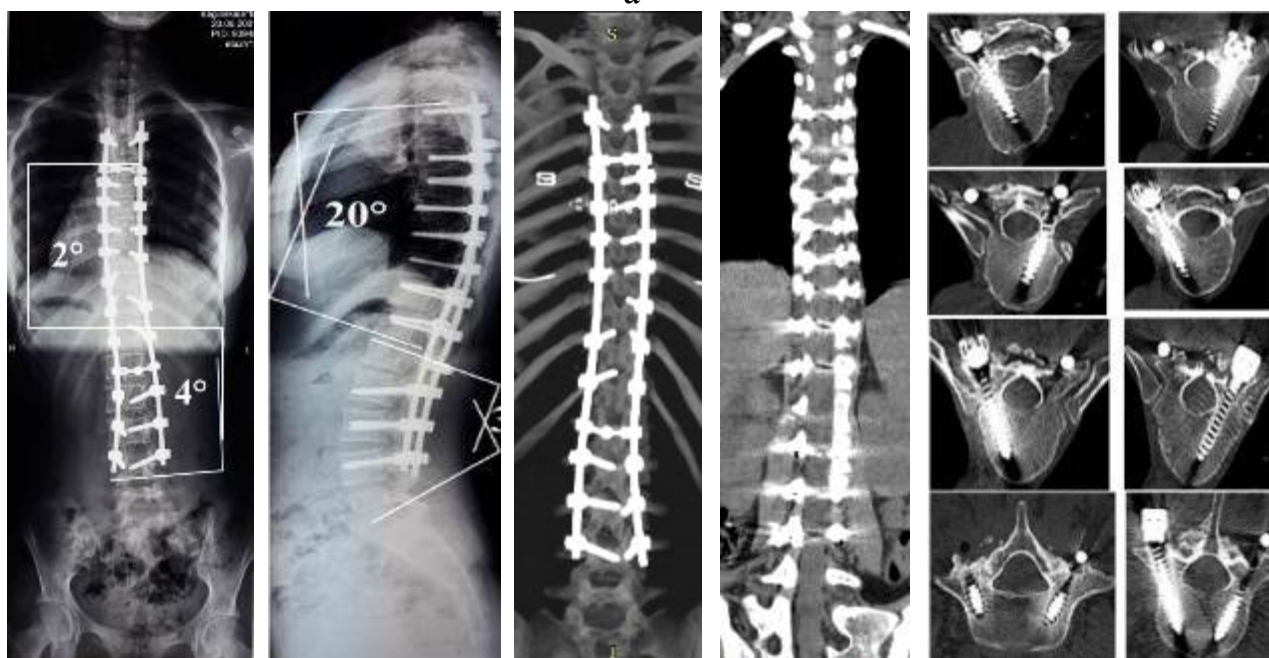
Рис. 8.3. Рентгенограми хворого Б. після хірургічного лікування: а) фас, б) профіль

Хірургічне втручання без ускладнень. При його виконанні вдалося досягнути корекцію величиною 25° , що дозволило хворому без перешкод відкривати рот. Для покращення поля зору в майбутньому хворому було запропоновано коригуючу остеотомію на поперековому рівні.

Клінічний приклад № 2. Хвора Ш., 25 років, історія хвороби № 92765, діагноз: правобічний грудний ідіопатичний сколіоз IV ступеня (рис. 8.4). Операція: корекція деформації хребта полісегментарною ТК, стабілізація сегментів Th_{IV}–L_{IV}, задній аутоспондилодез. Під час операції використано навігаційну систему, яка дозволяє з високою точністю провести ТГ по увігнутій стороні деформації з урахуванням індивідуальних особливостей анатомічної будови коренів дуг та ротації тіл хребців хворого. Виконана в післяопераційний період КТ хребта підтвердила високу точність імплантованих ТГ.



а



б

Рис. 8.4. Рентгенограми та КТ хворої Ш., 25 років, історія хвороби № 92765, діагноз: правобічний грудний ідіопатичний сколіоз IV ступеня до операції (а), після операції (б)

Клінічний приклад № 3. Хвора К., 29 років, історія хвороби №97039, діагноз: Грудний ідіопатичний сколіоз IV ст. (рис. 8.5).

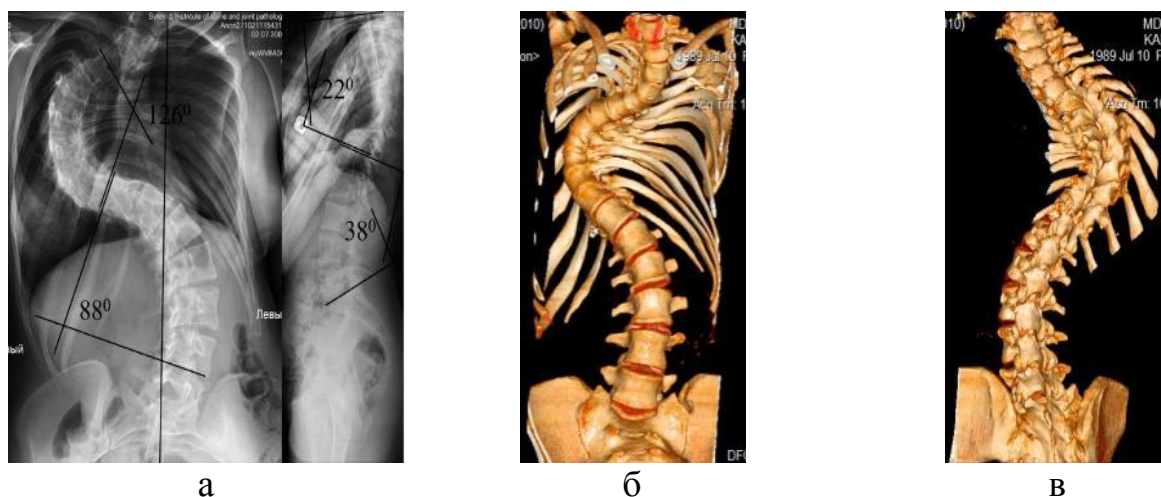


Рис. 8.5. Фотовідбитки рентгенограми (а) і КТ (б, в) хворої К., 29 років, історія хвороби № 97039, діагноз: Грудний ідіопатичний сколіоз IV ступеня

У зв'язку з екстремальними сколіозом проведено двоетапне хірургічне лікування: I етап — передня мобілізація хребта, II етап — корекція деформації хребта, фіксація транспедикулярною конструкцією на рівні Th_{II}–L_{IV} (рис. 8.6). При виконанні хірургічного лікування вдалося досягнути корекцію величиною зі 104° до 56° за Кобом в грудному відділі та з 70° до 28° у поперековому протикривленні, що значною мірою покращило функціонування внутрішніх органів (в першу чергу, серця та легень), так і частково вирішило косметичні проблеми хворої.

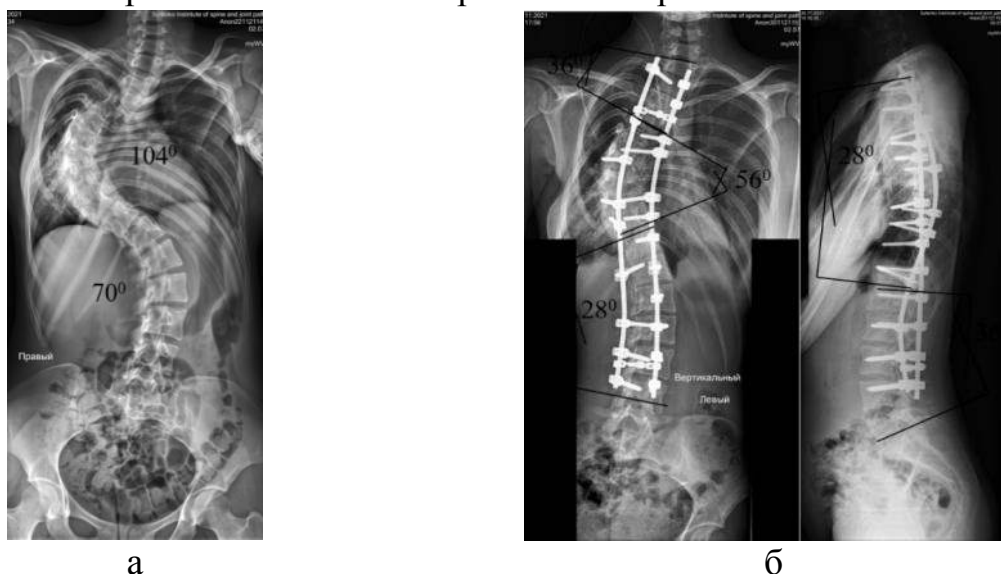


Рис. 8.6. Фотовідбитки рентгенограм хворої К., 29 років, історія хвороби № 97039, хірургічне втручання: а) I етап — передня мобілізація хребта; б) II етап — корекція деформації хребта, фіксація на рівні Th_{II}–L_{IV} транспедикулярною конструкцією

Використання навігаційної системи, дозволяє розширити спектр і складність хірургічних втручань, навіть при таких грубих та великих деформаціях хребта, що дає можливість хірургу коректно провести ТГ навіть в змінені та деформовані дуги хребців. Навпаки, при використанні техніки «вільних рук», при змінених формах дуг хребців, навіть знаючи орієнтири для проведення ТГ, маючи хірургічний досвід, використовуючи флюороскоп для контролю ТГ, можливо виникнення ситуації як некоректного проведення гвинтів, так і взагалі неможливості їх встановлення у хребці.

Клінічний приклад № 4. Хвора П., 28 років, історія хвороби № 97114, діагноз: Грудний ідіопатичний сколіоз IV ст. (рис. 8.7, а). Проведено хірургічне лікування: Корекція деформації ТК на рівні Th_{IV}–L_{III}. (рис. 8.7, б). При цьому, оскільки хірургічне втручання було виконано із використанням техніки «вільних рук» (спинальна навігаційна система було недоступна), не вдалося встановити ТГ на рівнях L_I та L_{II}, що відповідало б канонам лікування сколіотичних деформацій хребта.

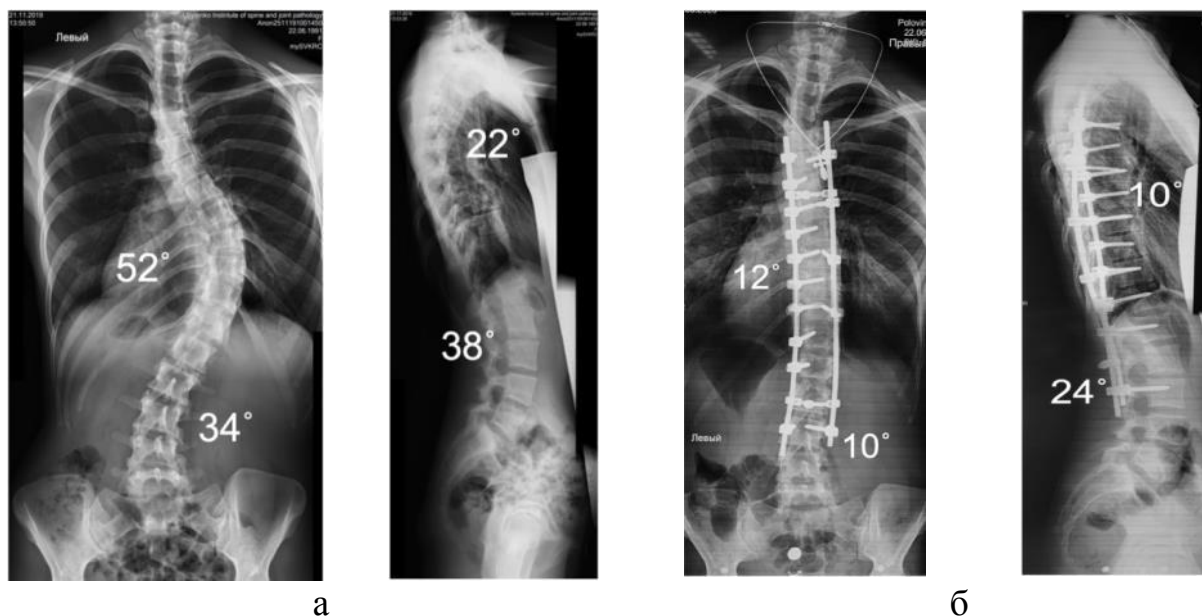


Рис. 8.7. Фотовідбитки рентгенограм хворої П., 28 років, історія хвороби № 97114, діагноз: Грудний ідіопатичний сколіоз IV ст.: а) до хірургічного лікування; б) після корекції деформації хребта транспедикулярною конструкцією (техніка «вільних рук»)

Клінічний приклад № 5. Хворий Л., 36 років, історія хвороби № 96819, діагноз: Остеохондроз ПВХ, спондилоартроз. Стан після операції 17.10.2019: Видалення кири МХД L_V–S_I. Фіксація на рівні L_V–S_I ТК. Стійка компресійна радикулопатія L_V зліва. На рентгенограмах визначено некоректне розташування гвинта в хребці L_V зліва (рис. 8.8). Первинне хірургічне втручання було виконане із використанням техніки «вільних рук», що, на наш погляд, стало основною причиною некоректного проведення ТГ у хребець L_V.

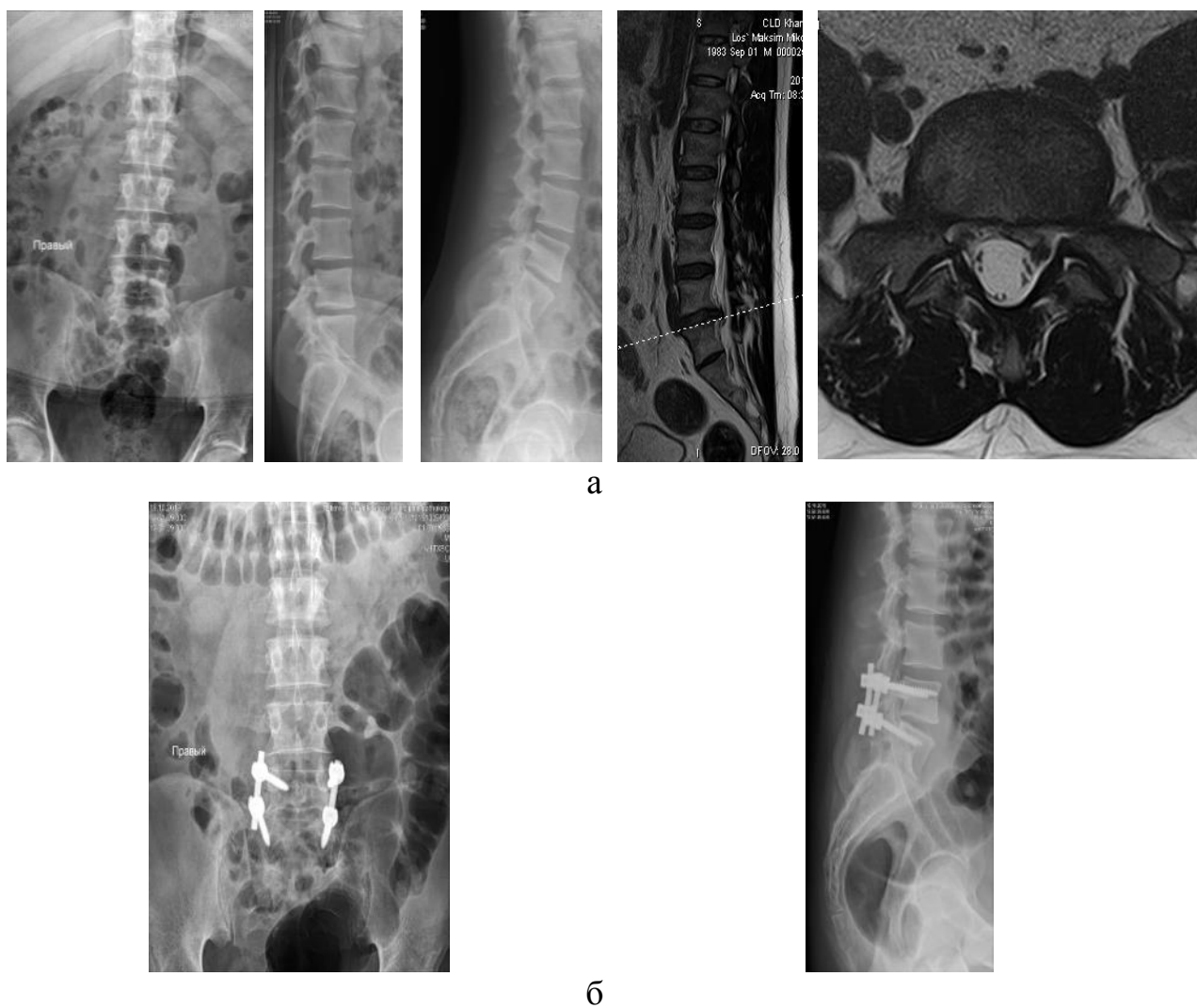


Рис. 8.8. Фотовідбитки рентгенограм та МРТ хворого Л., 36 років, історія хвороби № 96819, діагноз: Остеохондроз поперекового відділу хребта, спондилоартроз. Стан після хірургічного лікування 17.10.2019: Видалення кири міжхребцевого диска L_V–S_I. Фіксація на рівні L_V–S_I ТК. Стійка компресійна радикулопатія L_V зліва. а) до первинного хірургічного втручання; б) після первинного хірургічного втручання. На рентгенограмах визначено некоректне розташування гвинта в хребці L_V зліва

Через місяць після первинного хірургічного лікування, у зв'язку із скаргами хворого на біль та зниження чутливості на ділянці шкіри, що відноситься до дерматому L_V , виконано ревізійне хірургічне втручання: Ревізія металоконструкції, перепроведення ТГ в хребці L_V зліва (рис. 8.9). Після цього неврологічні прояви у вигляді болю та зниження чутливості на ділянці шкіри у хворого зникли.



Рис. 8.9. Фотовідбитки рентгенограм хворого У., 36 років, історія хвороби № 96819, ревізійне хірургічне втручання: Ревізія металоконструкції, перепроведення транспедикулярного гвинта в хребці L_V зліва

8.3 Резюме

Проведено порівняльний аналіз прооперованих хворих з використанням ТФ, для визначення коректності розташування ТГ та кількості проведених ревізійних хірургічних втручань саме з цим ускладненням. В першій групі порівняння, проведення гвинтів було виконано з використанням стандартної техніки «вільних рук» (всього 4794 ТГ), а в другій — проведення ТГ здійснювали за допомогою спинальної навігаційної системи (всього 1646 ТГ). Визначено, що використання навігаційної системи дозволило скоротити відсоток некоректно проведених ТГ з 4,95 % до 0,39 %. У всіх 37 хворих (4,95 %) першої групи з некоректним проведенням гвинтів, було проведено ревізійні хірургічні втручання, тоді як у хворих, котрим проводили ТГ з використанням навігаційної системи, в жодному випадку не було проведено ревізії з приводу некоректного встановлення ТГ. Для усунення

незадовільної роботи навігаційної системи під час операції було розроблено ряд практичних рекомендацій. При цьому вкрай важливими були точність та акуратність маніпуляцій при реєстрації навігаційної системи; особливість кріплення антени до остистого відростка; крапки реєстрації необхідно ставити з максимальним розкидом, покриваючи найбільшу площу використання навігаційної системи на тому рівні, де було проведено реєстрацію (або суміжному); при роботі на хребці, рівень якого є віддалений від місця реєстрації на два чи більше сегментів, потребує перереєстрації навігаційної систему на потрібному рівні хребта; виключення зміщень та рухливості хворого; адекватне знеболення; придатність антени та реєстраційного зонду; цілісність та неушкодженість покриття відбиваючих кульок.

За матеріалами даного розділу опубліковані наступні роботи:

[246] Барков, О. О., Костерін, С. Б., Піонтковський, В. К., Попов, А. І., Попсуйшапка, К. О., Скіданов, А. Г., Федотова, І. Ф. & Шманько, О. П. (2020). Біль у спині. Посібник для сімейних лікарів. (Серія «Бібліотека «Здоров'я України»). Під. ред. М. О. Коржа, В. О. Радченка. – Київ: ТОВ «Бібліотека «Здоров'я України», 110 с.

[247] Радченко, В. О., Мезенцев, А. О. & Барков, О. О. (2016). Хірургічне лікування різних типів сколіозу у дорослих. *Матеріали XVII з'їзду ортопедів-травматологів України* (5–7 жовтня, сс. 312–313). Київ.

[248] Барков, О. О., Радченко, В. О., Кацалап, Є. С. & Федотова, І. Ф. (2023). Двохетапне хірургічне лікування великих і ригідних деформацій хребта (передня мобілізація викривлення та задня інструментація хребта). *Ортопедія, травматологія та протезування*, (4(633)), 22–30. <https://doi.org/10.15674/0030-59872023422-30>

[249] Radchenko, V. O., Barkov, O. O. & Skidanov, A. G. (2019). Five-year experience using the navigation system in spine surgery. *Orthopedics*,

traumatology and prosthetics. 1, 5–13 DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-5987201915-13>

[250] Радченко, В. О., Барков, О. О., Хмизов, С. О., Гриценко, А. В. & Колесніченко, Ю. Е. (2020). Індивідуальне хірургічне лікування аномалій та деформацій хребта у дітей та підлітків із застосуванням 3D навігації та нейромоніторингу. *Актуальні питання патології суглобів та ендопротезування: матеріали П'ятої науково-практичної конференції*, (3–5 вересня, сс. 73-75). Запоріжжя.

РОЗДІЛ 9

ІНТРАОПЕРАЦІЙНИЙ НЕЙРОМОНІТОРИНГ У ХВОРИХ ІЗ ЗАХВОРЮВАННЯМИ ГРУДНОГО ТА ПОПЕРЕКОВОГО ВІДДІЛІВ ХРЕБТА ПРИ ТРАНСПЕДИКУЛЯРНІЙ ФІКСАЦІЇ

Нейромоніторинг використовували у хворих із складними деформаціями, захворюваннями та травмами ГВХ та ПВХ. Середня тривалість хірургічного втручання склала 4 години та 6 хвилин. За цей час проводили від 4 до 35 транскраніальних електричних стимуляцій (ТКЕС), середнє число ($14,30 \pm 6,49$) стимуляцій. МВП — складний потенціал дії, що викликають стимуляцією рухової кори головного мозку і реєструють на периферичних м'язах мішенях. Для ефективного викликання МВП у хворого, що перебуває під загальною анестезією, важливим є правильний підбір параметрів стимуляції, таких як міжстимульний інтервал, частота надання та інтенсивність стимулів. Наприклад, аналіз даних Е. Azabou зі співавт. (2013) [57], отриманих при виконанні 77 операцій з приводу сколіотичних деформацій хребта, показав, що для інтраопераційного викликання рухових потенціалів з переднього великогомілкового м'яза оптимальна частота стимуляцій, при їх тривалості 0,5 мс, становила від 5 мс до 7 мс, міжімпульсний стимульний інтервал від 2 мс до 4 мс, інтенсивність стимулів — від 300 В до 700 В.

Аналіз напруги стимулу ТКЕС і сили струму, показав, що електричний опір тіла хворого істотно не змінювався або знижувався в період від початку до кінця операції. Кореляція між тривалістю втручання та приростом сили струму виявилася статистично незначною ($R < 0,5$) (рис. 9.1). Ці дані вказують, що вимушене підвищення напруги стимулу ТКЕС, і збільшення сили струму, що проходить через хворого, можливо, викликано зниженням збудливості рухової зони кори головного мозку і провідності нервових структур внаслідок анестезії, зниження рівня артеріального тиску,

температури тіла тощо. Вплив кожного з цих факторів на амплітуди МВП заслуговує на окреме дослідження.

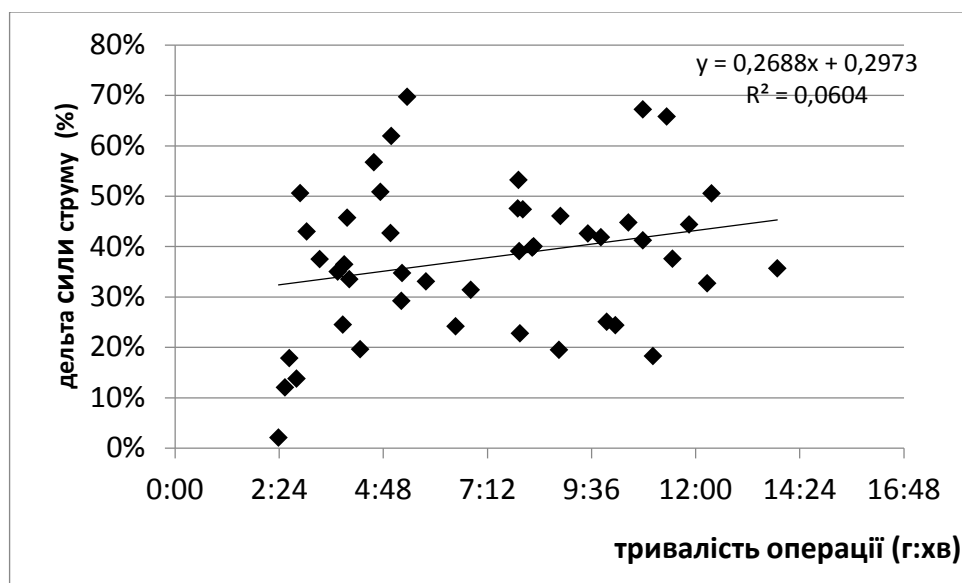


Рис. 9.1. Кореляція між приростом сили струму, що проходить через хворого, відносно референтного значення і тривалості хірургічного втручання

Амплітуда МВП протягом часу значно змінюється в умовах анестезії. Так, на графіку динаміки амплітуди МВП у хворого з травматичним ушкодженням хребта. На ньому показані амплітуди МВП на нижніх кінцівках (*mm. tibialis anterior*) протягом хірургічного втручання (рис. 9.2).

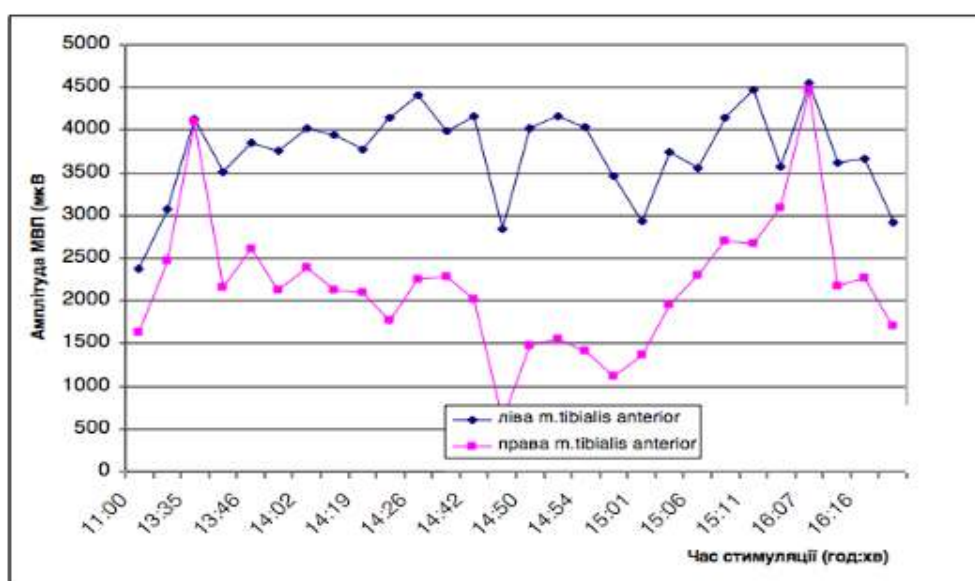


Рис. 9.2. Приклад динаміки амплітуд МВП під час хірургічного втручання

Перші точки — це амплітуди МВП, отримані до початку втручання в 11:00, величини, яких прийняті за референтні. Потім помітні коливання амплітуд, тенденція зростання амплітуд, одноразове зниження, і подальше збільшення.

В поданому дослідженні МВП реєстрували на: *mm. tibialis anterior*, *mm. abductor hallucis longus* в усіх 49 (100 %) випадках, на *mm. abdominis rectus* в 21 (43 %) випадках, на *mm. abdominis obliquus* в 22 (44 %) випадках, а на *mm. vastus lateralis* — в 26 (53 %) випадках. Амплітуди МВП змінюються з технічних, хірургічних та анестезіологічних привидів. Перші МВП реєстрували на початку хірургічного втручання, в положенні на спині, а потім в положенні на животі. Останні МВП реєстрували під час ушивання шкіри та накладання пов'язки на післяопераційну рану, коли дія анестезії, як правило, вже зменшена (табл. 9.1).

Таблиця 9.1

Результати аналізу амплітуд МВП під час хірургічного втручання на хребті

М'яз	Бік	Середня амплітуда МВП (μV)	Стандартна похибка	Максимум	Мінімум	Інтервал	Кількість досліджень
<i>abdominis rectus</i>	лів.	655,98	±728,23	3017	18	2999	41
	прав.	721,02	±1205,67	7127	14	7127	41
<i>abdominis obliquus</i>	лів.	535,73	±86,31	1444	98	1346	22
	прав.	974,05	±237,13	3975	20	3955	22
<i>vastus lateralis</i>	лів.	282,73	±68,29	1370	29	1341	26
	прав.	220,92	±63,82	1647	15	1632	26
<i>tibialis anterior</i>	лів.	1479,98	±183,65	4993	106	4887	49
	прав.	1454,31	±179,35	4590	106	4484	49
<i>abductor hallucis longus</i>	лів.	969,10	±127,20	3645	19	3626	49
	прав.	829,51	±138,55	3692	20	3672	49

Високі амплітуди МВП спостерігалися на передньому великогомілковому м'язі і м'язах живота. МВП на чотириголовому м'язі

стегна низькі, часто нижче ніж 50 мкВ, що зменшує їх інформативність. На *mm. abdominis rectus* МВП були високі, але на них часто реєструвалися перешкоди, викликані положенням хворого. Найбільш стабільні МВП спостерігалися на *mm. abductor hallucis longus*, їх амплітуди мало потерпали від механічних перешкод і змін артеріального тиску. Такий факт можна пояснити тим, що *mm. abductor hallucis longus* є дистальний, компактний м'яз, що має гарне представництво в руховій корі, більше, наприклад, ніж *mm. vastus lateralis*.

Таким чином, амплітуди МВП м'язів-мішеней відрізнялися за інформативністю та ефективністю завдяки індивідуальним морфологічним і моторним характеристикам (рис. 9.3). Саме тому для моніторингу слід використовувати максимально можливу кількість м'язів, наприклад, при рівні інструментації L_V-S_I не обмежуватися тільки переднім великомілковим м'язом, а моніторувати також м'язи стопи і стегна. У хворих із деформаціями хребта, в тій чи іншій мірі, має місце компресія спинного мозку, що в умовах анестезії може порушувати провідність по кортикоспінальному тракту.

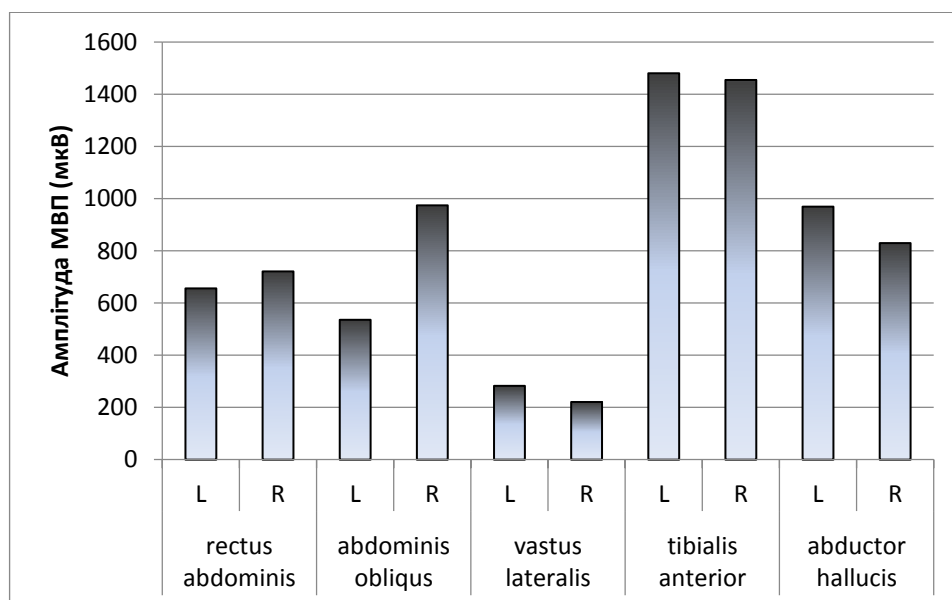


Рис. 9.3. Гістограма амплітуд МВП. По осі ординат вказано назва м'яза та бік: Ліва (L), Права (R)

Загальні фізіологічні зміни, такі як зниження артеріального тиску та температури тіла, відображаються одночасним зниженням МВП на всіх каналах і параметри повертаються до початкових значень після відповідних заходів. Більш несприятливим є однобічне зниження амплітуди. Однобічне стійке зниження амплітуди більш ніж на 60 % вважається ознакою тривоги. Інші автори допускають від 50 % до 80 % падіння амплітуд [251].

У поданому дослідженні двостороннє зниження амплітуд МВП більш, ніж на 80 % спостерігали в 17 (34 %) випадках, що було оборотним, і при збільшенні інтенсивності стимулу амплітуди МВП досягали ефективних значень. В одному (2 %) випадку, при спондилолізному спондилолістезі хребця L_V II ступеня, відзначали одностороннє стійке падіння амплітуд МВП на *mm. tibialis anterior* і *mm. abductor hallucis longus*. В післяопераційному періоді у хворої розвився нижній монопарез, який повністю регресував через 3 міс.

Ще в одному (2 %) випадку одностороннього зниження МВП, яке спостерігали через 1,5 години після хірургічного маневру (відкритого вправлення хребця L_V при спондилолістезі IV ступеня) амплітуда впала на *mm. tibialis anterior* в 20 разів, у той час як на *mm. abductor hallucis longus* амплітуда знизилась лише на 16 %. У ранньому післяопераційному періоді у хворої відзначався правобічний монопарез з подальшим поступовим відновленням на 10-ту добу (рис. 9.4, 9.5).



Рис. 9.4. Зовнішній вигляд, фотовідбитки рентгенограм і КТ хворої Ж., 18 років, історія хвороби № 96544 до хірургічного втручання. Діагноз: Диспластичний спондилолізний спондилолістез хребця L_V IV ступеня. Люмбоішіалгія



Рис. 9.5. Зовнішній вигляд і фотовідбитки рентгенограм хворої Ж., 18 років, історія хвороби № 96544 через 2 роки після хірургічного втручання (відкрите вправлення хребця L₅. Задня транспедикулярна фіксація сегментів L_{III}–L_{IV}–L_V–S_I– здухвинні кістки. Аутокістковопластичний спондилодез)

В інших випадках ознак неврологічного дефіциту не було визначено в жодного хворого.

Модальність перевірки ТГ реєструє біоелектричну активність довільної електроміографії (ЕМГ) на м'язах мішенях після стимуляції гвинта. Після установки хірургічного щупа на головку гвинта запускають стимуляцію від 0 мА до 30 мА. Кістка має високий імпеданс, що потребує високий поріг сили тока для збудження прилеглого нервового корінця. Якщо кортикальний шар ніжки не ушкоджений, то для отримання ЕМГ потрібен великий струм стимуляції. При перфорації кістяної педикулярної стінки хребця, безпосередня стимуляція гвинта може викликати збудження нервового корінця та викликати ЕМГ в відповідному міотомі при меншій інтенсивності стимулу, аніж у випадку неушкодженого кортикального шара. Виникнення ЕМГ при силі постійного струму від 6 мА до 10 мА може бути приводом для ревізії або перепроведення ТГ. Відсутність ЕМГ при силі струму до 30 мА є відмінною ознакою коректно розташованого ТГ, від 20 мА до 29 мА — доброю, а від 10 мА до 19 мА — невизначеною. В дослідженні проведено діагностичну електростимуляцію 354 ТГ на рівнях Th_{VIII}–S_I (табл. 9.2).

Таблиця 9.2

Результати стимуляції транспедикулярних гвинтів

Сила струму (мА)	Th _{IX}		Th _X		Th _{XI}		Th _{XII}		L _I		L _{II}		L _{III}		L _{IV}		L _V		S _I	
	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R
30					2	2	3	3	6	6	9	8	14	15	18	19	21	20	18	19
20–29							1		5	5	3	2	2	2	3	3	3	2	1	3
10–19			2	2	2	2	6	6	2	3	2	4	5	4	5	3	4	6	12	10
<10	1	1	2	2	4	5	3	4	6	5	3	2	4	4	3	4	4	3	4	2
N	1	1	4	4	8	9	13	13	18	18	17	16	25	25	29	29	32	31	36	35

Тестування з позитивним результатом при силі току 30 мА пройшли 183 (52 %) гвинти, від 20 мА до 29 мА – 35 (10 %) гвинтів, від 10 мА до 19 мА — 76 (21 %) гвинтів, а до 9 мА – 60 (17 %) гвинтів (рис. 9.6, 9.7).

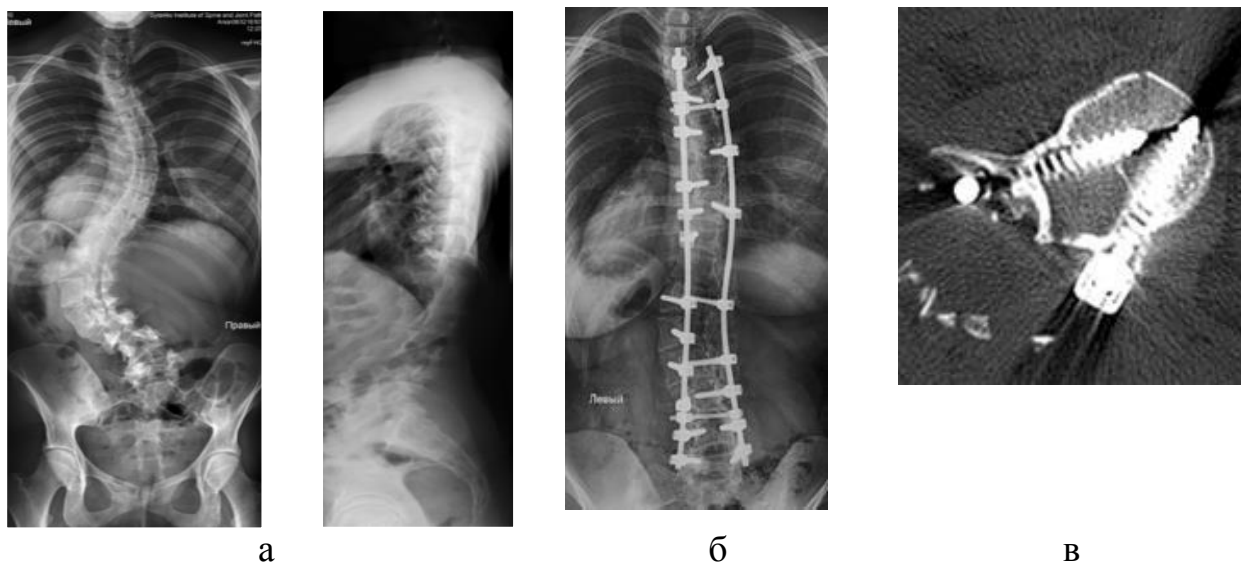


Рис. 9.6. Фотовідбитки рентгенограм і КТ хворої Б., 22 роки, історія хвороби № 91126, діагноз: Лівобічний грудопоперековий ідіопатичний сколіоз IV ст., а) до хірургічного лікування; б) після корекції деформації хребта транспедикулярною системою; в) відсутність ЕМГ при силі струму до 10 мА на хребці L_{III}, а на КТ визначено некоректне розташування гвинта в хребці L_{III} (на першу добу після операції стійка компресійна радикулопатія L_{III} зліва).

Отже, за умов, що всі гвинти були встановлені коректно, при одночасному використанні під час хірургічного втручання навігаційної

системи та флюороскопа, було зафіксовано 218 випадків істино-негативних та 60 хибно позитивних сигналів тривоги. Цей факт також визначено, за даними літератури, спровокована ЕМГ має високий рівень хибно-позитивних сигналів без клінічної кореляції [252].

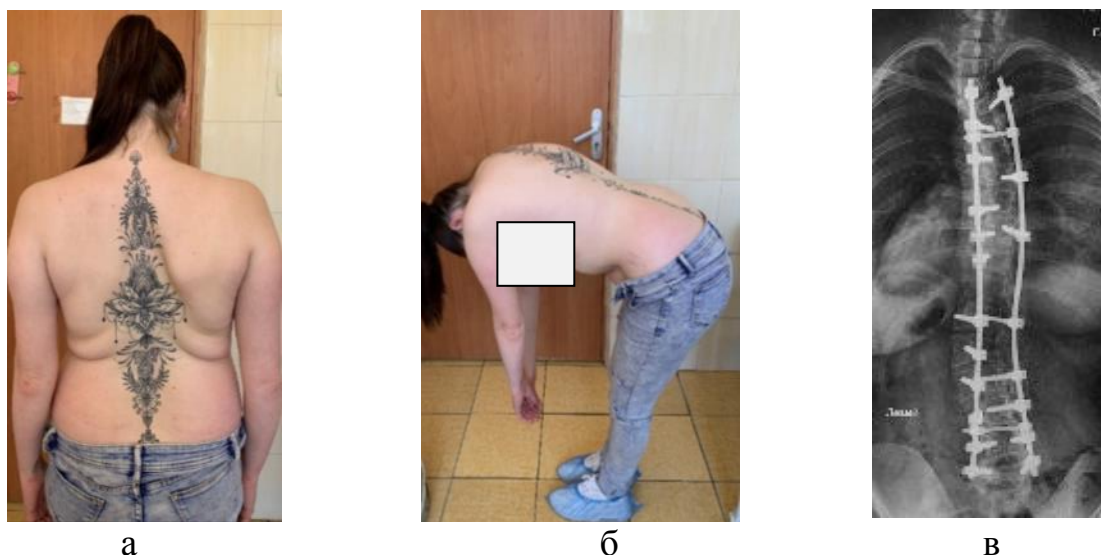


Рис. 9.7. Зовнішній вигляд (а, б) і фотовідбиток рентгенограми фас (в) хворої Б., 22 роки, історія хвороби № 91126 через 3 роки після хірургічного лікування. Без неврологічного дефіциту та помірно обмеженою функцією хребта

Вже в попередньому розділі роботи було вказано, що найбільш часто вони виникають саме при некоректному проведенні ТГ за рахунок пенетрації останніми спинного мозку або спинномозкових корінців. Слід зауважити, що в поданому дослідженні двоє хворих (8 %) мали транзиторні неврологічні ускладнення у вигляді монопарезу, які виникли не за рахунок некоректного проведення гвинтів, а скоріш за все за рахунок натягнення нервових структур, зміни їх положення, а також зміни ширини хребтового каналу під час корегувальних дій при одномоментному вправленні хребця L_v . В обох випадках був регрес неврологічного дефіциту. Слабким місцем дослідження безумовно є те, що це досить різна категорія хворих за віком та діагнозом, які важко порівняти між собою.

Резюме

Таким чином, амплітуди МВП м'язів-мішеней відрізняються за інформативністю та ефективністю завдяки індивідуальним морфологічним і моторним характеристикам. У хворих з деформаціями хребта, в тій чи іншій мірі, має місце компресія спинного мозку, що в умовах анестезії може порушувати провідність за кортікоспінальним трактом. Саме тому для моніторингу слід використовувати максимально можливу кількість м'язів, наприклад, при рівні інструментації L_V-S_I не обмежуватися тільки переднім великогомілковим м'язом, а моніторувати також м'язи стопи і стегна [253].

При проведенні дослідження визначено, що кореляція між тривалістю хірургічного втручання та приростом сили струму, необхідного для нейростимуляції, є статистично незначною ($R < 0,5$). Доведено, що динаміка амплітуд МВП м'язів-мішеней відрізняється по інформативності та ефективності під час хірургічного втручання, завдяки індивідуальним морфологічним і моторним характеристикам. Найбільш стабільні МВП спостерігалися на *mm. abductor hallucis longus*. Особливо слід зауважити, що несприятливим і достовірним фактором ознаки тривоги є однобічне стійке зниження амплітуди більш ніж на 60 %. За результатами стимуляції ТГ було отримано 218 випадків істино-негативних та 60 хибно позитивних сигналів тривоги [254, 255].

Використання інтраопераційного моніторингу у хворих із деформаціями, захворюваннями та травмами ГВХ та ПВХ при ТФ, дозволило знизити ризик неврологічних ускладнень під час та після хірургічного лікування на 92 %. Отримані результати показують, що інтраопераційний моніторинг спинного мозку являє собою досить чутливим методом дослідження під час проведення ТГ і корегувальних дій у ГВХ та ПВХ. Цей метод значно надає впевненості хірургу під час хірургічних маніпуляцій на хребті та рутинному його використанні для уникнення інтра- та післяопераційних неврологічних ускладнень.

За матеріалами даного розділу опубліковано наступні роботи:

[253] Барков, О. О. & Дуплій, Д. Р. (2021). Практичні аспекти інтраопераційного нейромоніторингу у хворих із різною патологією хребта. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 4(625), 5–12. DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-5987202145-12>

[254] Федотова, І. Ф., Барков, О. О, Дуплій, Д. Р. & Сіренко, О. А. (2014). Проведення інтраопераційного нейромоніторингу під час хірургічних втручань на хребті. *III міжнародний конгрес України «Впровадження сучасних досягнень медичної науки в практику охорони здоров'я України»*, (14–16 жовтня, с. 55-56). Київ.

[255] Барков, О. О. & Дуплій, Д. Р. (2024). Інформативність модальностей інтраопераційного моніторингу у хворих з різною патологією хребта. *Матеріали науково-практичної конференції «Слобожанська конференція з анестезіології та інтенсивної терапії: професійний розвиток попри війну»*, (28 червня, с. 2.). Харків.

РОЗДІЛ 10

ЛАБОРАТОРНІ ПОКАЗНИКИ У ХВОРИХ ІЗ УСКЛАДНЕНИМ ПЕРЕБІГОМ ПІСЛЯОПЕРАЦІЙНОГО ПЕРІОДУ ПІСЛЯ ТРАНСПЕДИКУЛЯРНОЇ ФІКСАЦІЇ ХРЕБТА

На даному етапі роботи проводили попарне порівняння вибраних показників хворих із захворюваннями, травмами та деформаціями хребта, що потребували ТФ до хірургічного втручання, у яких спостерігалися післяопераційні ускладнення, з даними осіб контрольної групи (практично здорових людей), а також з результатами відповідного обстеження хворих із аналогічними діагнозами, у яких в післяопераційному періоді ускладнень не було зафіксовано. Всі хворі, у яких після хірургічного втручання мали місце ускладнення були розподілені на групи за видом ускладнень, а саме: хворі з післяопераційним запальним процесом м'яких тканин поблизу від зони інструментації, хворі, у яких в післяопераційному періоді розвивалися гіперкоагуляційні стани, хворі з розвитком нестабільності ТК, та хворі з поєднанням декількох ускладнень, наприклад, розвитком гіперкоагуляційних станів та запальних ускладнень м'яких тканин навколо імплантованої ТК, що, зокрема, є патогенетично обумовленим, або із поєднанням нестабільності імплантованої ТК сумісно із запаленням навколо операційної рани [256].

10.1 Група хворих без післяопераційних ускладнень

Хворі з захворюваннями хребта, у яких після ТФ післяопераційний період перебігав без ускладнень, ще до хірургічного лікування виявили незначні відхилення досліджуваних лабораторних показників від такого у осіб контрольної групи (табл. 10.1). Так, в них було зафіксовано відсутність достовірних розбіжностей із даними контрольної групи за показниками загального стану організму, а саме, вмістом у сироватці крові глюкози, загального білку, Б, загального холестеролу, сечовини, К, Са, Р, активності ЛФ та КФ, а також результатами ТП. Водночас в них було виявлено достовірне збільшення активності АЛТ на 42,29 % та АСТ на 63,55 % у сироватці крові (табл. 10.1).

Таблиця 10.1

Біохімічні показники метаболічного статусу хворих із післяопераційними ускладненнями
після транспедикулярної фіксації хребців

№ п/п	Показники	Контрольна група (n=20)	Хворі без післяопераційн их ускладнень (n=20)	Хворі з подальшим запаленням м'яких тканин (n=10)	Хворі з подальшим розвитком гіперкоагуля- ції (n=6)	Хворі з подальшою нестабіль- ністю конструкцій (n=5)	Хворі з декількома ускладнення- ми водночас (n=5)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	вміст загального білку, г/л	78,10±1,40	72,05±1,65 -7,75 % ^{1, 4)}	85,65±1,21 +9,67 % ^{1, 4)} +18,86 % ^{2, 5)}	86,57±1,34 +10,85 % ^{1, 4)} +20,12 % ^{2, 5)} +1,07 % ^{3, 4)}	71,90±1,73 -7,94 % ^{1, 4)} -0,21 % ^{2, 4)} -16,05 % ^{3, 4)}	84,05±1,75 +7,61 % ^{1, 4)} +16,66 % ^{2, 5)} -1,87 % ^{3, 4)}
2	вміст глюкози, ммоль/л	5,10±0,05	5,12±0,24 +0,39 % ^{1, 4)}	5,39±0,21 +5,69 % ^{1, 4)} +5,27 % ^{2, 4)}	5,22±0,25 +2,35 % ^{1, 4)} +1,95 % ^{2, 4)} -3,15 ^{3, 4)}	5,32±0,33 +3,91 % ^{1, 4)} +4,31 % ^{2, 4)} -1,30 % ^{3, 4)}	5,07±0,31 -0,60 % ^{1, 4)} -1,00 % ^{2, 4)} -5,95 % ^{3, 4)}
3	вміст сечовини, ммоль/л	4,54±0,21	4,69±0,42 +3,320 % ^{1, 4)}	4,72±0,44 +3,96 % ^{1, 4)} +0,69 % ^{2, 4)}	4,86±0,43 +7,05 % ^{1, 4)} +3,62 % ^{2, 4)} +2,97 % ^{3, 4)}	4,68±0,90 +3,08 % ^{1, 4)} -0,21 % ^{2, 4)} -0,85 % ^{3, 4)}	4,81±0,79 +5,95 % ^{1, 4)} +2,56 % ^{2, 4)} +1,91 % ^{3, 4)}

Продовження таблиці 10.1

1	2	3	4	5	6	7	8
4	вміст креатиніну, мкмоль/л	86,80±3,30	78,83±4,65 -9,18 % ^{1, 4)}	78,50±6,85 -9,56 % ^{1, 4)} -0,42 % ^{2, 4)}	81,15±6,47 -6,51 % ^{1, 4)} +2,94 % ^{2, 4)} +3,38 % ^{3, 4)}	80,00±5,14 -7,8 % ^{1, 4)} +1,48 % ^{2, 4)} +1,91 % ^{3, 4)}	89,15±7,11 +2,70 % ^{1, 4)} +13,09 % ^{2, 4)} +13,60 % ^{3, 4)}
5	вміст сечової кислоти, ммоль/л	0,340±0,010	0,305±0,013 +11,48 % ^{1, 5)}	0,260±0,015 -23,53 % ^{1, 5)} -14,75 % ^{2, 5)}	0,284±0,019 -16,47 % ^{1, 5)} -6,88 % ^{2, 4)} +9,23 % ^{3, 4)}	0,320±0,030 -5,88 % ^{1, 4)} +4,92 % ^{2, 4)} +23,08 % ^{3, 5)}	0,307±0,021 -9,71 % ^{1, 4)} +0,66 % ^{2, 4)} +18,10 % ^{3, 5)}
6	вміст загального білірубіну, мкмоль/л	12,60±1,98	12,14±2,16 -3,65 % ^{1, 4)}	9,63±1,18 -23,57 % ^{1, 5)} -20,68 % ^{2, 5)}	9,96±1,43 -12,57 % ^{1, 4)} -17,95 % ^{2, 5)} +3,43 % ^{3, 4)}	15,12±2,69 +20,00 % ^{1, 5)} +24,55 % ^{2, 5)} +57,01 % ^{3, 7)}	21,06±1,95 +67,10 % ^{1, 6)} +73,48 % ^{2, 7)} +118,69 % ^{3, 7)}
7	активність аланінамінотран сферази, Од/л	21,40±1,40	30,45±2,14 +42,29 % ^{1, 5)}	28,25±5,45 +32,01 % ^{1, 5)} -7,22 % ^{2, 4)}	29,18±5,63 +36,35 % ^{1, 5)} -4,17 % ^{2, 4)} +3,29 % ^{3, 4)}	27,51±0,50 +28,55 % ^{1, 5)} -10,51 % ^{2, 4)} -2,62 % ^{3, 4)}	31,14±1,37 +45,51 % ^{1, 5)} +2,27 % ^{2, 4)} +10,23 % ^{3, 4)}
8	активність аспартатаміно- трансферази, Од/л	17,20±1,20	28,13±3,15 +63,55 % ^{1, 5)}	31,56±5,41 +83,49 % ^{1, 5)} +12,19 % ^{2, 4)}	32,11±5,38 +86,69 % ^{1, 5)} +14,14 % ^{2, 4)} +1,74 % ^{3, 4)}	22,67±3,28 +31,80 % ^{1, 5)} -19,41 % ^{2, 4)} -28,17 % ^{3, 5)}	29,38±1,94 +70,80 % ^{1, 7)} +4,44 % ^{2, 4)} -6,91 % ^{3, 4)}

Продовження таблиці 10.1

1	2	3	4	5	6	7	8
9	вміст загального холестеролу, ммоль/л	4,97±0,20	4,18±0,34 % -15,90 % ^{1, 4)}	4,17±0,21 -16,10 % ^{1, 4)} -0,24 % ^{2, 4)}	4,32±0,34 -13,08 % ^{1, 4)} -3,35 % ^{2, 4)} +3,60 % ^{3, 4)}	4,28±0,22 -13,88 % ^{1, 5)} +2,39 % ^{2, 4)} +2,64 % ^{3, 4)}	3,74±0,32 -24,75 % ^{1, 5)} -10,53 % ^{2, 4)} -10,32 % ^{3, 4)}
10	результати тимолової проби, Од. S-H	3,08±0,15	2,75±0,15 -10,71 % ^{1, 4)}	2,70±0,26 -12,34 % ^{1, 5)} -1,82 % ^{2, 4)}	2,94±0,23 -4,55 % ^{1, 4)} +6,91 % ^{2, 4)} +8,89 % ^{3, 4)}	2,76±0,25 -10,39 % ^{1, 4)} +0,36 % ^{2, 4)} +2,22 % ^{3, 4)}	4,57±0,32 +48,38 % ^{1, 5)} +66,18 % ^{2, 6)} +69,26 % ^{3, 6)}
11	вміст ліпопротеїнів низької щільності, г/л	4,68±0,19	5,76±0,52 +23,08 % ^{1, 5)}	6,05±0,37 +29,27 % ^{1, 5)} +5,03 % ^{2, 4)}	6,12±0,34 +30,77 % ^{1, 5)} +6,25 % ^{2, 4)} +1,16 % ^{3, 4)}	5,87±0,51 +25,43 % ^{1, 5)} +1,91 % ^{2, 4)} -2,98 % ^{3, 4)}	6,80±0,46 +45,30 % ^{1, 5)} +18,06 % ^{2, 5)} +12,40 % ^{3, 4)}
12	активність лужної фосфатази, Од/л	195,2±1,9	215,2±12,8 +10,25 % ^{1, 4)}	284,9±13,8 +45,96 % ^{1, 5)} +31,96 % ^{2, 5)}	296,9±14,4 +52,10 % ^{1, 5)} +37,96 % ^{2, 5)} +4,21 % ^{3, 4)}	121,0±18,0 -38,47 % ^{1, 5)} -43,77 % ^{2, 5)} -57,84 % ^{3, 5)}	221,0±21,2 +13,20 % ^{1, 4)} +2,70 % ^{2, 4)} -22,43 % ^{3, 5)}
13	активність кислої фосфатази, Од/л	3,87±0,09	4,06±0,11 +4,95 % ^{1, 4)}	4,30±0,23 +11,11 % ^{1, 4)} +5,91 % ^{2, 4)}	4,41±0,22 +13,95 % ^{1, 4)} +8,62 % ^{2, 4)} +2,56 % ^{3, 4)}	5,76±0,43 +48,84 % ^{1, 7)} +41,87 % ^{2, 7)} +33,95 % ^{3, 7)}	4,81±0,32 +24,29 % ^{1, 5)} +18,47 % ^{2, 5)} +11,86 % ^{3, 4)}

Продовження таблиці 10.1

1	2	3	4	5	6	7	8
14	співвідношення активності лужної та кислої фосфатаз	50,44±1,41	53,01±2,06 +5,10 % ^{1, 4)}	66,26±3,48 +31,40 % ^{1, 5)} +25,00 % ^{2, 5)}	67,32±3,18 +33,50 % ^{1, 5)} +27,00 % ^{2, 5)} +1,60 % ^{3, 4)}	21,01±1,04 -58,35 % ^{1, 5)} -60,40 % ^{2, 7)} -68,29 % ^{3, 7)}	45,95±1,12 -8,90 % ^{1, 4)} -13,32 % ^{2, 4)} -30,65 % ^{3, 5)}
15	вміст загальних глікопротеїнів, ммоль/л	0,43±0,01	0,59±0,04 +37,21 % ^{1, 5)}	0,84±0,05 +95,57 % ^{1, 7)} +42,37 % ^{2, 6)}	0,90±0,06 +109,30 % ^{1, 7)} +52,54 % ^{2, 6)} +7,14 % ^{3, 4)}	0,64±0,04 +48,83 % ^{1, 7)} +8,47 % ^{2, 4)} -23,81 % ^{3, 5)}	0,83±0,09 +93,02 % ^{1, 7)} +40,68 % ^{2, 5)} -1,19 % ^{3, 4)}
16	вміст сіалових кислот, ммоль/л	2,00±0,03	2,19±0,25 +9,50 % ^{1, 4)}	3,72±0,19 +86,00 % ^{1, 7)} +69,86 % ^{1, 7)}	3,64±0,35 +82,00 % ^{1, 7)} +66,20 % ^{1, 7)} -2,15 % ^{3, 4)}	2,38±0,45 +19,00 % ^{1, 5)} +8,68 % ^{1, 4)} -49,58 % ^{1, 6)}	3,38±0,45 +69,00 % ^{1, 7)} +54,34 % ^{1, 6)} -9,14 % ^{1, 4)}
17	вміст гаптоглобіну г/л	0,95±0,04	1,59±0,07 +67,36 % ^{1, 5)}	2,25±0,12 +136,84 % ^{1, 5)} +41,51 % ^{2, 5)}	2,20±0,11 +131,57 % ^{1, 5)} +38,36 % ^{2, 5)} -2,22 % ^{3, 4)}	1,70±0,10 +78,94 % ^{1, 7)} +6,92 % ^{2, 4)} -24,44 % ^{2, 5)}	2,12±0,15 +123,16 % ^{1, 7)} +33,33 % ^{2, 5)} -5,78 % ^{2, 4)}
18	результати проби Вельтмана, мл	0,45±0,01	0,35±0,02 -22,22 % ^{1, 5)}	0,22±0,02 -51,11 % ^{1, 7)} -37,14 % ^{2, 5)}	0,23±0,02 -48,48 % ^{1, 6)} -34,29 % ^{2, 5)} +4,55 % ^{3, 4)}	0,38±0,02 -15,56 % ^{1, 6)} +8,57 % ^{2, 4)} +72,72 % ^{3, 6)}	0,27±0,02 -40,06 % ^{1, 5)} -22,85 % ^{2, 5)} +22,73 % ^{3, 5)}

Продовження таблиці 10.1

1	2	3	4	5	6	7	8
19	вміст С- реактивного білка, мг/л	4,50±0,62	7,05±1,09 +56,70 % ^{1, 7)}	11,70±0,95 +160,00 % ^{1, 7)} +66,00 % ^{2, 7)}	10,50±1,01 +133,33 % ^{1, 7)} +48,94 % ^{2, 4)} -10,25 % ^{3, 4)}	6,90±0,66 +53,33 % ^{1, 7)} -2,13 % ^{2, 4)} -41,03 % ^{3, 5)}	9,60±2,40 +111,33 % ^{1, 7)} +36,17 % ^{2, 5)} -17,95 % ^{3, 4)}
20	вміст кальцію загального, ммоль/л	2,51±0,04	2,46±0,04 -1,99 % ^{1, 4)}	2,38±0,03 -5,18 % ^{1, 4)} -3,52 % ^{2, 4)}	2,42±0,04 -3,60 % ^{1, 4)} -1,60 % ^{2, 4)} +1,68 % ^{3, 4)}	2,39±0,03 -4,78 % ^{1, 4)} -2,85 % ^{2, 4)} +0,42 % ^{3, 4)}	2,44±0,06 -2,79 % ^{1, 4)} -0,81 % ^{2, 4)} +2,52 % ^{3, 4)}
21	вміст фосфору неорганічного, ммоль/л	1,46±0,12	1,52±0,11 +4,11 % ^{1, 4)}	1,57±0,22 +7,53 % ^{1, 4)} +3,29 % ^{2, 4)}	1,50±0,12 +2,74 % ^{1, 4)} -1,32 % ^{2, 4)} +4,46 % ^{3, 4)}	1,00±0,05 -31,51 % ^{1, 5)} -34,21 % ^{2, 6)} -36,31 % ^{3, 6)}	1,45±0,11 -0,69 % ^{1, 4)} -4,61 % ^{2, 4)} -7,64 % ^{3, 4)}
22	співвідношення вмісту кальцію та вмісту фосфору	1,72±0,15	1,62±0,13 -5,80 % ^{1, 4)}	1,52±0,12 -11,63 % ^{1, 4)} -6,17 % ^{2, 4)}	1,61±0,11 -6,40 % ^{1, 4)} -0,62 % ^{2, 4)} +5,92 % ^{3, 4)}	2,39±0,18 +38,95 % ^{1, 5)} +47,53 % ^{2, 5)} +57,24 % ^{3, 7)}	1,68±0,14 -2,33 % ^{1, 4)} +3,70 % ^{2, 4)} +10,53 % ^{3, 4)}
23	ступінь мінералізації	1,28±0,06	1,37±0,07 +7,03 % ^{1, 4)}	1,11±0,06 -13,28 % ^{1, 4)} -18,98 % ^{2, 5)}	1,12±0,10 -12,50 % ^{1, 4)} -18,25 % ^{2, 5)} +0,90 % ^{2, 4)}	1,33±0,08 +3,9 ^{1, 4)} -2,92 % ^{2, 4)} +19,82 % ^{3, 5)}	1,16±0,07 -9,38 % ^{1, 4)} -15,33 % ^{2, 5)} +4,50 % ^{2, 4)}

Продовження таблиці 10.1

1	2	3	4	5	6	7	8
24	вміст ХСТ, г/л	0,086±0,004	0,119±0,008 +38,37 % ^{1, 5)}	0,138±0,013 +60,47 % ^{1, 7)} +15,97 % ^{2, 5)}	0,143±0,014 +66,27 % ^{1, 7)} +20,17 % ^{2, 5)} +3,62 % ^{3, 4)}	0,158±0,015 +83,72 % ^{1, 7)} +32,77 % ^{2, 5)} +14,49 % ^{3, 5)}	0,146±0,012 +69,77 % ^{1, 7)} +22,69 % ^{2, 5)} +5,80 % ^{3, 4)}

¹⁾ по відношенню до показників контрольної групи (практично здорових людей);

²⁾ по відношенню до показників хворих без післяопераційних ускладнень;

³⁾ по відношенню до показників хворих із подальшим запаленням м'яких тканин;

⁴⁾ $P > 0,05$;

⁵⁾ $P < 0,05$;

⁶⁾ $P < 0,01$;

⁷⁾ $P < 0,001$

В той же час у хворих із захворюваннями хребта, у яких в післяопераційному періоді не спостерігалось помітних ускладнень, виявлено на 37,21 % достовірно більший вміст ГП у сироватці крові (табл. 10.1). Це супроводжувалося більшою на 67,36 % концентрацією ГГ у сироватці крові хворих із захворюваннями хребта, пролікованих із використанням ТФ хребців без післяопераційних ускладнень, по відношенню до такого у осіб контрольної групи, з числа маркерів запалення також зафіксовано підвищення результатів ПВ (на 22,22 %).

Концентрація СРБ у сироватці крові, що поступається 6 мг/л (в середньому 3 мг/л) була зафіксована у 8 осіб (40,0 %), що перевищує 6 мг/мл, але менше 12 мг/мл (в середньому 9 мг/л) у двох хворих (10,0 %), більше 12 мг/л, але менше 24 мг/л (в середньому 18 мг/л) — у 1 хворого (5,0 %) з 20-ти у групі ($7,05 \pm 1,09$ г/л), в той час, як у контрольній групі (практично здорових людей) із 30 осіб було визначено значення, що перевищували поріг 6 мг/л, але менші за 12 мг/кг (в середньому 9 мг/л) у 7 осіб (17,90 %), перевищення 12 мг/л, але менше за 24 мг/кг (в середньому 18 мг/л) — у 1 хворої, інші 22 особи (73,3 %) мали у сироватці крові концентрацію СРБ на нормальному рівні, що не перевищувала 6 мг/л, приймали її як таку, що в середньому дорівнювала 3 мг/л ($4,50 \pm 0,62$). Виходячи із даних розрахунків, хворі з захворюваннями хребта, прооперовані з використанням ТГ без виникнення післяопераційних ускладнень, на 56,70 % перевищували дані групи практично здорових людей, показники яких служили контрольною групою (табл. 10.1).

Вказані вище зміни досліджуваних біохімічних показників свідчать про перебіг запалення у сполучній тканині. Це підтверджується достовірним збільшенням на 38,37 % рівня вмісту ХСТ у сироватці крові хворих, у яких післяопераційний період перебігав без ускладнень у порівнянні із таким у осіб контрольної групи. Вміст СК у сироватці крові хворих без післяопераційних ускладнень не потерпав достовірних змін (табл. 10.1).

Із числа досліджуваних показників гемостазу хворі, які в післяопераційному періоді не мали ускладнень, відносно показників у осіб контрольної групи (практично здорових людей) достовірну різницю продемонстрували тільки за концентрацією РФМК — їх у хворих без післяопераційних ускладнень було більше на 53,25 %, та за вмістом у крові Д-димеру із перевищенням значення показника у осіб контрольної групи на 100,00 % (табл. 10.2).

Серед досліджуваних показників клінічного аналізу крові у хворих, у яких після ТФ хребців не спостерігалось післяопераційних ускладнень, було відзначено достовірне підвищення на 17,04 % рівня Л у периферійній крові у порівнянні із таким у осіб контрольної групи (табл. 10.3).

Також у хворих без післяопераційних ускладнень слід відзначити достовірне підвищення на 66,29 % ШОЕ (табл. 4.3). У сукупності все вище наведене може свідчити про наявність у хворих, у яких не виникали післяопераційні ускладнення, хронічних запальних процесів, які мають зв'язок із структурою сполучнотканинних елементів. Рівень розрахункових інтегральних показників (лейкоцитарних індексів) у даної групи хворих достовірно не відрізнявся від такого у осіб контрольної групи (табл. 10.3).

При аналізі значень маркерів клітинного та гуморального імунітету у хворих із ТФ хребців, у яких у післяопераційному періоді не спостерігалось ускладнень, було визначено, що вміст у крові ЦІК у них був достовірно більшим на 25,32 % відносно такого у осіб контрольної групи (практично здорових людей) (табл. 4.4). Водночас спостерігалось достовірне підвищення LIF на 21,70 %. Зазначені зміни вказують на фізіологічну активацію захисних механізмів організму хворих, спрямованих на видалення антигенів сполучної тканини, які утворилися при її деградації у хребті (табл. 10.4).

Таблиця 10.2

Показники гемостазу у хворих із післяопераційними ускладненнями після транспедикулярної фіксації хребців

№ п/п	Показники	Контрольна група (n=20)	Хворі без післяопера- ційних ускладнень (n=20)	Хворі з подальшим запаленням м'яких тканин (n=10)	Хворі з подальшим розвитком гіперкоагуля- ції (n=6)	Хворі з подальшою нестабіль- ністю конструкцій (n=6)	Хворі з декількома ускладнення- ми водночас (n=5)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	протромбіновий час, с	13,16±0,56	13,55±0,63 +2,96 % ^{1, 4)}	14,17±0,60 +7,67 % ^{1, 4)} +7,58 % ^{2, 4)}	12,11±0,51 -7,98 % ^{1, 4)} -10,63 % ^{2, 4)} -14,54 % ^{3, 4)}	12,84±0,62 -2,43 % ^{1, 4)} -5,24 % ^{2, 4)} -9,38 % ^{3, 4)}	12,02±0,53 -8,66 % ^{1, 4)} -11,29 % ^{2, 4)} -18,23 % ^{3, 5)}
2	активованій частковий тромбіновий час, с	31,15±0,96	29,45±0,74 -5,46 % ^{1, 4)}	30,48±1,24 -2,15 % ^{1, 4)} +3,50 % ^{2, 4)}	23,13±1,20 -25,75 % ^{1, 5)} -21,46 % ^{2, 5)} -24,11 % ^{3, 5)}	30,18±0,80 -3,11 % ^{1, 4)} +2,48 % ^{2, 4)} -0,98 % ^{3, 4)}	23,01±0,72 -26,13 % ^{1, 5)} -21,87 % ^{2, 5)} -24,51 % ^{3, 5)}
3	вміст фібриногену, г/л	2,91±0,34	3,15±0,31 +8,25 % ^{1, 4)}	3,47±0,21 +19,24 % ^{1, 5)} +10,16 % ^{2, 4)}	5,52±0,24 +89,69 % ^{1, 7)} +75,24 % ^{2, 7)} +59,08 % ^{3, 7)}	3,36±0,19 +15,46 % ^{1, 4)} +6,67 % ^{2, 4)} -3,17 % ^{3, 4)}	5,39±0,21 +85,22 % ^{1, 7)} +71,11 % ^{2, 7)} +55,33 % ^{3, 7)}

Продовження таблиці 10.2

1	2	3	4	5	6	7	8
4	вміст розчинних фібринмономір- них комплексів, мг/%	4,15±0,43	6,36±0,51 +53,25 % ^{1, 5)}	9,36±0,79 +125,54 % ^{1, 5)} +47,17 % ^{1, 5)}	11,28±0,76 +171,81 % ^{1, 7)} +77,36 % ^{1, 7)} +20,52 % ^{3, 5)}	6,64±0,63 +60,00 % ^{1, 5)} +4,40 % ^{2, 4)} -29,06 % ^{3, 5)}	11,53±0,72 +177,83 % ^{1, 7)} +81,29 % ^{2, 7)} -23,18 % ^{3, 5)}
5	вміст Д-димеру, мг/мл	0,12±0,01	0,24±0,03 +100,00 % ^{1, 7)}	0,31±0,03 +158,30 % ^{1, 7)} +29,20 % ^{2, 5)}	0,36±0,03 +200,00 % ^{1, 7)} +50,00 % ^{2, 5)} +16,10 % ^{3, 5)}	0,28±0,02 +57,10 % ^{1, 5)} +16,70 % ^{2, 5)} -9,70 % ^{3, 4)}	0,38±0,03 +216,67 % ^{1, 7)} +58,33 % ^{2, 7)} +22,58 % ^{3, 5)}
6	фібринолітична активність, хв.	25,15±2,14	22,38±2,03 -11,01 % ^{1, 4)}	20,35±3,96 -19,09 % ^{1, 5)} -9,07 % ^{2, 4)}	34,41±3,27 +36,82 % ^{1, 5)} +53,75 % ^{2, 5)} +40,93 % ^{3, 7)}	12,20±2,02 -51,49 % ^{1, 5)} -45,49 % ^{2, 5)} -40,05 % ^{3, 5)}	37,17±3,06 +47,79 % ^{1, 5)} +99,69 % ^{2, 7)} +82,65 % ^{3, 7)}

¹⁾ по відношенню до показників контрольної групи (практично здорових людей);

²⁾ по відношенню до показників хворих без післяопераційних ускладнень;

³⁾ по відношенню до показників хворих із подальшим запаленням м'яких тканин;

⁴⁾ $p > 0,05$;

⁵⁾ $p < 0,05$;

⁶⁾ $p < 0,01$;

⁷⁾ $p < 0,001$

Таблиця 10.3

Показники клінічного аналізу крові хворих із післяопераційними ускладненнями після транспедикулярної фіксації хребців

№ п/п	Показники	Контрольна група (n=20)	Хворі без післяопераці йних ускладнень (n=20)	Хворі з подальшим запаленням м'яких тканин (n=10)	Хворі з подальшим розвитком гіперкоагуля- ції (n=6)	Хворі з подальшою нестабільніс- тю конструк- цій (n=5)	Хворі з декількома ускладнення- ми водночас (n=5)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	вміст гемоглобіну, г/л	118,7±3,1	126,8±3,0 +6,82 % ^{1, 4)}	125,9±2,8 +6,07 % ^{1, 4)} -0,71 % ^{2, 4)}	135,6±2,2 +14,20 % ^{1, 4)} +6,94 % ^{2, 4)} +7,71 % ^{3, 4)}	132,9±3,7 +11,96 % ^{1, 5)} +4,81 % ^{2, 4)} +5,56 % ^{3, 4)}	130,6±3,5 +10,03 % ^{1, 4)} +3,00 % ^{2, 4)} +3,73 % ^{3, 4)}
2	вміст еритроцитів, екз. х 10 ¹² /л	4,24±0,11	4,54±0,12 +7,08 % ^{1, 4)}	4,22±0,09 -0,47 % ^{1, 4)} -7,05 % ^{2, 4)}	4,57±0,10 +7,78 % ^{1, 4)} +0,66 % ^{2, 4)} +8,29 % ^{3, 4)}	4,36±0,12 +2,83 % ^{1, 4)} -3,96 % ^{2, 4)} +0,24 % ^{3, 4)}	4,45±0,13 +4,95 % ^{1, 4)} -1,98 % ^{2, 4)} +5,45 % ^{3, 4)}
3	вміст лейкоцитів, екз. х 10 ⁹ /л	4,99±0,10	5,84±0,10 +17,03 % ^{1, 5)}	6,60±0,60 +32,26 % ^{1, 5)} +13,01 % ^{2, 5)}	6,80±0,58 +36,30 % ^{1, 5)} +16,43 % ^{2, 5)} +3,03 % ^{3, 4)}	7,03±0,39 +40,88 % ^{1, 5)} +20,04 % ^{2, 5)} +6,52 % ^{3, 4)}	6,73±0,41 +34,87 % ^{1, 5)} +15,24 % ^{2, 5)} +1,97 % ^{3, 4)}
4	вміст паличкоядерних нейтрофілів, %	4,01±0,65	3,95±0,32 -1,50 % ^{1, 4)}	3,92±0,83 -2,24 % ^{1, 4)} -0,75 % ^{2, 4)}	3,89±0,81 -3,00 % ^{1, 4)} -1,50 % ^{2, 4)} -0,80 % ^{3, 4)}	3,97±0,36 -1,00 % ^{1, 4)} +0,51 % ^{2, 4)} +1,28 % ^{3, 4)}	3,92±0,34 -2,24 % ^{1, 4)} -0,76 % ^{2, 4)} 0,00 % ^{3, 4)}

Продовження таблиці 10.3

1	2	3	4	5	6	7	8
5	вміст сегментоядерних нейтрофілів, %	64,46±1,65	62,11±1,73 -3,65 % ^{1, 4)}	59,80±2,10 -7,23 % ^{1, 4)} -3,72% ^{2, 4)}	60,33±2,03 -6,41 % ^{1, 4)} -2,87 % ^{2, 4)} +0,90 % ^{3, 4)}	62,49±1,15 -3,06 % ^{1, 4)} +0,62 % ^{2, 4)} +4,50 % ^{3, 4)}	61,28±1,15 -4,93 % ^{1, 4)} -1,34 % ^{2, 4)} +2,48 % ^{3, 4)}
6	вміст лімфоцитів, %	24,06±1,97	26,06±2,01 +8,31 % ^{1, 4)}	28,60±1,80 +18,87 % ^{1, 4)} +1,92% ^{2, 4)}	28,72±1,75 +19,37 % ^{1, 4)} +10,21 % ^{2, 4)} +0,42 % ^{3, 4)}	25,85±1,03 +7,44 % ^{1, 4)} -0,81 % ^{2, 4)} -3,54 % ^{3, 4)}	27,80±1,35 +15,64 % ^{1, 5)} +6,68 % ^{2, 4)} -2,80 % ^{3, 4)}
7	вміст моноцитів, %	5,53±0,62	5,67±0,31 +2,53 % ^{1, 4)}	5,30±0,70 -4,16 % ^{1, 4)} -6,53 % ^{2, 4)}	5,21±0,64 -5,79 % ^{1, 4)} -8,11 % ^{2, 4)} -1,70 % ^{3, 4)}	5,52±0,51 -0,18 % ^{1, 4)} -2,65 % ^{2, 4)} +4,15 % ^{3, 4)}	5,04±0,45 -8,86 % ^{1, 4)} -11,11 % ^{2, 4)} -4,91 % ^{3, 4)}
8	вміст еозинофілів, %	1,95±0,41	2,05±0,14 +5,13 % ^{1, 4)}	1,80±0,50 -7,69 % ^{1, 4)} -12,20 % ^{1, 4)}	1,76±0,32 -9,74 % ^{1, 4)} -14,10 % ^{1, 4)} -2,20 % ^{3, 4)}	2,00±0,36 +2,56 % ^{1, 4)} -2,44 % ^{2, 4)} +11,11 % ^{3, 4)}	1,82±0,37 -6,67 % ^{1, 4)} -11,22 % ^{2, 4)} +1,11 % ^{3, 4)}
9	вміст базофілів, %	0,09±0,01	0,11±0,01 +22,22 % ^{1, 5)}	0,08±0,06 -11,11 % ^{1, 4)} -27,27 % ^{1, 5)}	0,09±0,05 0,00 % ^{1, 4)} -18,18 % ^{1, 5)} +12,50 % ^{3, 4)}	0,12±0,01 +33,33 % ^{1, 5)} +9,09 % ^{2, 4)} +50,00 % ^{3, 5)}	0,14±0,02 +55,56 % ^{1, 6)} +27,27 % ^{2, 5)} +75,00 % ^{3, 7)}

Продовження таблиці 10.3

1	2	3	4	5	6	7	8
10	швидкість осідання еритроцитів, мм/год.	6,14±0,45	10,21±0,52 +66,29 % ^{1, 7)}	14,00±3,00 +71,99 % ^{1, 5)} +27,07 % ^{2, 5)}	13,24±1,17 +115,60 % ^{1, 7)} +29,68 % ^{2, 5)} -5,40 % ^{3, 4)}	13,36±1,06 +64,13 % ^{1, 6)} +30,85 % ^{2, 5)} -4,57 % ^{3, 4)}	13,05±1,22 +112,54 % ^{1, 7)} +27,82 % ^{2, 5)} -6,79 % ^{3, 4)}
11	лейкоцитарний індекс	0,37±0,02	0,41±0,02 +10,81 % ^{1, 4)}	0,45±0,02 +21,62 % ^{1, 5)} +9,76 % ^{2, 4)}	0,47±0,04 +27,03 % ^{1, 5)} +14,64 % ^{2, 4)} +4,44 % ^{3, 4)}	0,41±0,03 +10,81 % ^{1, 4)} 0,0 % ^{2, 4)} -8,88 % ^{3, 4)}	0,45±0,04 +21,60 % ^{1, 5)} +9,80 % ^{2, 4)} 0,00 % ^{3, 4)}
12	індекс здвигу лейкоцитів	2,38±0,12	2,15±0,13 -9,66 % ^{1, 4)}	2,04±0,14 -10,37 % ^{1, 4)} -14,29 % ^{2, 5)}	1,95±0,15 -18,07 % ^{1, 5)} -9,30 % ^{2, 4)} -4,40 % ^{3, 4)}	2,19±0,13 -7,98 % ^{1, 4)} +1,86 % ^{2, 4)} +7,36 % ^{3, 4)}	2,04±0,15 -14,30 % ^{1, 4)} -5,10 % ^{2, 4)} 0,00 % ^{3, 4)}
13	лейкоцитарний індекс інтоксикації	2,16±0,09	1,95±0,07 -9,72 % ^{1, 4)}	1,78±0,08 -17,59 % ^{1, 5)} -8,72 % ^{2, 4)}	1,80±0,09 -16,67 % ^{1, 5)} -7,69 % ^{2, 4)} +1,12 % ^{3, 4)}	1,98±0,09 -8,33 % ^{1, 4)} +1,54 % ^{2, 4)} +11,24 % ^{3, 4)}	1,87±0,10 -13,40 % ^{1, 4)} -4,10 % ^{2, 4)} +5,10 % ^{3, 4)}
14	індекс лімфоцитарно-гранулоцитарний	3,41±0,20	3,82±0,21 -11,23 % ^{1, 4)}	4,36±0,22 +27,86 % ^{1, 5)} +14,14 % ^{2, 5)}	4,36±0,24 +27,86 % ^{1, 5)} +14,14 % ^{2, 5)} 0,00 % ^{3, 4)}	3,77±0,21 +10,56 % ^{1, 4)} -1,31 % ^{2, 4)} -13,53 % ^{3, 5)}	4,14±0,22 +21,40 % ^{1, 5)} +8,40 % ^{2, 4)} -5,05 % ^{3, 4)}

Продовження таблиці 10.3

1	2	3	4	5	6	7	8
15	індекс співвідношення нейтрофілів та лімфоцитів	2,85±0,14	2,53±0,13 -11,23 % ^{1, 4)}	2,23±0,13 -21,75 % ^{1, 5)} -11,86 % ^{2, 4)}	2,24±0,15 -21,40 % ^{1, 5)} -11,46 % ^{2, 4)} +0,45 % ^{3, 4)}	2,57±0,14 -9,82 % ^{1, 4)} +1,58 % ^{2, 4)} +15,25 % ^{3, 5)}	2,35±0,13 -17,50 % ^{1, 5)} -7,10 % ^{2, 4)} +5,40 % ^{3, 4)}
16	індекс співвідношення лейкоцитів та швидкості осідання еритроцитів	0,306±0,015	0,596±0,021 +94,77 % ^{1, 4)}	0,924±0,043+2 201,96 % ^{1, 4)} +55,03 % ^{2, 4)}	0,354±0,016 +15,69 % ^{1, 4)} -40,60 % ^{2, 4)} -61,69 % ^{3, 4)}	0,939±0,048 +206,86 % ^{1, 4)} +57,55 % ^{2, 4)} +1,62 % ^{3, 4)}	0,878±0,039 +186,93 % ^{1, 4)} +47,32 % ^{2, 4)} -4,98 % ^{3, 4)}
17	індекс співвідношення нейтрофілів та моноцитів	12,38±0,55	11,65±0,51 -5,90 % ^{1, 4)}	12,02±0,59 -2,91 % ^{1, 4)} +3,18 % ^{2, 4)}	12,33±0,60 -0,40 % ^{1, 4)} +5,84 % +2,58 % ^{3, 4)}	12,04±0,48 -2,75 % ^{1, 4)} +3,35 % ^{2, 4)} +0,16 % ^{3, 4)}	12,94±0,52 +4,52 % ^{1, 4)} +11,07 % ^{2, 4)} +7,65 % ^{3, 4)}
18	індекс співвідношення лімфоцитів та моноцитів	4,35±0,24	4,60±0,28 +5,75 % ^{1, 4)}	5,40±0,31 +24,14 % ^{1, 4)} +17,39 % ^{2, 4)}	5,51±0,30 +26,67 % ^{1, 4)} +19,78 % +2,03 % ^{3, 4)}	4,68±0,26 +7,59 % ^{1, 4)} +1,74 % ^{2, 4)} -13,33 % ^{3, 4)}	5,52±0,27 +26,90 % ^{1, 4)} +20,00 % ^{2, 4)} +2,22 % ^{3, 4)}
19	індекс ядерного здвигу нейтрофілів	0,062±0,004	0,064±0,004 +3,23 % ^{1, 4)}	0,066±0,005 +6,45 % ^{1, 4)} +3,13 % ^{2, 4)}	0,064±0,003 +3,23 % ^{1, 4)} 0,00 % ^{2, 4)} +3,03 % ^{3, 4)}	0,064±0,004 +3,23 % ^{1, 4)} 0,0 % ^{2, 4)} +1,47 % ^{3, 4)}	0,064±0,004 +3,24 % ^{1, 4)} 0,0 % ^{2, 4)} -3,00 % ^{3, 4)}

Продовження таблиці 10.3

1	2	3	4	5	6	7	8
20	індекс співвідношення лімфоцитів та еозинофілів	12,34±0,96	12,71±0,95 +3,00 % ^{1, 4)}	15,89±0,84 +28,77 % ^{1, 5)} +25,02 % ^{2, 5)}	16,32±0,89 +32,25 % ^{1, 5)} +28,40 % ^{2, 5)} +2,71 % ^{3, 4)}	12,93±0,90 +4,78 % ^{1, 4)} +1,73 % ^{2, 4)} -18,63 % ^{3, 5)}	21,06±1,03 +70,70 % ^{1, 7)} +65,70 % ^{2, 7)} +32,50 % ^{3, 5)}

¹⁾ по відношенню до показників контрольної групи (практично здорових людей);

²⁾ по відношенню до показників хворих без післяопераційних ускладнень;

³⁾ по відношенню до показників хворих із подальшим запаленням м'яких тканин;

⁴⁾ $p > 0,05$;

⁵⁾ $p < 0,05$;

⁶⁾ $p < 0,01$;

⁷⁾ $p < 0,001$

У групи хворих без розвитку післяопераційних ускладнень рівень РІМЛ КА був достовірно вищим на 10,58 %, РІМЛ ХА — на 12,50 %, РІМЛ СО — на 17,57 % відносно такого у осіб контрольної групи (табл. 10.4). Дані розбіжності вказують на активацію імунної системи у хворих розглянутої групи по відношенню до елементів власної сполучної тканини, що може бути оцінено як складова частина патогенетичних процесів, наприклад, при розвитку остеохондрозу.

10.2 Група хворих із післяопераційним запаленням м'яких тканин

Аналіз результатів передопераційного лабораторного обстеження групи хворих із ТФ хребців з подальшим розвитком післяопераційного запалення м'яких тканин навколо області інструментації показав більші розбіжності із таким у представників контрольної групи (практично здорових осіб) [257, 258].

При цьому рівень Г, Б, ХОЛ, ЗБ, К, С, Са, З у сироватці крові аналізованої групи хворих не показало достовірних відмінностей від рівня відповідних показників контрольної групи. В той же час відзначені відхилення серед досліджуваних біохімічних показників характеризують загальний стан організму. Так, було зафіксовано нижчий на 29,27 % вміст ЛПНЩ у сироватці крові, водночас вищу на 32,01 % активність АЛТ та на 83,49 % більшу активність АСТ (табл. 10.1). Рівень співвідношення активності ЛФ та КФ у сироватці крові на 31,40 %, у аналізованої групи хворих був достовірно вищим ніж у осіб контрольної групи (практично здорових людей). Вказані відмінності супроводжувалися зменшенням результатів ТП, що може бути ознакою активації знешкодження печінкою ендогенних білково-ліпідних комплексів. Рівень сечової кислоти у сироватці крові хворих групи із подальшим розвитком післяопераційних запальних ускладнень навколо зони інструментації був достовірно нижчим на 23,53 %.

Таблиця 10.4

Маркери клітинного та гуморального імунітету у хворих із післяопераційними ускладненнями
після транспедикулярної фіксації хребців

№ п/п	Показники	Контрольна група (n=20)	Хворі без післяопера- ційних ускладнень (n=20)	Хворі з подальшим запаленням м'яких тканин (n=10)	Хворі з подальшим розвитком гіперкоагуля- ції (n=6)	Хворі з подальшою нестабіль- ністю конструкцій (n=5)	Хворі з декількома ускладненням и водночас (n=5)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	вміст циркулюючих імунних комплексів, ум. од.	53,88±6,22	67,52±6,60 +25,32 % ^{1, 5)}	115,90±7,15 +115,11 % ^{1, 7)} +71,65 % ^{2, 6)}	110,06±7,10 +104,27 % ^{1, 7)} +63,00 % ^{2, 6)} -5,00 % ^{3, 4)}	83,96±8,27 +35,86 % ^{1, 6)} +24,34 % ^{2, 5)} -27,56 % ^{3, 5)}	103,62±7,73 +92,32 % ^{1, 7)} +53,45 % ^{2, 6)} -10,60 % ^{3, 4)}
2	коефіцієнт спонтанної міграції лімфо- цитів (LIF)	1,06±0,12	1,29±0,14 +21,70 % ^{1, 5)}	1,74±0,17 +64,15 % ^{1, 5)} +34,88 % ^{2, 5)}	1,71±0,16 +61,32 % ^{1, 5)} +32,56 % ^{2, 5)} -1,74 % ^{3, 4)}	1,58±0,16 +49,07 % ^{1, 5)} +22,48 % ^{2, 5)} -9,20 % ^{3, 4)}	1,75±0,15 +65,09 % ^{1, 7)} +35,66 % ^{2, 5)} +0,58 % ^{3, 4)}
3	рівень міграції лімфоцитів із антитілами на кістковий антиген, ум. од.	1,04±0,11	1,15±0,12 +10,58 % ^{1, 5)}	1,67±0,15 +60,58 % ^{1, 7)} +45,22 % ^{2, 5)}	1,60±0,16 +53,85 % ^{1, 5)} +39,13 % ^{2, 5)} -4,19 % ^{3, 4)}	1,36±0,14 +30,77 % ^{1, 5)} +18,26 % ^{2, 5)} -18,56 % ^{3, 5)}	1,56±0,15 +60,00 % ^{1, 5)} +35,65 % ^{2, 5)} -6,58 % ^{3, 4)}

Продовження таблиці 10.4

1	2	3	4	5	6	7	8
4	рівень міграції лімфоцитів із антитілами на хрящовий антиген, ум. од.	0,88±0,07	0,99±0,08 +12,50 % ^{1, 5)}	1,45±0,06 +64,77 % ^{1, 6)} +46,46 % ^{1, 5)}	1,38±0,07 +56,82 % ^{1, 5)} +39,39 % ^{1, 5)} +4,83 % ^{3, 4)}	1,16±0,06 +31,82 % ^{1, 5)} +17,17 % ^{2, 5)} -20,00 % ^{3, 5)}	1,27±0,08 +44,32 % ^{1, 5)} +28,28 % ^{2, 5)} -12,41 % ^{3, 4)}
5	рівень міграції лімфоцитів із антитілами на антиген синові- альної оболонки, ум. од.	0,74±0,07	0,87±0,08 +17,57 % ^{1) 5)}	1,21±0,09 +63,51 % ^{1, 6)} +39,08 % ^{2, 5)}	1,24±0,08 +67,57 % ^{1, 6)} +42,53 % ^{2, 5)} +2,48 % ^{3, 4)}	1,03±0,06 +39,19 % ^{1, 6)} +18,39 % ^{2, 5)} -14,88 % ^{3, 5)}	1,21±0,07 +63,51 % ^{1, 7)} +39,08 % ^{2, 5)} 0,00 % ^{3, 4)}

¹⁾ по відношенню до показників контрольної групи (практично здорових людей);

²⁾ по відношенню до показників хворих без післяопераційних ускладнень;

³⁾ по відношенню до показників хворих із подальшим запаленням м'яких тканин;

⁴⁾ $p > 0,05$;

⁵⁾ $p < 0,05$;

⁶⁾ $p < 0,01$;

⁷⁾ $p < 0,001$

На цьому тлі спостерігалися біохімічні ознаки активної перебудови кісткової тканини із переважанням анаболічних процесів, про що свідчить достовірно вища, ніж у осіб контрольної групи, активність ЛФ (на 54,96 %) у сироватці крові. Зазначене підтверджується достовірним підвищенням на 60,47 % концентрації ХСТ у сироватці крові (табл. 10.1).

Суттєво були змінені біохімічні маркери запального процесу. Так, у хворих із захворюваннями хребта та післяопераційними ускладненнями у формі запалення м'яких тканин навколо зони інструментації спостерігалось достовірне підвищення на 136,84 % вмісту у сироватці крові ГГ, на 86,00 % вмісту СК та зменшення на 51,11 % результатів ПВ. При вимірюванні вмісту СРБ у сироватці крові за допомогою латекс-тесту у аналізованій групі хворих виявлено, що з 20 обстежених осіб в сироватці крові було більше за 12 мг/л, але менше за 24 мг/л (в середньому 18 мг/л — у 6 хворих (30,0 %) та більше ніж 6 мг/л, але менше за 12 мг/л (в середньому 9 мг/л) — у 14 хворих (70,0 %) ($11,70 \pm 0,95$ г/л). Порівняння значень із таким у осіб контрольної групи показало достовірне перевищення на 160,00 % (табл. 10.1).

При розгляді показників гемостазу у хворих із післяопераційними ускладненнями у формі запалення м'яких тканин навколо зони інструментації мало місце збільшення концентрації у крові РФМК на 125,54 %, ДД на 158,30 %, та зменшення тривалості лізиса згустку (збільшення ФА) на 19,09 % (табл. 10.2).

Загальні клінічні аналізи хворих із післяопераційним розвитком запалення м'яких тканин навколо зони інструментації показали більші, ніж у контрольної групи, вміст Л на 32,26 % та швидкість осідання еритроцитів периферійної крові на 71,99 %, що свідчить про вірогідний перебіг хронічного інфекційно-запального процесу в організмі обстежених осіб.

Зазначена група хворих показала зміни значень лейкоцитарних індексів, характерні для хронічного в'ялого запалення та хронічного інфекційного процесу із деактивацією клітинних елементів лейкоцитарної системи, спрямованої на локалізацію та загоєння ушкоджень. Так, у порівнянні із

даними осіб контрольної групи, у хворих із післяопераційним запаленням м'яких тканин був достовірно збільшений на 21,62 % ЛП, що свідчить про деактивацію клітинних елементів лейкоцитарної системи, спрямовану на локалізацію та загоєння травматичного ушкодження. Також у них спостерігався нижчий на 17,59 % за такий у осіб контрольної групи ЛПІ, що може бути пояснено швидкою переробкою продуктів ендогенної інтоксикації та пригніченням природних процесів дегенерації тканин, знижений на 21,75 % ІСНЛ, підвищений на 27,86 % ІЛГ та знижений на 28,77 % ІСЛЕ, що вказує на недостатньо ефективне функціонування імунної системи хворих ще до хірургічного лікування у порівнянні із такими у осіб контрольної групи (табл. 10.3).

При аналізі значень маркерів клітинного та гуморального імунітету у хворих із захворюваннями хребта, у яких у післяопераційному періоді спостерігалися ускладнення у вигляді запалення м'яких тканин навколо зони інструментації, прогнозовано були виявлені більші зміни імунного статусу, ніж у хворих без післяопераційних ускладнень, що, зокрема, знаходило відображення у достовірно вищій на 115,11 % концентрації ЦІК по відношенню до таких у осіб контрольної групи. Це супроводжувалося вищим на 64,15 % значенням LIF по відношенню до такого у осіб контрольної групи (табл. 10.4).

Рівень міграції лімфоцитів із антитілами на окремі антигени елементів опорно-рухової системи також показав достовірно вищі значення у порівнянні із таким у осіб контрольної групи. За РІМЛ КА це перевищення склало 60,58 %, РІМЛ ХТ — 64,77 %, РІМЛ СО — 39,19 % (табл. 10.4), що вказує на наявність аутоімунної агресії у даних хворих відносно своїх тканин.

Якщо порівнювати результати обстеження хворих, яким були встановлені ТК з приводу захворювань хребта, та у яких розвивалося післяопераційне запалення м'яких тканин навколо зони інструментації, із таким у хворих, пролікованих аналогічним чином, але без виникнення післяопераційних ускладнень, слід зазначити, що більша частина показників

загального стану організму у хворих розглянутої групи не мала достовірних розбіжностей від таких у хворих групи порівняння. Зокрема, різниці не зафіксовано за вмістом у сироватці крові Г, Б, ХОЛ, ЛПНЩ, Са, Р, активності АЛТ, АСТ, а також результатам ТП (табл. 10.1).

Вміст ЗБ у групи хворих із розвитком післяопераційного запалення м'яких тканин навколо зони інструментації був на 18,86 % достовірно вищим, ніж такий у хворих, у яких не розвивалися післяопераційні ускладнення, що можна пояснити збільшенням вмісту у сироватці крові білків гострої фази (табл. 10.1).

Активність ЛФ у сироватці крові хворих із післяопераційним запаленням м'яких тканин навколо зони інструментації була на 31,96 % вищою, ніж така у групи хворих без розвитку післяопераційних ускладнень. Відповідно більшою на 25,00 % було і відношення активності ЛФ та КФ, що є ознакою пришвидшення ранніх стадій мінералізації кісткової тканини.

Також мав місце нижчий на 18,98 % рівень СМ, що вказує на уповільнення завершальних стадій мінералізації кісткової тканини (табл. 10.1).

Концентрація сечової кислоти у сироватці крові хворих із післяопераційним розвитком запалення м'яких тканин була на 14,75 % нижчою, ніж така у хворих, у яких післяопераційний період перебігав без ускладнень.

Маркери запального процесу у хворих, яким в післяопераційному періоді було притаманно запалення м'яких тканин навколо зони інструментації, були більш виразними, ніж у хворих з аналогічними хірургічними втручаннями, у яких післяопераційний період проходив без ускладнень. Так, рівень ГГ у їх сироватці крові був достовірно вищим, ніж у групи порівняння на 41,51 %, СК — на 69,86 % (табл. 10.1). В той же час результати ПВ у групи хворих із післяопераційними запальними ускладненнями м'яких тканин були достовірно нижчими на 37,14 % у порівнянні із такими у хворих, які пройшли післяопераційний період без

ускладнень, що може свідчити про часткову дестабілізацію білкової частини сироватки за рахунок накопичення в ній білків гострої фази.

Вміст СРБ у сироватці крові був достовірно більшим у даної групи хворих, ніж у хворих, у яких післяопераційний період протікав без ускладнень. Різниця склала за нашими даними +66,00 % (табл. 10.1).

Паралельно із вище вказаним у хворих із післяопераційним розвитком запальних ускладнень м'яких тканин до операції спостерігався на 15,97 % вищий рівень концентрації ХСТ у сироватці крові (табл. 10.1).

Зазначене свідчить про досить високий запальний фон, а також загальну запальну готовність у даних хворих ще до хірургічного втручання, яка після проведення хірургічних маніпуляцій була істотно активована, що виливалося, зокрема, у локальне загострення в області хірургічного втручання.

При порівняльному аналізі передопераційних показників гемостазу у хворих із захворюваннями хребта, у яких після хірургічного лікування розвивалися запальні ускладнення в області м'яких тканин навколо зони інструментації, із таким у хворих без подальшого розвитку післяопераційних ускладнень статистично достовірні розбіжності було знайдено за вмістом у крові РФМК та ДД, яких було достовірно більше на 47,17 % та на 29,20 % відповідно у крові хворих із подальшим розвитком післяопераційних запальних ускладнень (табл. 10.2).

При порівняльному аналізі показників загального клінічного аналізу крові у хворих із захворюваннями хребта, яких прооперували із подальшим розвитком запальних ускладнень м'яких тканин в області інструментації та групі хворих із подібними хірургічними втручаннями, але без подальшого розвитку післяопераційних ускладнень, виявлено, що у хворих із подальшими ускладненнями в периферійній крові був зафіксований достовірно більший рівень Л — на 13,01 %. Це супроводжувалося зменшенням відсотка Баз. — на 27,27 %, що в даних умовах не є клінічно значущим (табл. 10.3).

В той же час зафіксовано на 27,07 % більший рівень ШОЕ у хворих із післяопераційними запальними ускладненнями м'яких тканин у порівнянні до такого у хворих, у яких післяопераційний період протікав без ускладнень (табл. 10.3).

При порівняльному аналізі інтегральних гематологічних показників хворих, у яких у післяопераційному періоді спостерігалися запалення м'яких тканин, із параметрами групи хворих із захворюваннями хребта, у яких післяопераційний період перебігав без ускладнень, у хворих із запаленням м'яких тканин у післяопераційному періоді до початку лікування спостерігався достовірно більший на 14,14 % ІЛГ, що свідчить про активний запальний процес та порушення реактивності організму ще до хірургічного втручання; а також на 25,02 % вищий ІСЛЕ, що вказує на можливість переважання уповільненого типу реакції гіперчутливості. ІЗЛ у осіб із ускладненнями у формі запалення м'яких тканин достовірно поступався такому у осіб із аналогічними хірургічними втручаннями і неускладненим перебігом післяопераційного періоду на 14,29 %, що свідчить про в'ялий запальний процес та надмірне збільшення реактивності організму ще до початку хірургічного лікування (табл. 10.3).

При порівнянні значень маркерів клітинного та гуморального імунітету у хворих із захворюваннями хребта, у яких у післяопераційному періоді спостерігалися ускладнення у вигляді запалення м'яких тканин, із даними групи хворих, у яких післяопераційний період перебігав без ускладнень, також було зафіксовані значні розбіжності. Так, рівень ЦІК в сироватці крові у хворих аналізованої групи був достовірно вищим на 71,65 % за такий у хворих із аналогічними хірургічними втручаннями, але без післяопераційних ускладнень (табл. 10.4). Значення LIF у групи хворих із післяопераційними ускладненнями у вигляді запалення м'яких тканин навколо зони інструментації також було вищим за таке у хворих без післяопераційних ускладнень на 34,88 %.

РІМЛ КТ у групі хворих, у яких після хірургічного лікування спостерігалось запалення м'яких тканин навколо зони інструментації, достовірно перевищував такі дані у групі хворих без післяопераційних ускладнень на 45,22 %, РІМЛ ХТ — 46,46 %, РІМЛ СО — 39,08 %. Зазначені зміни характеризують надмірну активацію імунної системи ще до початку лікування у хворих, у яких після хірургічного втручання спостерігався розвиток запалення м'яких тканин навколо зони інструментації. Вірогідно, що у розвитку запалення значну роль відігравав аутоімунний компонент, що потребує уважної передопераційної підготовки хворих із аналогічними змінами досліджуваних показників з метою нормалізації імунного статусу і запобігання ускладнень ще до початку хірургічного лікування.

10.3 Група хворих із післяопераційним розвитком гіперкоагуляційних станів

У хворих із післяопераційним розвитком гіперкоагуляційних станів спостерігалися незначні відмінності від даних осіб контрольної групи (практично здорових осіб) за величиною біохімічних показників сироватки крові, які характеризують загальний соматичний стан. Так, зокрема, не було визначено достовірних відмінностей від показників осіб контрольної групи (практично здорових людей) за вмістом у сироватці крові ЗБ, Г, С, К, Б, загального холестеролу, результатами ТП (табл. 10.1). В той же час спостерігалися достовірно менші значення за вмістом у сироватці крові сечової кислоти на 16,47 %, при переважанні аналізованої групи хворих за вмістом у сироватці крові ЛПНЩ на 30,77 %, а також за активністю АЛТ на 28,55 % та АСТ на 31,80 %.

При розгляді передопераційних значень біохімічних показників мінерального обміну визначено, що у групи хворих із післяопераційним розвитком гіперкоагуляційних ускладнень активність ЛФ у сироватці крові достовірно переважала таку у осіб контрольної групи на 52,10 %, при мало

зміненій активності КФ, що потягнуло за собою збільшення співвідношення активності ЛФ та КФ на 33,50 %, яке становило собою доказ переважання аналогічних процесів у кістковій тканині хворих аналізованої групи над катаболічними. За вмістом Са і Р, а також їх співвідношенням достовірної різниці не було зафіксовано (табл. 10.1).

Значних змін у аналізованої групи хворих потерпали біохімічні маркери запальних процесів. Так, вміст у сироватці крові ГП, СК та ГГ були достовірно вищими, ніж такі у осіб контрольної групи (практично здорових людей) відповідно на 109, 30 %, 82,00 %, 131,57 %. За результатами ПВ аналізована група хворих достовірно поступалася особам контрольної групи на 48,48 %.

При вимірюванні передопераційної концентрації СРБ у сироватці крові хворих групи, у яких в післяопераційному періоді розвивалися гіперкоагуляційні стани, зафіксовано, що у 10 хворих (83,33 % осіб) мало місце більше СРБ, ніж 6 мг/л, але менше, ніж 12 мг/л (в середньому 9 мг/л), а у 2 хворих (16,67 % осіб) спостерігалось перевищення рівня 12 мг/л, але не доходячи до рівня 24 мг/л (в середньому 18 мг/л). Після статистичної обробки результат становив $(10,50 \pm 1,01)$ мг/л, що достовірно перевищувало на 133,33 % рівень даного показника у осіб контрольної групи (практично здорових людей). Оскільки запалення і згортання крові є захисними реакціями і мають патогенетичний взаємний зв'язок, надмірно виразні системні запальні процеси у розглянутих хворих могли чинити патогенетичний вплив на надсильну активацію компонентів системи згортання крові із розвитком тромбофілії.

Спостерігалось підвищення вмісту у сироватці крові хворих розглянутої групи ХСТ на 83,72 %, що, можливо, вказує на активацію формування сполучної тканини (рубця) у зоні хірургічного втручання.

При аналізі показників гемостазу у хворих із встановленими ТК і подальшим післяопераційним розвитком гіперкоагуляційних станів до хірургічного втручання не спостерігалось достовірних відхилень за ПЧ від

такого у осіб контрольної групи (практично здорових людей) (табл. 10.2). При цьому за величиною АЧТЧ аналізована група хворих достовірно поступалася на 25,75 % такій у осіб контрольної групи, що є ознакою активування внутрішнього (контактного) шляху коагуляції крові та загального шляху. При цьому спостерігалось достовірне підвищення вмісту у крові хворих аналізованої групи ФГ — на 89,69 %, РФМК — на 171,81 % та ДД на 200,00 %, що є ознакою схильності до гіперкоагуляції. Зазначене обтяжувалося ознаками порушень системи фібринолізу, так тривалість лізису згустку у хворих із післяопераційним розвитком гіперкоагуляційних станів була достовірно подовжена на 36,82 %, що більшим чином розбалансовувало гілки згортання та протизгортання загальної системи гемостазу із зміщенням акцентів у бік формування тромбів.

При дослідженні передопераційних результатів загального клінічного аналізу крові у групі хворих, у яких після хірургічного лікування виникали гіперкоагуляційні стани, було винайдено в середньому на 36,30 % більше Л, ніж у осіб контрольної групи (практично здорових людей), на 11,60 % вищу ШОЕ, що звичайно супроводжує запальні процеси. З іншого боку, це супроводжувалося на 27,03 % вищим ЛП, що вказує на переважання клітинної ланки імунітету. На 18,07 % меншою була величина ІЗЛ, що є ознакою відсутності активного запального процесу та порушення реактивності організму. Достовірно меншим на 16,67 % був і ЛПІ, що підтверджує відсутність активних процесів ендогенної інтоксикації та тканинного розпаду.

За величиною ІЛГ аналізована група хворих переважала на 27,86 % показники у контрольній групі, що можна трактувати як перевищення аутоінтоксикації над інтоксикацією внаслідок інфекційного процесу в організмі. Це підтверджується на 21,40 % нижчим ІСНЛ, що також є ознакою переважання неспецифічної ланки клітинного імунітету.

Підвищення на 32,25 % величини ІСЛЕ вказує на наявність у даних хворих скритої загрози — гіперчутливості уповільненого типу (табл. 10.3).

Зазначене підтверджується показниками імунологічного статусу, які є характерними для гіперактивації імунної системи. Так, у хворих із патологією хребта і виникненням післяопераційних гіперкоагуляційних станів ще до хірургічного лікування було зафіксовано перевищення на 104,27 % рівня ЦІК, на 61,32 % – LIF. (табл. 10.4). Направленість даної гіперактивації була досить рівномірно розподілена серед тканин опорно-рухової системи із збільшенням РІМЛ КТ на 53,85 %, РІМЛ ХТ — на 56,82 %, РІМЛ СО — на 67,57 % (табл. 10.4).

При аналізі передопераційних показників хворих, яким проводили встановлення ТК, в порівнянні із показниками хворих без післяопераційних ускладнень зазначено вищий на 20,12 % рівень ЗБ у сироватці крові, що вірогідно можна пояснити збільшенням вмісту білків гострої фази (табл. 10.1).

Водночас із тим хворі аналізованої групи мали у сироватці крові на 17,95 % менше білірубіну, що, вірогідно, відбувалося за рахунок введення ним до операції, під час операції та зараз же після неї значної кількості лікарських розчинів і активнішого діурезу із промиванням кров'яного русла від токсинів. За вмістом у сироватці крові Г, С, К, сечової кислоти, ХОЛ, активністю АЛТ, АСТ, результатом ТП достовірних розбіжностей із показниками групи хворих без післяопераційних ускладнень не було зафіксовано.

Розгляд показників метаболізму мінеральної складової кісткової тканини показав, що у хворих із післяопераційним розвитком гіперкоагуляційних станів мала місце достовірно більша на 52,10 % активність ЛФ у сироватці крові, що при незмінній активності КФ передбачувано призвело до збільшення на 33,50 % співвідношення активності ЛФ та КФ у сироватці крові (табл. 10.1).

Достовірно меншими на 18,25 % виявилися значення СМ, які вказують на активність перебігу пізніх стадій мінералізації кісткової тканини.

Також було зафіксовано помітні біохімічні ознаки більш високого запального фону, про що свідчать вищі значення таких маркерів запалення у сироватці крові, як вміст ГП (на 109,30 %), вміст СК (на 82,00 %), вміст ГГ (на 131,57 %). Результати ПВ були достовірно нижчими на 48,48 %.

У аналізованій групі хворих спостерігався на 48,94 % більший рівень концентрації СРБ у сироватці крові по відношенню до такого у групі хворих, яким з причин захворювань хребта провели хірургічне втручання із встановленням ТК без подальшого розвитку післяопераційних ускладнень.

За вмістом у сироватці крові загального кальцію, неорганічного фосфору, їх співвідношення достовірних розбіжностей із групою порівняння не було зафіксовано.

Характерним була більша на 20,17 % концентрація ХСТ у сироватці крові хворих із післяопераційним розвитком гіперкоагуляційних станів у порівнянні із такою у хворих із неускладненим перебігом післяопераційного процесу (табл. 10.2).

Розгляд показників гемостазу у хворих із розвитком післяопераційних ускладнень показав наявність у даних хворих більш виразного тромбофілічного фону, ніж у хворих із неускладненим перебігом післяопераційного періоду. Про це свідчить на 21,46 % коротший АЧТЧ та на 53,75 % подовжений час лізису згустку при вимірюванні ФА. Водночас було зафіксовано достовірно більший на 75,24 % вміст у крові ФГ, на 77,36 % — РФМК, ДД на 50,00 % (табл. 10.3).

Хворі з подальшим розвитком післяопераційних гіперкоагуляційних станів мали у периферійній крові збільшення Л на 16,43 %, співвідношення між якими не були змінені, окрім зменшення на 18,18 % долі Баз. Спостерігалось збільшення на 29,68 % ШОЕ.

Розгляд лейкоцитарних індексів показав вищий на 11,64 % ЛІ, що вказує на переважання гуморальної ланки імунної системи над клітинною. Також було зафіксовано вищий на 14,14 % ІЛГ, що дозволяє припускати

аутоінтоксикацію організму. Мало місце достовірне збільшення на 28,40 % ІСЛЕ, що вказує на наявність гіперчутливості уповільненого типу.

Порівняння показників імунного статусу у хворих із післяопераційними ускладненнями у вигляді гіперкоагуляційних станів та хворих, у яких післяопераційний період перебігав без ускладнень, показав більшу схильність хворих аналізованої групи до імунного запалення ще до виконання хірургічного втручання. Так, в них зафіксовано на 63,00 % достовірно вищу концентрацію в крові ЦІК, на 32,56 % вищий LIF та більший РІМЛ КТ — на 39,13 %, РІМЛ ХТ — на 39,39 % і РІМЛ СО — на 42,53 % (табл. 10.4).

Порівняння показників групи із розвитком післяопераційних гіперкоагуляційних станів із показниками групи із післяопераційними ускладненнями у вигляді локального запалення м'яких тканин навколо зони інструментації, показало відсутність достовірних розбіжностей за біохімічними показниками, що характеризують загальний соматичний стан організму, а саме, за вмістом ЗБ, Г, С, К, сечової кислоти, Б, ХОЛ, ЛПНЩ, активності АЛТ, АСТ, результатами ТП. Також не відрізнялися показники мінералізації кісткової тканини: активність ЛФ та КФ, їх співвідношення, вмісту Са та Р. Із числа досліджуваних маркерів запального процесу у сироватці крові достовірні розбіжності порівнюваних груп зареєстровано тільки за вмістом СРБ. Так, у хворих із розвитком післяопераційних гіперкоагуляційних станів зафіксовано на 10,25 % менший рівень СРБ у сироватці крові у порівнянні до такого у хворих, у яких в подальшому розвивалися післяопераційні запальні ускладнення навколо зони інструментації. Вміст ХСТ у сироватці крові хворих аналізованої групи достовірно не відрізнявся від такого у групи порівняння.

Аналіз показників гемостазу у хворих із післяопераційним розвитком гіперкоагуляційних станів показав більш виразні ознаки тромбофілії, ніж у хворих із післяопераційним розвитком локального запалення навколо зони інструментації. Так в аналізованій групі хворих зареєстровано на 24,11 % коротший АЧТЧ при подовженні лізису згустку за вимірювання ФА на

40,93 %, ніж у групі порівняння. Також у хворих із розвитком післяопераційних гіперкоагуляційних станів відзначено достовірно більший вміст у крові ФГ на 59,08 %, РФМК — на 20,52 % та ДД — на 16,10 % (табл. 10.3).

Аналіз показників загального клінічного аналізу крові хворих із післяопераційним розвитком гіперкоагуляційних станів показав відсутність достовірних розбіжностей за вмістом гемоглобіну, формених елементів та лейкоцитарною формулою, а також лейкоцитарними індексами.

Також зафіксовано відсутність достовірних розбіжностей із групою порівняння за досліджуваними маркерами клітинного та гуморального імунітету (табл. 10.4).

10.4 Група хворих із розвитком нестабільності металевих конструкцій

При порівнянні на першому етапі результатів біохімічного обстеження хворих із захворюваннями хребта, яким виконано ТФ з розвитком після операції нестабільності ТК із такими ж у осіб контрольної групи (практично здорових людей) виявлено, що значна частина показників, які характеризують загальний стан організму, достовірно не відрізнялася від такого у контрольній групі. Зокрема, не було виявлено розбіжностей за вмістом у сироватці крові Г, ЗБ, Са, С, К, сечової кислоти, результатами ТП, а також за активністю АСТ (табл. 10.1). В той же час, спостерігалася достовірно вища на 28,55 % активність АЛТ у сироватці крові хворих із розвитком післяопераційної нестабільності металевих конструкцій, ніж така у осіб контрольної групи (табл. 10.1).

У хворих із захворюваннями хребта з розвитком післяопераційної нестабільності металевих конструкцій було зафіксовано достовірно менший вміст у сироватці крові ХОЛ на 13,88 %, хоча при цьому вміст ЛПНЩ був на 25,43 % більшим, ніж у практично здорових людей. Зазначене може свідчити

про схильність хворих аналізованої групи до загальної астенізації на фоні розбалансування метаболізму з'єднань ліпідного спектру.

Зафіксовані істотні розбіжності за активністю ЛФ та КФ у сироватці крові аналізованої групи хворих і порівнянні із таким у осіб контрольної групи, із підвищенням на 38,47 % та 48,84 % відповідно. При цьому співвідношення активності ЛФ та КФ у хворих аналізованої групи було достовірно нижчим на 58,35 %, ніж таке у осіб контрольної групи (практично здорових людей) (табл. 10.1).

До цього слід додати на 31,51 % достовірно менший, ніж у практично здорових людей, рівень неорганічного фосфору і вищу на 38,95 % величину співвідношення між вмістом СА та З у сироватці крові хворих, що може бути ознакою розвитку остеопоротичних процесів, які в подальшому знайшли своє вираження у розхитуванні і нестабільності стрижнів.

Вміст ХСТ у хворих із дегенеративними захворюваннями, травмами та деформаціями хребта, ТФ та подальшим розвитком нестабільності ТК у порівнянні із таким у осіб контрольної групи був на 83,72 % вищим, що може бути супутником дистрофічних процесів у сполучній тканині даних хворих.

Маркери запального процесу у хворих із розвитком післяопераційної нестабільності ТК були виражені більшим чином, ніж такі у осіб контрольної групи. Це виражалось, зокрема, у більшому рівні у сироватці крові хворих розглянутої групи ГП — на 48,83 %, ГГ — на 78,94 %, СК — на 19,00 % та нижчих результатах ПВ — на 15,56 %, ніж у осіб контрольної групи. Із 20 хворих із розвитком післяопераційної нестабільності ТК концентрація СРБ перевищувала 6 мг/мл, але була меншою за 12 мг/мл (в середньому 9 мг/л) у 13 хворих (65,0 % осіб), зафіксовані значення менші за 6 мг/л (в середньому 3 мг/л — у 7 хворих (35,0 % осіб) (в середньому $6,90 \pm 0,66$ мг/л). При цьому значення даного показника у хворих з післяопераційною нестабільністю ТК достовірно перевищувало такий у осіб контрольної групи (практично здорових людей) на 53,33 % (табл. 10.1).

Аналіз показників гемостазу у хворих із розвитком післяопераційної нестабільності ТК показав відмінності за вмістом РФМК — даний показник був у крові аналізованої групи хворих більшим на 60,00 %, за вмістом у крові Д-димеру — перевищував дані групи порівняння на 57,10 % та за тривалістю лізису згустку, яка достовірно перевищувала результати вимірювань у групи порівняння на 51,49 % (ФА нижча) (табл. 10.2).

Дослідження результатів передопераційного загального клінічного аналізу у хворих із розвитком післяопераційної нестабільності металевих конструкцій продемонструвало вищий вміст Л на 40,88 %, серед яких було на 33,33 % більше Баз., що свідчить про наявність інфекційно-запального процесу із елементами аутоагресії (табл. 10.3). Зазначене підтверджує значення ШОЕ, яке було на 64,13 % вищим у хворих зазначеної групи у порівнянні із даними у осіб контрольної групи.

Водночас рівень гемоглобіну у периферійній крові аналізованої групи хворих був на 11,96 % більшим, ніж такий у осіб контрольної групи (табл. 10.3). Зазначена відмінність показника в даному контексті, на наш погляд, не є клінічно значущою.

Величина лейкоцитарних індексів у даної групи хворих достовірно не відрізнялася від такого у осіб контрольної групи (табл. 10.3), що свідчить про відносно невисокий початковий рівень запальних процесів в організмі.

При аналізі передопераційних значень маркерів клітинного та гуморального імунітету у хворих із післяопераційним розвитком нестабільності ТК, було зафіксовано, що рівень ЦІК у сироватці крові зазначеної групи хворих перевищував такий у осіб контрольної групи на 35,86 %. Значення LIF при цьому у хворих із розвитком післяопераційної нестабільності ТК було достовірно більшим за такий у осіб контрольної групи на 49,07 % (табл. 10.4). Також більшими були РІМЛ КТ на 30,77 %, РІМЛ ХТ — на 31,82 % і РІМЛ СО — на 39,19 % (табл. 10.4).

При порівнянні на другому етапі досліджень рівня біохімічних показників у групі хворих із наявністю в післяопераційному періоді

нестабільності ТК із такими у хворих з аналогічними хірургічними втручаннями, у яких післяопераційний період перебігав без ускладнень, у хворих із розвитком післяопераційної нестабільності ТК була виявлена достовірно нижча на 43,77 % активність ЛФ у сироватці крові. В той же час, активність КФ у хворих із розвитком післяопераційної нестабільності металевих конструкцій становила величину на 41,87 % більшу, ніж така у хворих, у яких не спостерігалось післяопераційних ускладнень. В результаті величина співвідношення активності ЛФ та КФ у сироватці крові у хворих розглянутої групи була достовірно меншою на 60,40 %, ніж така у групи хворих, без післяопераційних ускладнень. Зазначене супроводжувалося на 34,21 % достовірно нижчим рівнем Р та на 47,53 % вищим значенням відношення вмісту Са до вмісту Р у сироватці крові, що може вважатися ознакою порушень метаболізму кісткової тканини.

На 32,77 % був вищим вміст ХСТ у сироватці крові хворих аналізованої групи. Поєднання цих показників може свідчити, що у аналізованій групі хворих, яким був притаманний післяопераційний розвиток нестабільності ТК, ще до хірургічного втручання протікав процес руйнування кісткової тканини, в тому складі і в зоні подальшої фіксації стрижнів.

Рівень маркерів запалення СК та ГП у сироватці крові у групі хворих із післяопераційним розвитком нестабільності ТК не мав статистично достовірних розбіжностей із таким у осіб із аналогічними діагнозами і способами лікування, але без розвитку ускладнень.

Порівняльний аналіз показників гемостазу у хворих, у яких після хірургічного лікування в подальшому мав місце розвиток нестабільності ТК, із таким у хворих без післяопераційних ускладнень показав незначні відмінності, за виключенням того, що у групи із розвитком післяопераційної нестабільності ТК спостерігалися достовірно вищі на 16,70 % значення вмісту ДД в крові, а також вища ФА, що при вимірюванні часу лізису згустку склала на 45,49 % меншу величину, ніж у групи без післяопераційних ускладнень (табл. 10.2).

Порівняння показників загального клінічного аналізу крові у зазначених груп встановили достовірну різницю лише за одним показником — Л у периферійній крові, яких у хворих із подальшим розвитком нестабільності ТК було достовірно більше в середньому на 20,04 %, ніж у хворих без розвитку післяопераційних ускладнень (табл. 10.3).

При порівнянні величини лейкоцитарних індексів у хворих із захворюваннями хребта, ТФ хребців та розвитком післяопераційної нестабільності ТК із такими у осіб із аналогічними видами лікування, але без розвитку післяопераційних ускладнень достовірних відмінностей не було зафіксовано (табл. 10.3).

При аналізі імунологічних маркерів встановлено, що у порівнянні із даними хворих із захворюваннями хребта та перебігом післяопераційного періоду без ускладнень, у групі хворих, у яких після операції спостерігався розвиток нестабільності ТК, було виявлено достовірно більш високий рівень ЦІК на 24,34 %, LIF — на 22,48 %. Зафіксовано достовірно вищі РІМЛ КТ — на 18,26 %, РІМЛ ХТ — на 17,17 %, РІМЛ СО — на 18,39 % (табл. 10.4). Зазначене свідчить про більш високий ступень порушення системи імунітету у розглянутої групи хворих, ніж у хворих, у яких у післяопераційний період протікав без ускладнень.

На третьому етапі досліджень було проведено порівняльний аналіз загальних клінічних та біохімічних показників груп хворих із захворюваннями хребта, яким було проведено ТФ із розвитком у післяопераційному періоді ускладнення у вигляді нестабільності конструкції, а також показників хворих із післяопераційним розвитком запалення м'яких тканин навколо зони інструментації.

Слід зазначити, що у хворих із розвитком післяопераційної нестабільності ТК активність АСТ в сироватці крові була на 28,17 % достовірно меншою, ніж відповідний показник у хворих із післяопераційним розвитком запалення м'яких тканин (табл. 10.1).

За рівнем експресування маркерів запалення група із післяопераційним розвитком нестабільності ТК поступалася за багатьма показниками групі хворих із післяопераційним запаленням м'яких тканин. Так, у хворих із розвитком нестабільності ТК в сироватці крові було на 23,81 % достовірно менше ГП, на 24,44 % ГГ та на 49,58 % — вмісту СК, ніж у хворих, у яких спостерігалось запалення м'яких тканин, що свідчить, що в них мав місце менший початковий рівень запального фону. Зазначене підтверджується тим, що і результат ПВ у аналізованій групі був на 72,72 % більшим, ніж у групі хворих із післяопераційним розвитком запалення м'яких тканин.

Також в аналізованій групі хворих спостерігалися достовірно менші значення вмісту СРБ у сироватці крові на 41,03 %, ніж у хворих, у яких після операції розвивалися ускладнення у вигляді запалення м'яких тканин навколо зони інструментації (табл. 10.1).

Зазначене свідчить, що в даному контексті в їх сироватці крові білкова частина була більш стабільною за рахунок меншого накопичення білків гострої фази запалення. Більший рівень порушень обміну сполучної тканини у хворих із післяопераційним розвитком нестабільності ТК підтверджує і більший рівень в їх сироватці крові ХСТ. Для розглянутої пари порівняння зазначене переважання склало 14,49 % (табл. 10.1).

Про погіршення функціонування нирок у хворих із післяопераційною нестабільністю металевих конструкцій може свідчити більший рівень у сироватці крові сечової кислоти — на 23,08 %. Крім того, у хворих із післяопераційним розвитком нестабільності ТК спостерігався на 57,84 % більш низький рівень активності в сироватці крові ЛФ, що є маркером формування кісткової тканини, і на 33,95 % більший рівень активності КФ, який відображає активність остеокластів, які руйнують кісткову тканину (табл. 10.1). Відповідно спостерігалось достовірно нижче на 68,29 % значення співвідношення активності ЛФ та КФ у сироватці крові. Також у групі хворих із післяопераційною нестабільністю ТК була зафіксована достовірно менша концентрація Р у сироватці крові на 36,31 %, ніж така у

групі хворих із післяопераційним запаленням м'яких тканин. Зазначене вказує на переважання катаболічних процесів в метаболізмі мінеральних компонентів кістковій тканині над анаболічними.

За СМ зафіксовано на 19,82 % більші величини у групі із післяопераційним розвитком нестабільності ТК у порівнянні із таким у хворих із післяопераційним розвитком запальних процесів м'яких тканин навколо зони інструментації.

Спостерігалася достовірно вища на 57,24 % величина відношення вмісту Са та Р у сироватці крові аналізованої групи хворих по відношенню до такого у групи хворих із розвитком післяопераційних запальних ускладнень м'яких тканин поблизу від області інструментації. Все це у сукупності свідчить про наявний остеопоротичний фон ще до початку лікування у групі хворих, у яких після інструментації спостерігався розвиток нестабільності ТК, причому цю особливість можна зафіксувати на етапі до початку лікування.

Аналіз результатів показників гемостазу у крові хворих із розвитком нестабільності ТК у післяопераційному періоді показав, що хворі, у яких після хірургічного втручання розвивалася нестабільність ТК, характеризувалися меншим рівнем РФМК у крові, які відображають процеси розчинення тромботичних мас, та більшою активацією фібринолізу, про що свідчить достовірне скорочення часу лізису згустку на 40,05 % у порівнянні до даних хворих із післяопераційними запальними ускладненнями (табл. 10.2).

Порівняльний аналіз показників загального клінічного аналізу крові у порівнюваних групах не показав достовірних відмінностей за виключенням відсотку Баз., яких у групі із розвитком післяопераційної нестабільності ТК було більше на 50,00 %, ніж у хворих із розвитком післяопераційного запалення м'яких тканин навколо зони інструментації (табл. 10.3). При цьому спостерігалася достовірне перевищення показників групи із розвитком післяопераційного запалення м'яких тканин за величиною ІСНЛ на 15,25 %, а

також на 13,53 % менший рівень ІДГ та на 18,63 % ІСЛЕ, що може свідчити про зниження нижче необхідних меж активності клітинних елементів лейкоцитарної системи, спрямованої на локалізацію ушкоджених клітин.

Хворі з післяопераційними ускладненнями у формі нестабільності ТК за виразністю порушень імунного статусу поступалися такому у групі хворих із ускладненнями у формі запалення м'яких тканин. При цьому майже всі досліджені показники були достовірно нижчими за такі у групі порівняння. Так, відповідно за концентрацією ЦІК аналізована група показала менші результати на 27,56 %; за РІМЛ КТ — на 18,56 %, РІМЛ ХТ — на 20,00 %, РІМЛ СО — на 14,88 % (табл. 10.4).

Отримані дані свідчать про те, що у хворих, у яких в післяопераційному періоді спостерігався розвиток нестабільності ТК, мав місце менший ступінь порушень імунного статусу, ніж у хворих, в яких після аналогічних хірургічних втручань розвивалося запалення м'яких тканин.

10.5 Група хворих із одночасним розвитком кількох післяопераційних ускладнень

Дана група хворих характеризувалася більш важкими ускладненнями, оскільки в них одночасно розвивалося кілька видів післяопераційних станів, наприклад, запалення м'яких тканин та розвиток гіперкоагуляційного стану, або запалення м'яких тканин та нестабільність ТК.

При цьому в них було зафіксовано відсутність достовірної різниці між показниками групи із одночасним розвитком кількох післяопераційних ускладнень і даними контрольної групи (практично здорових людей) за вмістом у сироватці крові ЗБ, Г, С та К. В той же час в сироватці крові хворих із післяопераційним розвитком кількох ускладнень було відзначено достовірно більший вміст Б на 67,10 %, активність АЛТ на 45,51 %, та активність АСТ на 70,80 %, результат ТП на 48,38 % (табл. 10.1).

В той же час вміст у сироватці крові аналізованої групи ХОЛ був достовірно меншим на 24,75 %, а ЛПНЩ — вищим на 45,30 %.

При розгляді маркерів мінералізації у хворих із розвитком множинних ускладнень показано достовірно вищу активність КФ на 24,29 %, яка супроводжувалася незмінною активністю ЛФ та співвідношенням активності ЛФ та КФ (табл. 10.1). Вміст у сироватці крові хворих аналізованої групи Са, Р та їх співвідношення не мали достовірних розбіжностей від такого у осіб контрольної групи (практично здорових людей).

Хворі з розвитком кількох ускладнень після хірургічного втручання із встановленням ТК прогнозовано достовірно перевищували за вмістом досліджуваних маркерів запалення групу хворих, у яких після хірургічного втручання виникали запальні процеси у м'яких тканинах навколо зони інструментації. Так, в їхній сироватці крові було знайдено на 93,02 % більшу концентрацію ГП, на 69,00 % — СК, на 123,16 % — ГГ із водночас на 40,00 % нижчим результатом ПВ.

За вмістом у сироватці крові СРБ у одного хворого аналізованої групи з 5-ти (20,0 % осіб) спостерігалися значення в межах норми, тобто такі, що не перевищували 6 мг/л (в середньому 3 мг/л, у 3-х хворих (60,0 % осіб) мали місце значення, що перевищували 6 мг/л, але не досягали 12 мг/л (в середньому 9 мг/л), та у 1-го хворого концентрація СРБ перевищувала 12 мг/л, але не досягала 24 мг/л (в середньому 18 мг/л), що по групі в середньому склало $(9,60 \pm 2,40)$ мг/л. Дані значення були на 111,33 % достовірно більшими, ніж такі у осіб контрольної групи (практично здорових людей) (табл. 10.1).

У даної групи хворих зареєстровано на 69,77 % вищий рівень вмісту ХСТ у сироватці крові, що свідчить про інтенсивний розвиток фіброзної тканини, вірогідно із формуванням рубців, які можуть в подальшому сформувати черговий вид ускладнення.

Для даної групи хворих був характерним розвиток стану тромбофілії, про яку у сумі свідчили достовірно скорочений на 26,13 % АЧТЧ, що

характеризує внутрішній шлях активації згортання крові із одночасним збільшенням вмісту у крові хворих даної групи ФГ на 85,22 %, РФМК на 177,83 % і ДД на 216,67 %, що може додатково свідчити про важкість стану зазначеної групи хворих. Також в них спостерігалось достовірне подовження на 47,79 % часу лізису згустку при вимірюванні ФА (табл. 10.2).

Визначення показників загального клінічного аналізу крові показало, що у хворих групи із розвитком після операції множинних ускладнень спостерігалось перевищення показників у контрольній групі за вмістом Л на 34,87 %, Лімф. на 15,64 %, Баз. на 55,56 %. ШОЕ на 112,54 %.

Водночас було зафіксовано перевищення рівня контрольної групи (практично здорових осіб) за величиною ЛІ на 21,60 %, що вказує на більшу активацію гуморальної складової загальної імунної відповіді, на 21,40 % ІЛГ, що вказує на аутоінтоксикацію, на 70,70 %, ІСЛЕ, що є ознакою переважання гіперчутливості уповільненого типу, та одночасного падіння на 17,50 % величини ІСНЛ, що вказує на переважання специфічної імунної відповіді над неспецифічною (табл. 10.3).

У хворих аналізованої групи зафіксована значна активація імунного статусу. Так, в їхній крові було достовірно більше на 103,60 % ЦІК, ніж у осіб контрольної групи (практично здорових людей) із одночасним перевищенням значень показників контрольної групи за коефіцієнтом LIF на 65,09 %, а також РІМЛ КТ на 60,00 %, РІМЛ ХТ на 44,32 % та РІМЛ СО на 63,51 % (табл. 4.4).

При порівнянні передопераційних лабораторних показників групи хворих із захворюваннями хребта, у яких після операції розвивалися кілька ускладнень із такими у хворих, у яких післяопераційний період перебігав без ускладнень, було виявлено достовірне перевищення на 16,66 % за вмістом ЗБ у сироватці крові, що мало місце, вірогідно, за рахунок білків гострої фази. Також зафіксовано на 73,48 % вищий рівень Б, на 18,06 % ЛПНЩ та на 66,18 % результатів ТП, що може свідчити про ознаки ураження печінки. За іншими досліджуваними показниками, що характеризують загальний

соматичний стан організму, вмісту у сироватці крові Г, С, К, сечової кислоти, активності АЛТ, АСТ та ХОЛ достовірних розбіжностей із такими у групі порівняння не було зафіксовано (табл. 10.1).

Аналіз показників, що характеризують процеси мінералізації кісткової тканини, показав достовірне перевищення за активністю КФ у сироватці крові на 18,47 %. В той же час, активність ЛФ у сироватці крові та співвідношення активності ЛФ та КФ достовірно не відрізнялися від показників хворих, у яких післяопераційний період перебігав без ускладнень. Також не відрізнявся від групи порівняння вміст у сироватці крові хворих аналізованої групи Са та Р, а також їх співвідношення. Проте, за рівнем СМ хворі з післяопераційним розвитком нестабільності металевих конструкцій спостерігалися на 15,33 % менші значення, ніж у хворих із післяопераційними ускладненнями у вигляді запалення м'яких тканин навколо зони інструментації.

У хворих із післяопераційним розвитком множинних ускладнень зафіксовано високі рівні маркерів запалення. Так, вміст у сироватці крові ГП, СК та ГГ у аналізованій групі хворих достовірно перевищував такий у хворих без післяопераційних ускладнень відповідно на 40,68 %, 54,34 % та 33,33 % (табл. 10.1). Водночас спостерігалися нижчі на 22,85 % значення ПВ.

При порівнянні значень концентрації СРБ у сироватці крові аналізованої групи хворих із такою у хворих, у яких післяопераційний період перебігав без ускладнень виявлено достовірне перевищення даних групи порівняння на 36,17 % (табл. 10.1).

Вміст у сироватці крові хворих із множинними післяопераційними ускладненнями ХСТ був на 22,69 % вищим, ніж у хворих без ускладнень, що вказує на активний метаболізм сполучної тканини, вірогідно, у зоні формування рубця.

Аналіз показників гемостазу у хворих із післяопераційним розвитком кількох ускладнень показав наявність в них деяких ознак тромбофілії ще до початку хірургічного лікування. Так у хворих аналізованої групи за

тривалістю АЧТЧ зафіксовано достовірне скорочення на 21,87 %, що супроводжувалося подовженням лізису згустку (ФА) на 99,69 %, підвищенням вмісту ФГ на 71,11 %, РФМК на 81,29 % і ДД на 58,33 % (табл. 10.2).

Дослідження показників загального клінічного аналізу крові показало, що у хворих із захворюваннями хребта і встановленням ТК, у яких спостерігався розвиток множинних післяопераційних ускладнень виявлено перевищення на 15,24 % вмісту Л. З лейкоцитарної формули тільки доля Баз. достовірно відрізнялася від такої у групі порівняння із перевищенням на 27,27 % (табл. 10.3). Інші показники лейкоцитарної формули та вміст гемоглобіну не показали достовірних розбіжностей від таких у групи порівняння. В той же час, у хворих аналізованої групи зафіксовано вищі значення ШОЕ на 27,82 %.

Із числа розрахованих лейкоцитарних індексів достовірні розбіжності із групою порівняння зафіксовані тільки за ІСЛЕ. У хворих із подальшим розвитком множинних ускладнень величина даного показника була на 65,70 % більшою, ніж у хворих без розвитку післяопераційних ускладнень, що вказує на переважання в них гіперчутливості уповільненого типу.

Досліджені показники імунологічного статусу у хворих із післяопераційним розвитком множинних ускладнень зафіксовано вищі на 53,45 % вміст ЦІК із одночасним збільшенням коефіцієнту LIF на 35,66 %. РІМЛ КТ був вищим на 35,65 %, РІМЛ ХТ — на 28,28 %, РІМЛ СО — на 39,08 %, що вказує на наявність аутосенсibiliзації на власні елементи опорно-рухової системи у аналізованій групі хворих ще до початку хірургічного лікування.

Порівняння показників групи хворих із розвитком множинних післяопераційних ускладнень із таким у хворих із розвитком запальних ускладнень м'яких тканин навколо зони інструментації показало відсутність достовірних розбіжностей за вмістом у сироватці крові ЗБ, Г, С, К, ХОЛ, ЛПНЩ, активності АЛТ, АСТ. В той же час, за вмістом сечової кислоти і Б, а

також результатами ТП у сироватці крові спостерігалось перевищення показників у групі порівняння на 18,10 %, 118,69 % і 69,26 % (табл. 10.1).

Аналіз біохімічних маркерів мінерального обміну кісткової тканини показав ознаки пригнічення метаболізму мінеральних компонентів кістки, а саме, нижчий рівень активності ЛФ у сироватці крові, а також співвідношення активності лужної та КФ відповідно на 22,43 % і 30,65 %. За вмістом у сироватці крові Са, Р та їх співвідношення достовірних розбіжностей між порівнюваними групами не було виявлено (табл. 10.1).

Різниця між маркерами запалення у порівнюваних груп була незначною і набувала достовірного характеру тільки за результатами ПВ, перевищуючи дані групи порівняння на 22,73 % і за вмістом у сироватці крові СРБ. Так, порівняння із даними хворих, у яких після хірургічного втручання виникали ускладнення у вигляді запалення м'яких тканин навколо зони інструментації, показало, що у аналізованій групі хворих концентрація СРБ у сироватці крові була достовірно меншою на 17,95 % (табл. 10.1).

Рівень у сироватці крові ГП, ГГ, СК достовірно не відрізнявся від такого у хворих із післяопераційним розвитком запальних ускладнень м'яких тканин навколо зоні інструментації. Також достовірно не відрізнялися аналізовані групи хворих за вмістом у сироватці крові ХСТ (табл. 10.1).

При порівнюванні показників гемостазу у хворих, у яких після хірургічного втручання виникали множинні ускладнення, із такими, які характеризувалися розвитком запальних процесів у м'яких тканинах навколо стрижнів показало більш виразні ознаки тромбофілії у аналізованій групі хворих. Так, в них зафіксовано достовірне скорочення ПЧ на 18,23 % та АЧТЧ на 24,51 % (табл. 10.2). При цьому тривалість часу лізису згустку була збільшена на 82,65 %. Вміст у крові ФГ і ДД у аналізованій групі був достовірно вищим на 55,33 % і 22,58 % відповідно, а РФМК — нижчим на 23,18 % (табл. 10.2)

Порівняння показників загального клінічного аналізу крові показало, мінімальні розбіжності. Так, у хворих із множинними післяопераційними

ускладненнями зафіксовано на 75,00 % більшу долю Баз. та на 32,50 % вищий ІСЛЕ, що вказує на властиву даним хворим імунну гіперчутливість уповільненого типу (табл. 10.3). В той же час, вивчені показники імунного статусу показали подібність обох порівнюваних груп без наявності статистично достовірних розбіжностей.

Таким чином, досліджувані показники аналізованих груп достовірно відрізнялися від таких у контрольній групі (практично здорових людей) та один від одного ще до початку лікування, що може стати у нагоді при прогнозуванні розвитку розглянутих ускладнень.

10.6 Діагностична чутливість досліджуваних лабораторних показників

Вимоги доказової медицини потребують формалізації оціночних систем діагностичної значущості досліджуваних параметрів. Оцінка ДЧ кожного тесту базується на точному встановленні діагнозу захворювання та розділенню хворих за певними ознаками. При цьому, кількість обстежень в групі має відповідати специфічним потребам статистичної обробки результатів у галузі медицини [189]. Обчислення дозволяє обґрунтовано оцінити інформативність методів. На основі результатів, отриманих в рамках даного дослідження, було розраховано ДЧ тестів (табл. 10.5).

У хворих, у яких спостерігалися післяопераційні запалення м'яких тканин навколо ТК, найбільш інформативними (ДЧ від 65 до 95 %) є у порядку зменшення ДЧ: ШОЕ (95 %), вміст ХСТ (90 %), вміст СРБ (90 %), вміст ГГ (90 %), активність ЛФ (90 %), активність КФ (90 %), вміст СК (90 %), концентрація ЦІК (90 %), вміст ГП (80 %), вміст РФМК (80 %), відсоток Баз. (80 %), Л (65 %), LIF (65 %), РІМЛ ХТ (65 %), РІМЛ СО (65 %).

У хворих із розвитком гіперкоагуляції в післяопераційному періоді найбільшу ДЧ продемонстрували: АЧТЧ (80 %), вміст РФМК (80 %), вміст ГГ

(70 %), ПВ (70 %), ПЧ (70 %), вміст ФГ (68 %), вміст СК (65 %), вміст ДД (65 %), коефіцієнт LIF (65 %), РІМЛ ХТ (65 %), РІМЛ СО (65 %).

У хворих, у яких спостерігалася післяопераційна нестабільність ТК, найбільш інформативними є (у порядку зменшення ДЧ): вміст ХСТ (95 %), вміст СРБ (90 %), активність ЛФ (90 %), активність КФ (90 %), вміст Р (85 %), вміст ГП (80 %), рівень К (80 %), ШОЕ (80 %), РФМК (75 %), рівень ФА (75 %), концентрація ЦІК (65 %), Л (65 %), відсоток Баз. (65 %).

У хворих із декількома ускладненнями водночас висока ДЧ зафіксована для вмісту ГП (80 %), ФА (80 %), вмісту ГГ (75 %), результатів ПВ (65 %), вмісту РФМК (60 %), вмісту ДД (60 %). Показники, що більшим чином придатні для прогнозування напрямкупатологічних процесів та виду можливих ускладнень – це вміст СРБ, Р, К, СК, рівень ФА, ШОЕ, рівень ЦІК.

10.7 Алгоритмізована схема лабораторного обстеження хворих із захворюваннями, деформаціями та травмами хребта для прогнозування в них вірогідності розвитку післяопераційних ускладнень за даними передопераційного лабораторного обстеження

Дослідження на попередньому етапі параметрів метаболізму та імунного статусу хворих стало основою для розробки алгоритмізованої схеми лабораторного обстеження хворих із захворюваннями, деформаціями та травмами хребта, яким показано хірургічне лікування з використанням ТФ для діагностики та прогнозування вірогідності розвитку та визначення виду можливих післяопераційних ускладнень. В поданому дослідженні можливі післяопераційні ускладнення були умовно розділені на розвиток запалення м'яких тканин навколо зони інструментації, виникнення нестабільності ТК, розвиток гіперкоагуляційних станів, а також на множинні ускладнення з цього списку, наприклад, одночасне виникнення запалення м'яких тканин навколо стрижнів та розвиток гіперкоагуляційних станів або запалення м'яких тканин та виникнення нестабільності ТК.

Таблиця 10.5

Діагностична чутливість досліджених лабораторних показників хворих із захворюваннями, травмами та деформаціями хребта та подальшим хірургічним лікуванням в залежності від виду післяопераційних ускладнень

№ п/п	Показники	Діагностична чутливість, %			
		хворі з подальшим запаленням м'яких тканин (n=20)	хворі з подальшим розвитком гіперкоагуляції (n=20)	хворі з подальшою нестабільністю конструкцій (n=20)	хворі з декількома ускладненнями одночасно (n=5)
1	2	3	4	5	6
1	вміст загальних глікопротеїнів	75	65	70	80
2	вміст загального білка	30	15	20	20
3	вміст загального білірубіну	15	15	25	60
4	активність аланінамінотрансферази	35	35	30	40
5	активність аспартатамінотрансферази	40	40	30	60
6	вміст загального холестеролу	10	10	15	60
7	тимолова проба	15	15	20	60
8	вміст глюкози	35	25	16	20
9	вміст ліпопротеїнів низької щільності	25	25	35	20
10	активність лужної фосфатази	55	58	70	40
11	активність кислої фосфатази	70	60	65	40
12	співвідношення активності лужної та кислої фосфатази	65	60	75	40

Продовження таблиці 10.5

1	2	3	4	5	6
13	вміст загального кальцію	15	15	30	0
14	вміст фосфору неорганічного	35	35	45	0
15	співвідношення вмісту загального кальцію і неорганічного фосфору	42	40	55	20
16	вміст гаптоглобіну	80	70	60	75
17	проба Вельтмана	75	70	55	65
18	вміст С-реактивного білку	85	68	60	60
19	вміст сечовини	10	10	15	0
20	вміст креатиніну	40	40	70	0
21	ступінь мінералізації	45	50	50	20
22	вміст загальних хондроїтинсульфатів	65	60	55	20
23	вміст сіалових кислот	83	65	40	20
24	вміст сечової кислоти	30	35	30	0
25	протромбіновий час	15	70	10	20
26	активований частковий тромбіновий час	15	80	20	20
27	вміст фібриногену	45	68	40	20
28	вміст розчинних фібринмономірних комплексів	60	80	65	60
29	вміст Д-димеру	75	65	60	60
30	фібринолітична активність	55	80	75	80
31	вміст гемоглобіну	15	15	25	0

Продовження таблиці 10.5

1	2	3	4	5	6
32	вміст еритроцитів	10	10	15	0
33	вміст лейкоцитів	55	45	45	0
34	вміст паличкоядерних нейтрофілів	25	25	15	0
35	вміст сегментоядерних нейтрофілів	25	25	20	0
36	вміст лімфоцитів	10	10	15	0
37	вміст моноцитів	20	20	25	0
38	вміст еозінофілів	15	15	20	0
39	вміст базофілів	40	40	30	20
40	швидкість осідання еритроцитів	65	45	60	20
41	лейкоцитарний індекс	20	20	10	20
42	індекс здвигу лейкоцитів	10	10	10	0
43	лейкоцитарний індекс інтоксикації	20	20	10	20
44	індекс співвідношення нейтрофілів та лімфоцитів	20	20	10	20
45	індекс лімфоцитарно-гранулоцитарний	25	25	20	0
46	індекс співвідношення лейкоцитів та швидкості осідання еритроцитів	23	30	10	0
47	індекс співвідношення нейтрофілів і моноцитів	15	20	32	0
48	індекс співвідношення лімфоцитів і моноцитів	20	25	40	0
49	індекс ядерного здвигу нейтрофілів	5	5	5	0
50	індекс співвідношення лімфоцитів та еозінофілів	30	30	5	20

Продовження таблиці 10.5

1	2	3	4	5	6
51	вміст циркулюючих імунних комплексів	70	60	55	20
52	коефіцієнт спонтанної міграції лімфоцитів	65	65	45	20
53	рівень міграції лімфоцитів із антитілами на кістковий антиген	60	60	50	20
54	рівень міграції лімфоцитів із антитілами на хрящовий антиген	65	65	55	0
55	рівень міграції лімфоцитів із антитілами на антиген синовіальної оболонки	65	65	50	20

Створення такої алгоритмізованої схеми лабораторного обстеження хворих спрямовано на те, щоб ще до початку хірургічного лікування, можливо, на етапі його підготовки оцінити вірогідність розвитку у хворих із відповідними діагнозами розвитку післяопераційних ускладнень та завчасно здійснити необхідні заходи для їх запобігання. Зазначений факт може сприяти покращенню якості лікування хворих на захворювання, травми та деформації хребта, яким потрібно здійснювати ТФ, та зменшенню його вартості. Для зменшення навантаження на лікувальний заклад та обмеження вартості обстеження алгоритмізована схема лабораторного обстеження повинна включати в себе каскад необхідних дій, в якому одна дія витікає з іншої та є нею обумовлена. Таким чином, при відсутності ознак небезпеки, обстеження може бути обмежене вже на першому або другому етапі і увага хірурга може бути сконцентрована на більш нагальних напрямках.

Вочевидь, що ДЧ лабораторних маркерів для оцінки ступеня метаболічних порушень в організмі хворих із захворюваннями, травмами та деформаціями хребта, які потребують ТФ, виглядає наступним чином: діагностична інформативність показника менше 50 % — є дуже низькою, показник є майже неінформативним, від 50 % до 60 % — середня інформативність відповідного показника, від 60 % до 80 % — висока інформативність показника, від 80 % до 99 % — дуже висока інформативність досліджуваного параметра. Найвища ДЧ у хворих на захворювання, травми та деформації хребта, які потребують хірургічного лікування з використанням ТФ спостерігалася у вмісту ГП, ГГ, СРБ, ШОЕ, що свідчить про типовість істотного відхилення цих показників від норми (у бік підвищення) в разі патології та робить їх найбільш інформативними діагностичними маркерами. Також дуже високу інформативність показали такі показники, як вміст ЦІК, активність ЛФ та КФ, співвідношення активності ЛФ та КФ, концентрація РФМК, ДД, тривалість АЧТЧ та часу лізису згустку (ФА). Така висока ДЧ цих біохімічних маркерів є патогенетично обґрунтованою, оскільки всі вони є показниками іноді явних, а часто скритих запально-деструктивних порушень

в організмі хворих із захворюваннями, травмами та деформаціями хребта. Менша, але інформативна ДЧ була зафіксована для Л, коефіцієнту LIF, PIMЛ ХТ, PIMЛ СО та PIMЛ КТ.

На основі отриманих даних поглибленої діагностики метаболічного та імунологічного рельєфу хворих із захворюваннями, травмами та деформаціями хребта, які потребують ТФ, за допомогою методів клінічної біохімії та клінічної імунології створено алгоритмізовану схему лабораторного обстеження хворих для прогнозування розвитку післяопераційних ускладнень різних видів у хворих із зазначеними діагнозами (рис. 10.1). Вона надає рекомендації з необхідного обсягу та послідовності лабораторного обстеження хворого із захворюваннями хребта до початку лікування для поглибленої діагностики та орієнтовного визначення вірогідності розвитку можливих післяопераційних ускладнень у формі запалення м'яких тканин. Вона включає в першу чергу біохімічне дослідження вмісту у сироватці крові хворих вмісту ГП, ГГ, Р, Са із вирахуванням співвідношення між вмістом Са і Р, СРБ, клінічний аналіз крові, зокрема: Л, лейкоцитарна формула, ШОЕ. За кожні 10 % перевищення значень показників верхньої межі норми нараховується 1 бал, бали сумують, суму оцінюють, порівнюючи з контрольними значеннями. У разі перевищення суми балів значення 30 балів, корисно провести додаткове обстеження, а саме: додатковий біохімічний аналіз крові II, що включає, зокрема: активність ЛФ та КФ у сироватці крові, їх співвідношення, маркери функціонування печінки: активність АЛТ, АСТ, вміст ХОЛ, ЛПНЩ, Б, коагулограму, що включає, зокрема, концентрацію РФМК, вміст ФГ, АЧТЧ, ФА. Також проводиться дослідження на можливий розвиток порушень імунної системи, зокрема, вимірюють концентрацію ЦІК, коефіцієнт LIF, PIMЛ КТ, PIMЛ ХТ та PIMЛ СО.



Рис. 10.1. Алгоритмізована схема лабораторного обстеження хворих для прогнозування післяопераційних ускладнень у хворих на захворювання, деформації та травми хребта, які потребують транспедикулярної фіксації

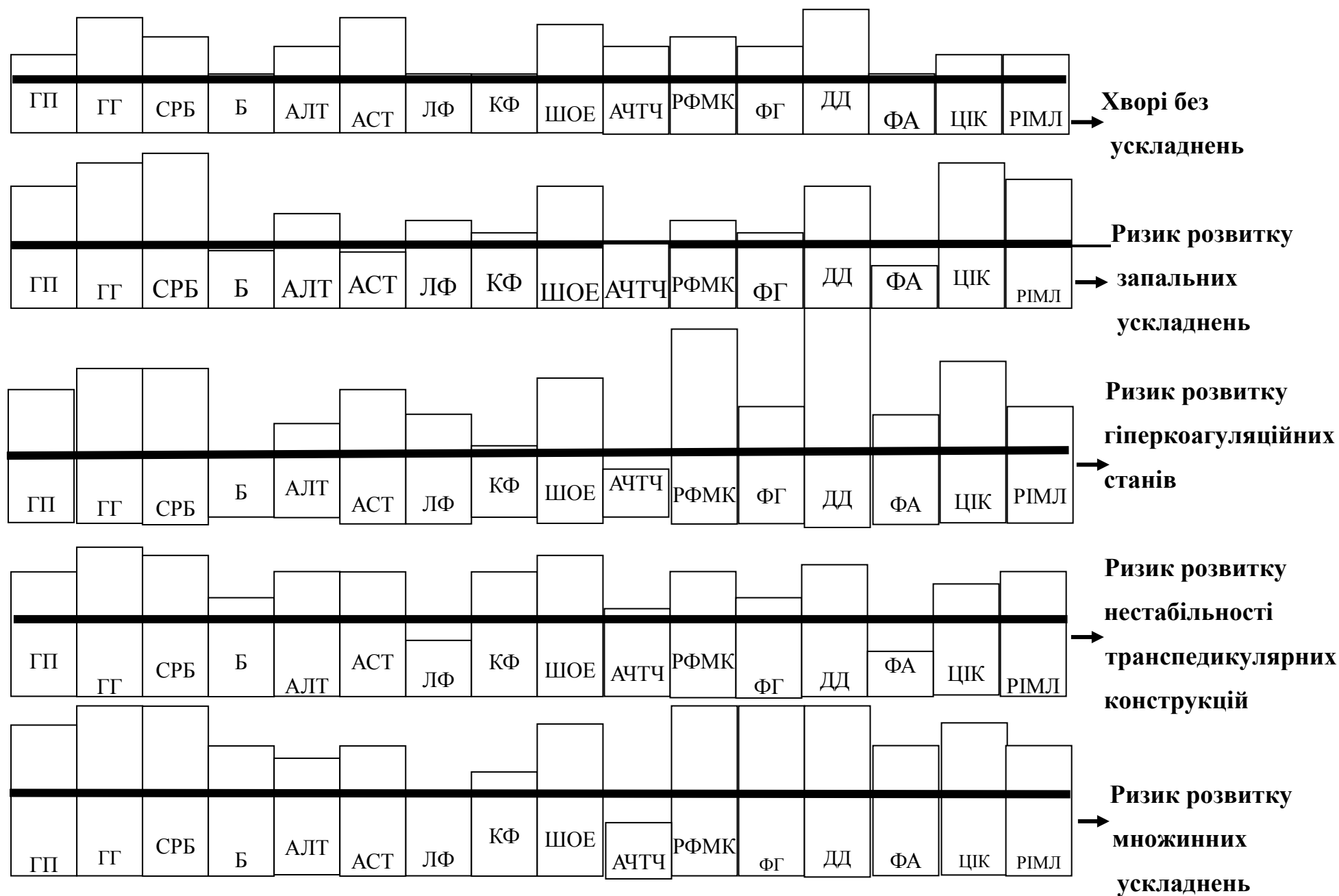


Рис. 10.2 – Патернова схема прогнозування розвитку різних видів післяопераційних ускладнень

Особливістю розробленої алгоритмізованої схеми є значна чутливість, що робить можливим оцінки вірогідності розвитку післяопераційних ускладнень та визначення їх виду у хворих із захворюваннями хребта ще до хірургічного лікування, коли інші методи не є ефективними.

Застосування зазначеної алгоритмізованої схеми лабораторного обстеження хворих може сприяти покращенню хірургічного лікування захворювань хребта та попередженню розвитку післяопераційних ускладнень.

Патернова схема прогнозування розвитку післяопераційних ускладнень у хворих із захворюваннями, травмами та деформаціями хребта, яким показано хірургічне лікування з використанням ТФ, наведена на рис. 10.2. На ній зазначено, що для хворих, у яких післяопераційний період перебігав без ускладнень, при передопераційному обстеженні були характерні значення вмісту у сироватці крові Б, активності ЛФ, активності КФ та тривалості лізису згустку (ФА) у межах референтних норм без виникнення статистично достовірних розбіжностей із таким у осіб контрольної групи (практично здорових людей). При цьому у хворих даної групи спостерігалось помірне підвищення вмісту у сироватці крові ГП, активності АЛТ, тривалості АЧТЧ, концентрації ЦК, коефіцієнту LIF. Вміст у сироватці крові ГГ, СРБ, вміст ФГ, РФМК, ЦК, ШОЕ були значно підвищені, а активність АСТ та вміст ДД практично удвічі переважали над такими у осіб контрольної групи.

В умовах підвищення ризику розвитку післяопераційних ускладнень запального генезу у хворих із захворюваннями, травмами та деформаціями хребта, яким показане хірургічне лікування з використанням ТФ, спостерігалися незначні зміни вмісту у сироватці крові, активності АЛТ, АСТ, ЛФ та КФ, тривалості АЧТЧ, концентрації РФМК, ФГ. Тривалість лізису згустку була зменшена на третину (ФА підвищена). При цьому спостерігалось збільшення від 60 % до 70 % вмісту у сироватці крові ГП, ДД та коефіцієнту спонтанної міграції лімфоцитів. Найбільш значних змін (підвищення до 100 % та вище) потерпав вміст у сироватці крові ГГ, СРБ та ЦК.

Ризик розвитку гіперкоагуляційних станів у післяопераційному періоді був підвищений у хворих із нормальним вмістом у сироватці крові Б, активністю КФ, ШОЕ, скороченим АЧТЧ. В них помірно підвищувалася активність у сироватці крові АЛТ, ЛФ, подовжувалася тривалість лізису згустку (зменшувалася ФА). Більшим чином (від 50 % до 60 %) збільшувалася активність у сироватці крові АСТ та коефіцієнт LIF. На від 80 % до 110 % підвищувався вміст у сироватці крові ГГ, СРБ, РФМК, ФГ і ЦІК, а також ШОЕ і до 200 % збільшення зафіксовано для концентрації ДД у сироватці крові хворих даної групи, що може виступати майже патогномонічною ознакою високого ризику розвитку післяопераційних гіперкоагуляційних станів.

Група хворих із розвитком нестабільності ТК показали практично нормальні значення АЧТЧ, вмісту ФГ. При цьому на третину була скорочена тривалість лізису згустку, а також майже наполовину зменшена активність ЛФ у сироватці крові. Помірним чином (від 20 % до 50 %) було збільшено у сироватці крові концентрацію Б, РФМК, активність АЛТ та АСТ, КФ, кількість ЦІК та коефіцієнт LIF. Вище (від 50 % до 60 %) було збільшено вміст у сироватці крові ГП, ГГ, СРБ, ДД та ШОЕ (рис. 10.2).

Хворі з подальшим розвитком післяопераційних множинних ускладнень прогнозовано продемонстрували найбільші відхилення в значеннях досліджуваних передопераційних лабораторних показників. Вони поєднали в собі ознаки порушення гемостазу, надмірне активування запальних процесів і відхилення маркерів формування кісткової тканини. Так, в них було зафіксовано істотне скорочення АЧТЧ. Зазначене супроводжувалося поєднанням нормальних значень активності у сироватці крові ЛФ та помірно збільшеної активності КФ. На величину від 30 % до 50 % в них було збільшено в сироватці крові вміст Б та коефіцієнт LIF, активність АЛТ та АСТ, а також тривалість лізису згустку (зменшена ФА). Значно (на величину від 50 % до 100 % було підвищено вміст у сироватці крові ГП, ГГ, СРБ, ЦІК, РФМК, ФГ, ДД, а також ШОЕ та коефіцієнт LIF.

10.8 Резюме

Порівняльний аналіз результатів передопераційного клініко-лабораторного обстеження хворих із захворюваннями, травмами та деформаціями хребта при ТФ із неускладненим та ускладненим (в різних видах) перебігом післяопераційного періоду показав, що розвиток ускладнень у післяопераційному періоді та їх особливості залежать від змін передопераційних лабораторних показників. У хворих із неускладненим перебігом післяопераційного періоду до хірургічного втручання спостерігалось помірне збільшення вмісту у сироватці крові ГП ($< 0,60$ ммоль/л), ГГ ($< 1,6$ г/л), СРБ ($< 6\text{--}12$ мг/л), РФМК ($< 7,0$ мг%).

У хворих із локальним запаленням м'яких тканин навколо зони інструментації зафіксовано більше підвищення вмісту у сироватці крові ГП (< 90 ммоль/л), ГГ ($> 2,0$ г/л), СРБ ($> 6\text{--}12$ мг/л), активності ЛФ (> 280 од./л), ШОЕ (> 12 мм/год.), АЧТЧ (> 30 с), вмісту РФМК ($> 9,0$ мг%), ДД ($0,30$ мг/мл), ЦІК (> 110 ум. од.), коефіцієнту LIF ($> 1,70$), РІМЛ КТ, РІМЛ ХТ та РІМЛ СО.

Розвиток гіперкоагуляційних станів у післяопераційному періоді після ТФ хребців можна передбачити за значним підвищенням вмісту у сироватці крові ГП ($> 0,90$ ммоль/л), ГГ ($> 2,2$ г/л), РФМК (> 11 мг%), ФГ ($> 5,5$ г/л), Д-димеру ($> 0,35$ мг/мл), тривалості лізису згустку (> 34 с) (зменшенням ФА) при помірному підвищенні вмісту у сироватці крові СРБ ($> 6\text{--}12$ мг/л), активності ЛФ (> 280 од./л) та КФ ($> 4,4$ од./л), ШОЕ (> 13 мм/год.), вмісту ЦІК (> 100 ум.од.), коефіцієнту LIF ($> 1,60$), РІМЛ КТ, РІМЛ ХТ та РІМЛ СО.

Розвитку нестабільності металевих конструкцій передувало підвищення у сироватці крові вмісту ГГ ($< 1,8$ г/л), одночасне зменшення активності ЛФ (< 130 од./л) і підвищення активності КФ ($> 4,4$ од./л), зростання ШОЕ (> 13 мм/год.) при незначному підвищенні вмісту ГП ($< 0,70$ ммоль/л).

Розвинення множинних ускладнень після ТФ можна передбачити за значним підвищенням вмісту у сироватці крові ГГ ($> 2,0$ г/л), СРБ ($> 6\text{--}12$ мг/л), Б (> 20 мкмоль/л), ШОЕ (< 13 мм/год.), скороченні АЧТЧ (< 24 с), вмісту РФМК (> 11 мг%), ФГ ($> 5,2$ г/л), ДД ($> 0,36$ мг/мл), тривалості лізису згустку (зменшенні ФА) (> 35 с), при помірному підвищенні активності КФ ($> 4,5$ од./л), вмісту ЦІК (> 100 ум. од.), коефіцієнту LIF (> 100 ум. од.), РІМЛ КТ, РІМЛ ХТ та РІМЛ СО.

На основі порівняльного аналізу результатів вимірювання досліджених лабораторних показників, хворих із ТФ з приводу лікування захворювань, травм та деформацій хребта із ускладненим та неускладненим післяопераційним періодом, побудовано алгоритмізовану схему лабораторного обстеження хворих для прогнозування вірогідності розвитку ускладнень хірургічного лікування, а також патернову схему рівней та оптимального обсягу обстеження.

За матеріалами даного розділу опубліковані наступні роботи:

[256] Барков, О. О., Туляков, В. О. & Аплевич, В. М. (2024). Використання лабораторних критеріїв для оцінювання ризику післяопераційних ускладнень після транспедикулярної фіксації поперекового відділу хребта. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 1(634), 19–26. DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872024119-26>

[257] Радченко, В. О., Леонтьєва, Ф. С., Барков, О. О., Туляков, В. О. & Корж, І. В. (2021). Біохімічні й імунологічні показники крові хворих зі запальними ускладненнями після транспедикулярної фіксації хребта. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 2(623), 23–27. DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872021223-27>

[258] Tuliakov, V. & Barkov, O. (2024). Biomarkers of inflammation in the blood of patients with the degenerative lumbar spine disease and complications after transpedicular fixation. *Wiad Lek.* 77(12), 2412–2418. DOI: 10.36740/WLek/195545. PMID: 39874324. DOI: [10.36740/WLek/195545](http://dx.doi.org/10.36740/WLek/195545)

РОЗДІЛ 11

АЛГОРИТМІЗОВАНА МЕТОДИКА ТА ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ДІАГНОСТИКИ ТА ПОПЕРЕДЖЕННЯ РОЗВИТКУ УСКЛАДНЕНЬ ТРАНСПЕДИКУЛЯРНОЇ ФІКСАЦІЇ ПРИ ДЕКОМПРЕСІЙНО-СТАБІЛІЗУЮЧИХ УТРУЧАННЯХ НА ГРУДНОМУ ТА ПОПЕРЕКОВОМУ ВІДДІЛАХ ХРЕБТА

На підставі отриманих результатів досліджень, в рамках виконання задач для досягнення мети роботи, було розроблено алгоритмізовану методику для зниження вірогідності розвитку післяопераційних ускладнень у хворих із ТФ хребтових рухових сегментів грудного та поперекового відділів хребта та первинні рекомендації з її практичного використання. Візуальне представлення даної алгоритмізованої методики наведено на схемі (рис. 11.1). Визначення даної вірогідності здатне удосконалити якість хірургічного лікування та зменшити ризик ускладнень. Для досягнення зазначеної мети необхідно не тільки приблизно оцінити вірогідність розвитку ускладнень, а й визначити їх можливий превалюючий різновид, від чого значним чином залежить хірургічна тактика лікування [259].

Розроблена алгоритмізована методика значним чином базується на обґрунтованій оцінці результатів попередньо проведених клінічних, експериментальних, біомеханічних та біохімічних дослідженнях, які дозволили розробити обґрунтований комплекс заходів, для зменшення ризику після- та інтраопераційних ускладнень у хворих, яким проводяться декомпресійно-стабілізуючі хірургічні утручання на хребті. Представлена система включає до себе послідовність етапів, таких як передопераційне планування, інтраопераційний моніторинг та післяопераційний контроль.

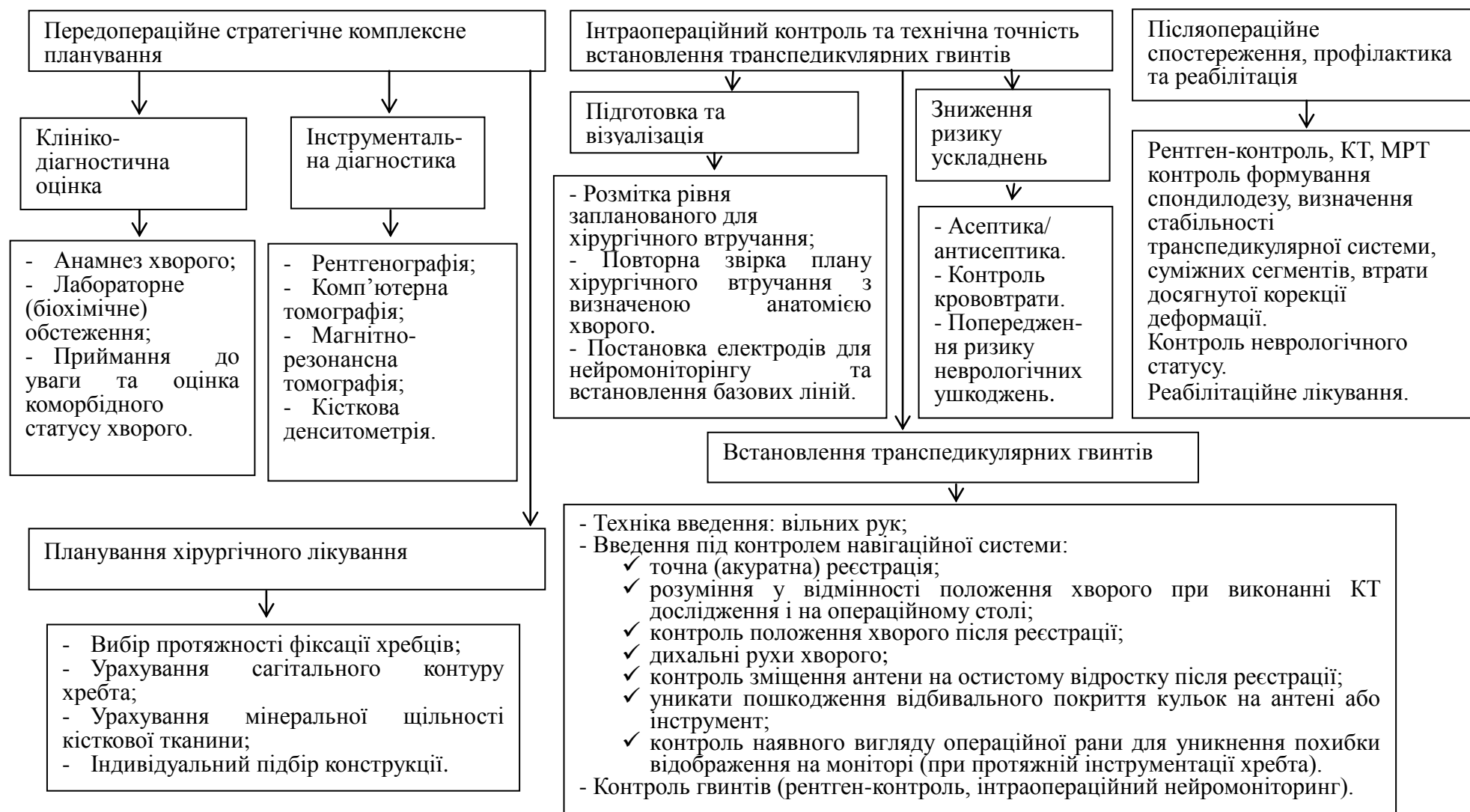


Рис. 11.1. Алгоритмізована методика для попередження розвитку післяопераційних ускладнень транспедикулярної фіксації при декомпресійно-стабілізуючих утручань на грудному та поперековому відділах хребта

Створена алгоритмізована методика спрямована на мінімізацію таких ускладнень, як некоректне проведення ТГ, зменшення неврологічних ускладнень та ушкодження неврологічних структур, інфекційних ускладнень, нестабільності ТК, захворювань суміжного із зоною стабілізації сегмента та зменшення залишкового болю після проведеного хірургічного втручання.

I Передопераційне стратегічне комплексне планування

Визначення показань для проведення декомпресійно-стабілізуючого хірургічного втручання з використанням ТФ та уточнення факторів ризику для кожного конкретного хворого.

1.1 Клініко-діагностична оцінка

- Анамнез хворого (дегенеративні захворювання, травми, деформації хребта, пухлини, запалення, остеопороз, попередні хірургічні втручання).
- Лабораторне (біохімічне) обстеження хворого за алгоритмізованою схемою (див. розділи 10.8.1, 10.8.2).
- Приймання до уваги та оцінка коморбідного статусу хворого (цукровий діабет, ожиріння, захворювання серцево-судинної системи, гормональна терапія).

1.2 Інструментальна діагностика

- Проведення рентгенографії хребта (фас, профіль, функціональні рентгенограми) для визначення структурності, величини деформації та її мобільності, ступеня зміщення хребців, висоти тіл хребців та МХД, нестабільності хребців.
- Проведення комп'ютерної томографії хребта (визначення індивідуальної анатомії дужки хребців, їх довжини та діаметру, визначення інтраканальних та інших вроджених аномалій (діастоматомієлія, спондилоліз, порушення формування та цілісності хребців).
- Магнітно-резонансна томографія (оцінка стану нервових структур та їх компресії, МХД, м'язів).

- Кісткова денситометрія (виявлення остеопорозу для корекції тактики хірургічного лікування).

1.3 Планування хірургічного лікування

- Вибір протяжності фіксації хребців з урахуванням: стабільності сегментів, деформації та її величини, показників сагітального контуру хребта, типу захворювання (дегенеративні, травми, пухлини, деформації). Протяжна інструментація поперекового відділу хребта з необхідністю включення фіксації зони L₅-S₁ потребує додаткової фіксації до підздухвинних кісток.

- Урахування мінеральної щільності кісткової тканини.
- Індивідуальний підбір безпосередньо конструкції: діаметр, довжина та тип транспедикулярних гвинтів (моно-, поліаксіальні, редукційні), жорсткість стрижнів та їх довжина.

II Інтраопераційний контроль та технічна точність встановлення транспедикулярних гвинтів

2.1 Підготовка та візуалізація

- Розмітка рівня запланованого для хірургічного втручання за рахунок контролю з використанням інтраопераційної рентгенографії та спінальної навігації.

- Повторна звірка плану хірургічного втручання з визначеною анатомією хворого.

- Постановка електродів для нейромоніторингу та встановлення базових ліній.

2.2 Встановлення ТГ

- Техніка введення: вільних рук (за рахунок знань точок введення гвинтів за анатомічними орієнтирами).

- Введення під контролем навігаційної системи з дотриманням необхідних умов для уникнення помилок навігації:

- точна (акуратна) реєстрація;

- розуміння відмінностей положення хворого при виконанні КТ дослідження і на операційному столі;

- контроль положення хворого після реєстрації;

- дихальні рухи хворого;

- контроль зміщення антени на остистому відростку після реєстрації;

- уникнення пошкоджень відбивального покриття кульок на антені або інструменті;

- при протяжній інструментації хребта робота на віддалених сегментах від місця реєстрації потребує особливого контролю наявного вигляду операційної рани для уникання похибки відображення на моніторі.

- Контроль ТГ (рентген-контроль, інтраопераційний нейромоніторинг (спонтанно-викликаних моторно-викликаних потенціалів, стимуляція нервових та м'язових структур через гвинти), для моніторингу слід використовувати максимально можливу кількість м'язів.

2.3 Зниження ризику ускладнень

- Асептика/антисептика.

- Контроль крововтрати.

- Попередження ризику неврологічних ушкоджень (особовий контроль роботи інструментів поблизу дуральної оболонки та спинномозкових нервів, контроль при проведенні гвинтів та встановленні стрижнів, блокерів).

II Післяопераційне спостереження, профілактика та реабілітація

Ранній та пізній післяопераційні періоди

Виконання контролю з використанням рентгенівських досліджень або КТ, МРТ для визначення точності розташування ТГ у хребцях, контроль формування спондилодезу, визначення стабільності транспедикулярної системи, суміжних сегментів, втрати досягнутої корекції деформації.

Контроль неврологічного статусу.

Реабілітаційне лікування.

Важливою частиною алгоритмізованої методики попередження розвитку післяопераційних ускладнень ТФ при декомпресійно-стабілізуючих утручаннях

у хворих із захворюваннями, травмами та деформаціями хребта, є алгоритмізована схема лабораторного обстеження даних хворих (див. розділ 10.3). За даними передопераційного клініко-лабораторного обстеження левова частина хворих підпадає під категорію із подальшим неускладненим перебігом післяопераційного періоду. При цьому можливо відсіювання їх з групи ризику на першому рівні біохімічних досліджень або після виконання уточнюючих досліджень додаткового другого рівня. Хворі, у яких можна передбачити неускладнений перебіг післяопераційного періоду після ТФ хребта можуть бути прийняті за таких, що знаходяться на базовому рівні, і виконання їм хірургічного втручання можна проводити за загальноприйнятими протоколами.

З іншого боку, хворі, у яких є підстави вважати високою вірогідність розвитку післяопераційних ускладнень, потребують особливого підходу в залежності від його виду. При значних відхиленнях основних досліджуваних клініко-лабораторних, біохімічних або імунологічних показників, які більше ніж на 50 % відхиляються від меж норми (нижчої або вищої) у разі оцінки біохімічних показників метаболізму, клініко-лабораторних або імунологічних параметрів або на 20 % і більше для показників гемостазу, доцільним є відтермінувати хірургічне втручання з причини невідповідності хворого до такого агресивного і складного виду лікування. В такому випадку необхідно, по-перше, перевірити і знайти можливе скрите джерело, що викликає вірогідність ускладнення, по-друге, провести масовану терапію з корекції даного стану, по-третє, прийняти міри з очищення біологічних середовищ та органів хворого від слідів патологічного стану і, по-четверте, перевірити ефективність проведених заходів з точки зору наближення показників, що показали найбільш значні відхилення, до меж норми, або хоча б задовільних відхилень (на від 10 % до 25 % від меж норми для біохімічних показників метаболізму та від 5 % до 10 % для показників гемостазу).

У випадку, якщо досліджувані показники у хворого до хірургічного втручання показали відхилення, менші за 50 % від меж норми (верхніх або нижніх) у разі оцінки параметрів клініко-лабораторних, біохімічних метаболізму

або імунологічних, або менші за 20 % для маркерів гемостазу, можливо проведення хірургічного втручання, але при виконанні окремих умов. Даними умовами є зміни стандартних процедур підготовки хворого та ведення його під час хірургічного втручання, яке повинен здійснювати ведучий хірург і анестезіолог при плануванні операції, у день хірургічного втручання, під час нього і безпосередньо після нього.

При схильності хворого до післяопераційного розвитку запальних ускладнень навколо м'яких тканин зони інструментації звичайно вже до операції спостерігається істотне підвищення маніфестації маркерів запалення, а саме – вмісту у сироватці крові ГП, СРБ, ГГ, СК. Дані показники збільшуються не ізолювано, як при локальному запаленні, а дана ситуація супроводжується підспудною активізацією аутоімунних процесів проти власних тканин опорно-рухової системи — кісткової, хрящової та синовіальної. Можливо аутоенсибілізація у відношенні до елементів власних судин. Збільшується вміст ЦІК, коефіцієнт LIF, РІМЛ КТ, РІМЛ ХТ та РІМЛ СО. В разі помірного підвищення зазначених показників необхідно до хірургічного втручання забезпечити хворого консультацією клінічного імунолога, у разі неможливості даного заходу, провести дії зі зниження рівня аутоантитіл шляхом в/в введення від 40 мл до 200 мл колоїдних замінників плазми, таких як неогемодез для зменшення аутоімунної агресії. Бажаним є передопераційне використання фторвміщуючих гормонів кортикостероїдної групи, наприклад, дексаметазону у дозі від 4 до 8 мг. При плануванні хірургічного втручання необхідно використовувати металеві конструкції з найбільш очищених титанових сплавів від відомих фірм, які зарекомендували себе на ринку протягом тривалого часу. З обережністю слід ставитися до використання переливання елементів крові, оскільки це може підвищити аутоенсибілізацію організму. В післяопераційному періоді бажано використовувати препарати ряду НПВС із переважанням анагетичних властивостей сумісно із такими із переважанням антиексудативної активності або із гібридними якостями, наприклад, диклофенак натрію 75–150 мг із відповідним прикриттям шлунково-кишкового тракту. В даному

випадку використання препаратів слід подовжити на від 7 до 14 днів порівняно з таким при очікуванні нормального перебігу післяопераційного періоду. При цьому може бути деяке пригнічення формування сполучної тканини рубця, що слід урахувати при знятті швів. Використання кортикостероїдних гормонів у післяопераційному періоді є небажаним, оскільки підвищує ризик інфікування та надмірно уповільнює загоєння операційних ран.

Збільшення ризику виникнення нестабільності правильно встановлених ТК може бути передбачене навіть у молодих хворих із спотвореним співвідношенням активності лужної та кислої фосфатаз сироватки крові із зменшенням першої та/або збільшенням другої. Зазвичай це є результатом помилок у функціонуванні щитоподібної залози, яєчників, надниркових залоз або всіх цих структур, які гормональними сигналами регулюють обмін, зокрема, мінеральної компоненти кісткової тканини. Якщо є ознаки уповільнення ремоделювання кісткової тканини необхідно використання ТК із остеопорозним різьбленням (збільшеною шириною витків різьблення) максимально можливої довжини, для збереження фізіологічних функцій організму. У післяопераційному періоді необхідні заходи з виявлення джерела гормональних проблем, а також медикаментозна корекція стану потенційної, як мінімум, локальної остеопенії шляхом призначення активних препаратів вітаміногормону Д₃-ОН, солей кальцію, магнію, молібдену у лікувальних дозах, препаратів, які пригнічують активність остеокластів, наприклад, похідних ібандронові кислоти або бісфосфонатів, які є менш активними. Зазначені заходи слід виконувати у профілактичному порядку, не очікуючи практичної реалізації нестабільності металевих конструкцій. Важливу функцію виконує корсетотерапія. У випадку високого ризику розвитку нестабільності ТК, термін носіння корсету рекомендується подовжити на термін від 3 до 6 місяців.

Ризик розвитку гіперкоагуляційних станів стоїть окремо, оскільки, вони, навіть в такому сусідстві, виділяються за важкістю можливих наслідків. Точка значень маркерів гемостазу, за перетину якої хірургічне втручання слід відмінити, відрізняється від меж норми лише на 20 % за такими показниками, як

ПЧ, АЧТВ, ФА. При непередбачуваності та змінності показників слід віддавати перевагу використанню високомолекулярного гепарину 4 рази на добу в дозі 5000 ЕД, який може замінити більш технологічні і широко використовувані низькомолекулярні гепарини. Використання хворими непрямих антикоагулянтів слід контролювати окремо і ретельно, оскільки дані препарати останніх генерацій важко контролювати, для цього відсутні маркерні показники коагулограми. Також особливу увагу слід приділити переходу від непрямих антикоагулянтів, які часто приймає хворий, до прямих у лікувальному заході і навпаки, при доліковуванні у домашніх умовах. Зміни показників гемостазу також можуть бути відносно несподівано викликані переливанням компонентів сумісної крові, тому, наскільки можливо, слід здійснювати заходи зі скорочення терміну хірургічного втручання і зменшення крововтрати.

Множинні післяопераційні ускладнення є поєднанням кількох ускладнень, що розвиваються у одного хворого водночас і при невеликій амплітуді самих по собі у сукупності можуть призвести до значних негативних наслідків, наприклад, формуючи феномен «замкненого кола». В поданому дослідженні відзначено, що при збільшенні ризику розвитку множинних ускладнень ТФ хребтових рухових сегментів у грудному та поперековому відділах хребта, наряду із різновекторними відхиленнями клініко-лабораторних, біохімічних параметрів і маркерів гемостазу, які зазначені вище, майже завжди мали місце ознаки ураження печінки, що відбивалося у помітному збільшенні активності трансаміназ. В даному випадку, якщо неможливе відтермінування хірургічного втручання, необхідно посилювати позитивний вплив на печінку, використовуючи гепатопротектори, вітаміни групи В та розчини глюкози.

Алгоритм дії при підозрі на неправильно встановлений транспедикулярний гвинт або погіршення неврологічного статусу

Загальна схема дій при підозрі на неправильно встановлений гвинт або погіршення неврологічного статусу під час операції та після втручання наведено на схемі (рис. 11.2).

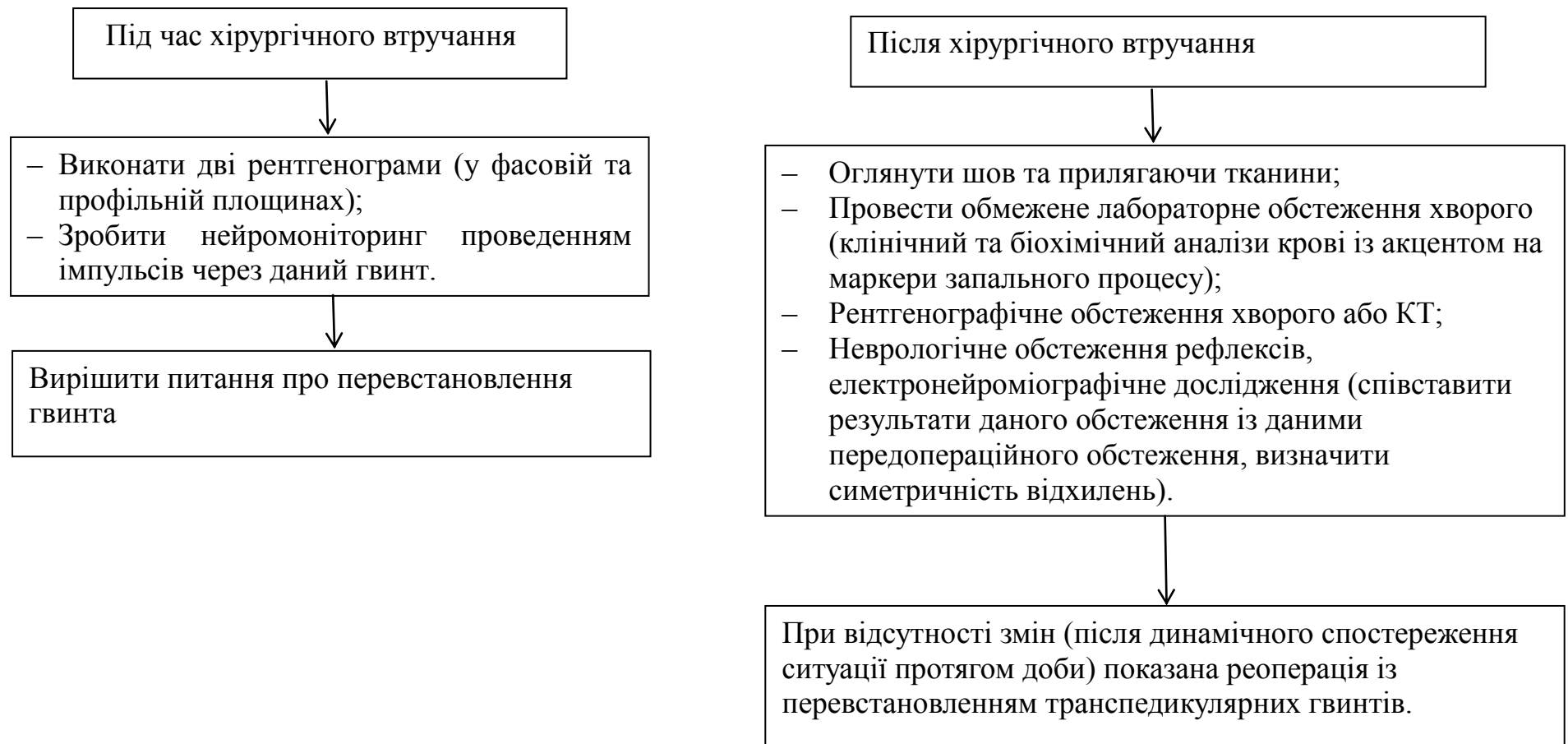


Рисунок 11.2. Алгоритм дії при підозрі на неправильно встановлений транспедикулярний гвинт або погіршення неврологічного статусу.

При інтраопераційній ситуації із виникненням підозри на некоректне позиціонування ТГ необхідно терміново виконати дві рентгенограми у фасній та профільній проекціях, а також провести нейромоніторинг проведенням імпульсів через даний гвинт. За результатами вирішувати питання про переустановлення гвинта. Можливо при цьому провести гвинт за кортикальною траєкторією, якщо він був встановлений за транспедикулярною траєкторією і навпаки.

У випадку, коли підозра на некоректне позиціонування ТГ виникла після закінчення операції дії лікаря залежать від терміну виникнення проблеми і її проявів (рис. 11.2). Хворий ніколи не буди скаржитися на неправильне положення ТГ. Його скарги можуть розповсюджуватися на біль (або продовження післяопераційного болю, або нові больові відчуття), зміни неврологічного статусу, частіше, у бік зниження. Менш вірогідним, хоча і можливим є підвищення або зменшення чутливості в окремих локусах дерматому, зокрема, за рахунок торкання нервового корінця. В будь-якому разі необхідно уточнити особливості неприємних відчуттів та болю у хворого. В тому випадку, коли має місце виникнення болю через кілька годин або діб після операції, слід мати на увазі можливість розвитку локального набряку тканин. При цьому необхідно оглянути шов та прилягаючі тканини, їх температуру та колір, болючість на дотик. Далі необхідно провести обмежене лабораторне обстеження хворого в обсязі клінічного аналізу крові, а також біохімічного аналізу крові із акцентом на маркери запального процесу — білки гострої фази (СРБ), інші відповідні показники — вміст ГП, СК. Паралельно проводять рентгенографічне обстеження хворого або виконують КТ. У разі відхилень лабораторних даних слід замислитися над можливістю інфікування, глибокого або на рівні шва. Незважаючи на виконання рентгенографічного обстеження зараз же після хірургічного втручання (контрольні рентгенограми), через період часу можливим є звих ТГ, його міграція та розхитування.

Якщо дана перевірка пройдена без знахідок, необхідно провести детальне неврологічне обстеження рефлексів, а також здійснити електронейроміографічне дослідження нижніх чи верхніх кінцівок в залежності від рівня ураження. Бажано зіставити результати даного обстеження із даними передопераційного обстеження, а також визначити симетричність відхилень.

Після цього у лікаря залишається або динамічне спостереження ситуації або ревізійне хірургічне втручання з перевстановленням ТГ. Також, показом для повторного хірургічного втручання, є прогресування інфекційного процесу. При цьому можливе видалення всієї ТК, якщо це є варіант глибокого інфекційного процесу.

Для ілюстрації ефективності алгоритмізованої методики обстеження хворих наводимо клінічні приклади.

Клінічний приклад № 6. Хвора У., 64 роки, історія хвороби № 97415, діагноз: Постменопаузальний остеопороз (рання хірургічна менопауза з 42 років). Множинні патологічні переломи тіл грудного та поперекового відділів хребта (рис. 11.3, а).

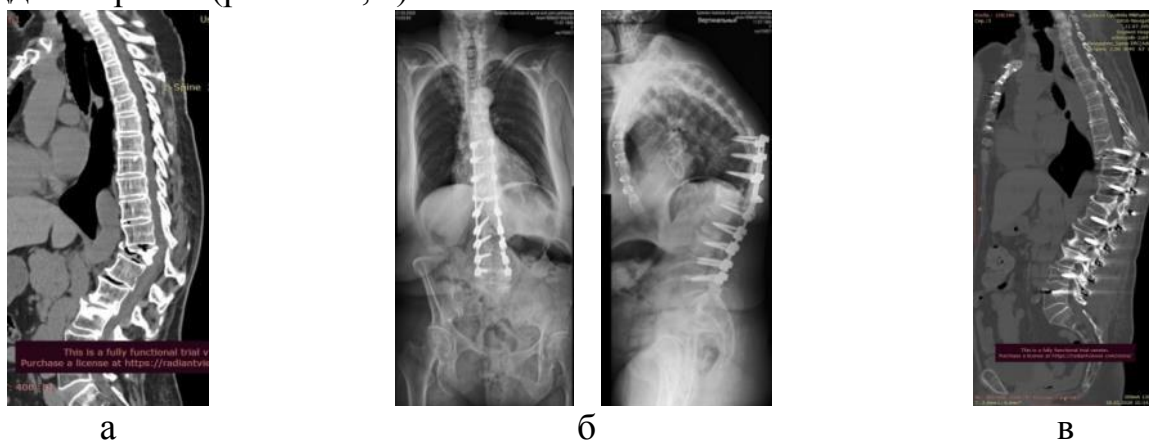


Рис. 11.3. Фотовідбитки рентгенограм та КТ хворої У., 64 роки, історія хвороби № 97415, діагноз: Постменопаузальний остеопороз. Множинні патологічні переломи тіл грудного та поперекового відділів хребта, стан до та після хірургічного лікування (20.02.2020 р.): Корекція деформації хребта транспедикулярною конструкцією на рівні Th_{IX}–L_V, аутокістковий спондилодез. Ускладнення: Компресійний перелом тіла Т₉ хребця, міграція та нестабільність гвинтів. Проксимальний суміжний кіфоз III ступеня. До хірургічного втручання а) Після первинного хірургічного втручання через місяць б) рентген фас і профіль, в) КТ профіль

Лабораторне обстеження: вміст ГП — 0,65 ммоль/л, ГГ — 2,3 г/л, Са — 2,37 ммоль/л, Р — 1,90 ммоль/л, СРБ — 6 мг/л, клінічний аналіз крові: Л — $5,2 \times 10^9$ /л, лейкоцитарна формула: паличкоядерні нейтрофіли (П) — 6 %, сегментоядерні нейтрофіли (СН) — 58 %, лімфоцити (Лімф) — 28 %, моноцити (М) — 5 %, еозінофіли (Е) — 2 %, базофіли (Баз) — 1 %, ШОЕ — 10 мм/год., активність ЛФ — 123 од./л, активність КФ — 7,0 од./л у сироватці крові, співвідношення активності ЛФ та КФ — 17,6, активність АЛТ — 25 од./л, АСТ — 20 од./л, вміст ХОЛ — 6,8 ммоль/л, ЛПНЩ — 78 од./л, Б — 19,2 мкмоль/л, ПЧ — 24 с., концентрація РФМК — 2,5 мг/100 мл, вміст ФГ — 3,2 г/л, АЧТЧ — 32 с, вміст ДД — 0,28 мг/мл, ФА — 15 с, концентрація ЦІК — 86 ум.од., коефіцієнт LIF — 1,65, РІМЛ КТ — 0,76 ум.од., РІМЛ ХТ — 82 ум.од. та РІМЛ СО — 80 ум. од.

Через місяць після хірургічного лікування зафіксовано нестабільність ТК та формування суміжної деформації хребта (рис. 11.3, б, в). Проведено ревізію ТК, корекцію деформації, декомпресію хребтового каналу, подовження ТФ до хребця Th₃ (рис. 11.4).

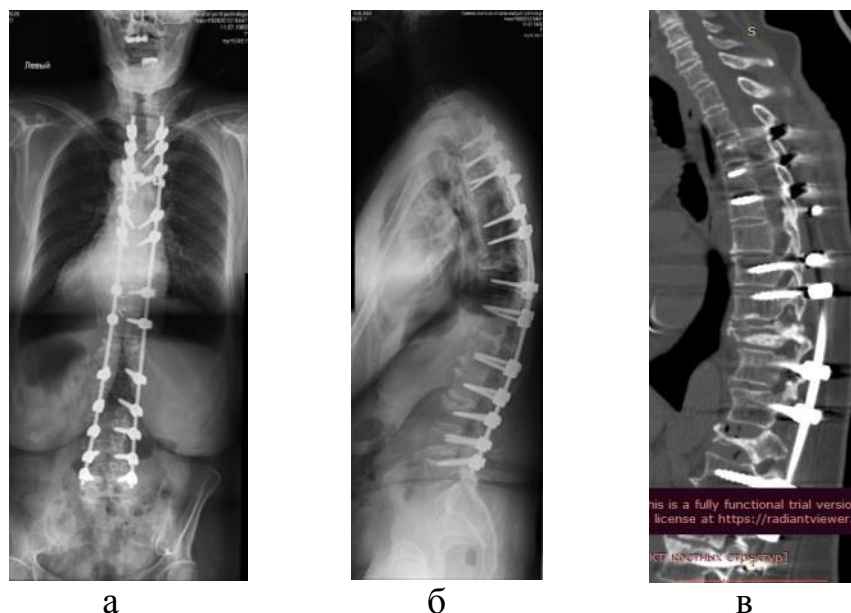


Рис. 11.4. Фотовідбитки рентгенограм та КТ хворої У., 64 роки, історія хвороби № 97415. Ревізія транспедикулярної конструкції, подовження транспедикулярної фіксації до хребця Th_{III}. а) фас та б) профіль рентген, в) профіль КТ

Клінічний приклад № 7. Хвора М., 22 роки, історія хвороби № 85914, діагноз: Наслідки важкої спинальної травми з ускладненим переломом тіла Th_x хребця. Лабораторне обстеження: вміст ГП — 0,90 ммоль/л, ГГ — 2,4 г/л, Са — 2,20 ммоль/л, Р — 1,70 ммоль/л, СРБ — 24 мг/л, клінічний аналіз крові: Л — $7,2 \times 10^9$ /л, лейкоцитарна формула: П — 5 %, СН — 64 %, Лімф — 22 %, М — 5 %, Е — 3 %, Баз — 1 %, ШОЕ — 30 мм/год., активність ЛФ — 206 од./л, активність КФ — 3,5 од./л у сироватці крові, співвідношення активності ЛФ та КФ — 58,9, активність АЛТ — 28 од./л, АСТ — 24 од./л, вміст ХОЛ — 6,3 ммоль/л, ЛПНЩ — 64 од./л, Б — 17,2 мкмоль/л, ПЧ — 24 с., концентрація РФМК — 9,8 мг/100 мл, вміст ФГ — 4,7 г/л, АЧТЧ — 32 с, вміст ДД — 0,37 мг/мл, ФА — 20 с, концентрація ЦІК — 127 ум.од., коефіцієнт LIF — 1,90, РІМЛ КТ — 125 ум.од., РІМЛ ХТ — 114 ум.од. та РІМЛ СО — 120 ум. од. У 2014 р. в два етапи проведено хірургічне лікування: передньо-задній спондилодез на рівні Th_{VIII}–Th_{XII} ТК (рис. 11.5).

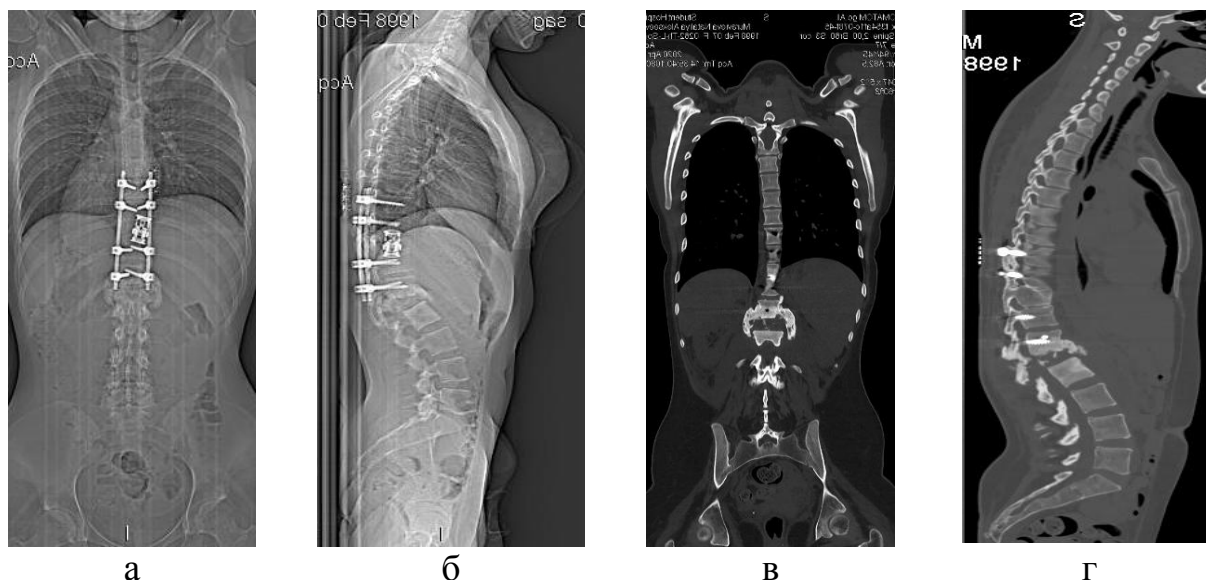


Рис. 11.5. Фотовідбитки рентгенограм (а — фас, б — профіль) та КТ (в — фас, г — профіль) хворої М., 22 роки, історія хвороби № 85914, діагноз: Наслідки важкої спинальної травми з ускладненим переломом тіла Th_x хребця, стан після двох етапів хірургічного лікування (2014 р.): передньо-заднього спондилодезу на рівні Th_{VIII}–Th_{XII}. Наслідки перенесеного спондиліту L_I хребця (2018 р.). Суміжний кіфоз III ступеня. Нижня параплегія. Порушення функції тазових органів.

В 2018 р. розвився спондиліт хребця L_1 , після консервативного лікування якого мали місце залишкові явища: Суміжний кіфоз III ступеня. Нижня параплегія. Порушення функції тазових органів. В 2019 р проведено ревізію та реінструментацію хребта (рис. 11.6): Подовження зони ТФ до хребця L_V . Вертебректомія L_1 , задній міжтіловий спондилодез $Th_{XII}-L_{II}$ кейджем.

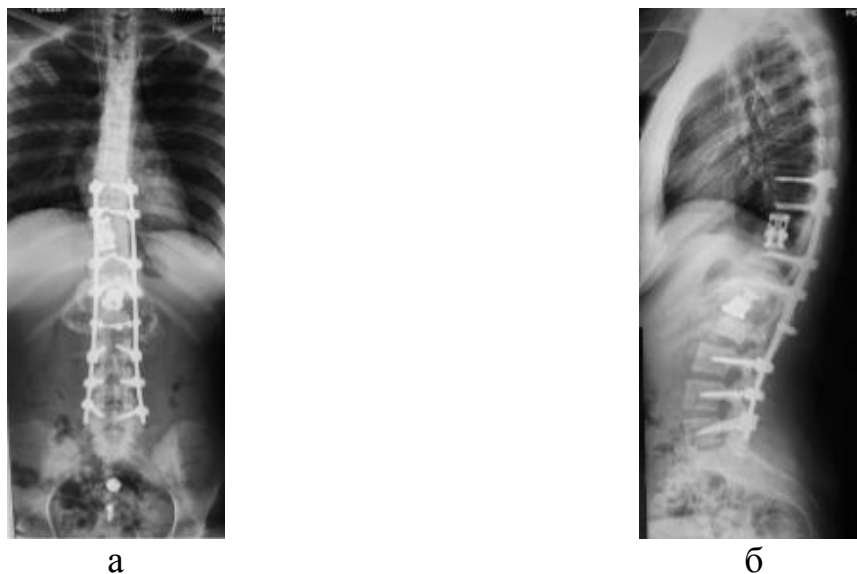


Рис. 11.6. Фотовідбитки рентгенограм хворої М., 22 роки, історія хвороби № 85914. Ревізія та реінструментація хребта, подовження зони стабілізації хребта до L_{IV} хребця транспедикулярною конструкцією. Вертебректомія L_1 , задній міжтіловий спондилодез $Th_{XII}-L_{II}$ кейджем: а) фас, б) профіль

Через добу після операції покращення неврологічної ситуації, зокрема, функції тазових органів. Рекомендовано подовжити корсетотерапію із використанням напівжорсткого корсету для поперекового відділу хребта та обмеження фізичних навантажень. При подальших оглядах інтенсивність больового синдрому поступово знижувалася. Зафіксовано зменшення рівня біохімічних маркерів запалення у сироватці крові, що вказує на стихання запалення.

Клінічний приклад № 8. Хвора К., 48 років, історія хвороби № 96218, діагноз: Остеохондроз поперекового відділу хребта. Дегенеративний спондилолістез хребця L_{IV} I ступеня. Дегенеративний поперековий сколіоз. Абсолютний стеноз хребтового каналу на рівні L_{IV}–L_V. Парез чотириголового м'яза стегна і розгиначів стопи зліва. Лівостороння люмбоішіалгія. Синдром каудогенної переміжної кульгавості. Дисгормональний дифузний остеопороз (рис. 11.7).

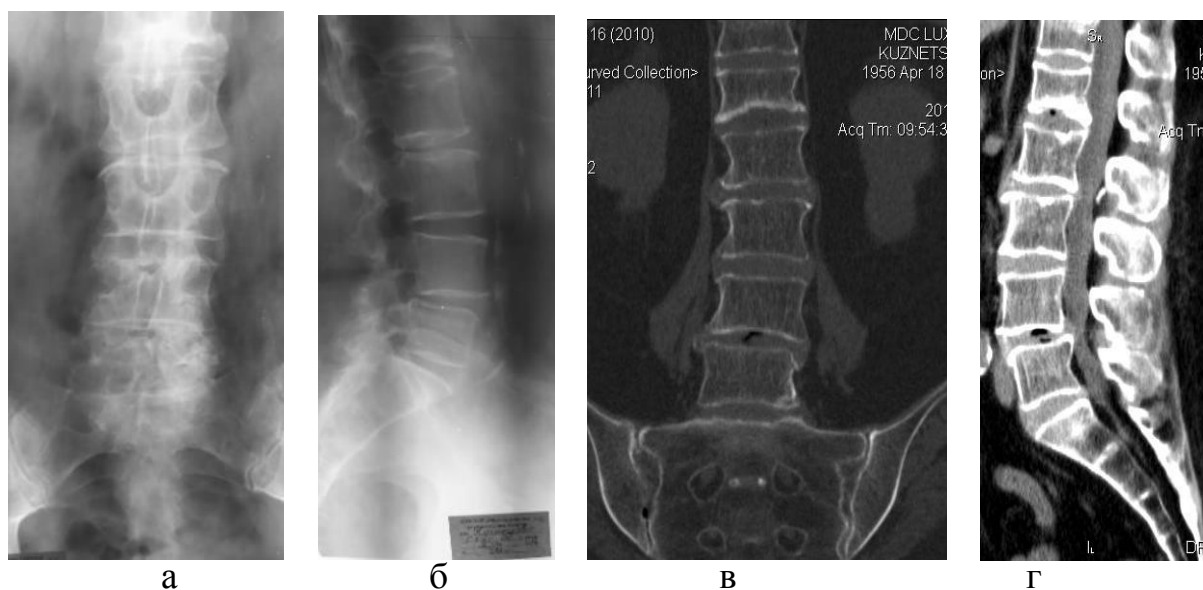


Рис. 11.7. Фотовідбитки рентгенограм (а, б) і КТ (в, г) хворої К., 48 років, історія хвороби № 96218, діагноз: Остеохондроз поперекового відділу хребта. Дегенеративний спондилолістез L₄ хребця I ступеня. Дегенеративний поперековий сколіоз. Абсолютний стеноз хребтового каналу на рівні L_{IV}–L_V. Парез чотириголового м'яза стегна і розгиначів стопи зліва. Лівостороння люмбоішіалгія. Синдром каудогенної переміжної кульгавості. Дисгормональний дифузний остеопороз.

Лабораторне обстеження: вміст ГП — 0,95 ммоль/л, ГГ — 2,3 г/л, Са — 2,21 ммоль/л, Р — 1,65 ммоль/л, СРБ — 24 мг/л, клінічний аналіз крові: Л — $7,0 \times 10^9$ /л, лейкоцитарна формула: П — 5 %, СН — 66 %, Лімф — 20 %, М — 5 %, Е — 3 %, Баз — 1 %, ШОЕ — 27 мм/год., активність ЛФ — 200 од./л, активність КФ — 3,2 од./л у сироватці крові, співвідношення активності ЛФ та КФ — 62,5, активність АЛТ — 30 од./л, АСТ — 27 од./л, вміст ХОЛ —

5,9 ммоль/л, ЛПНЩ — 62 од./л, Б — 18,8 мкмоль/л, ПЧ — 25 с., концентрація РФМК — 9,6 мг/100 мл, вміст ФГ — 4,5 г/л, АЧТЧ — 31 с, вміст ДД — 0,38 мг/мл, ФА — 21 с, концентрація ЦІК — 130 ум.од., коефіцієнт LIF — 1,85, РІМЛКТ — 127 ум.од., РІМЛ ХТ — 131 ум.од. та РІМЛ СО — 126 ум. од.

В 2018 р. проведено хірургічне лікування: Відкрите вправлення L_{IV} хребця, стабілізація сегментів L_{III} – L_{IV} – L_V ТК. Декомпресія хребтового каналу із ламінектомією хребця L_{IV} . Задній аутоспондилодез (рис. 11.8, а, б).

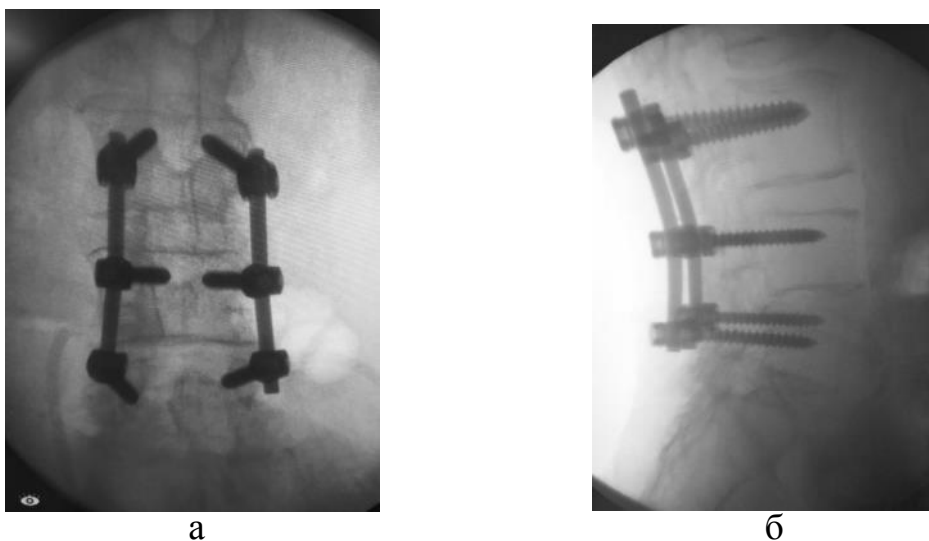


Рис. 11.8. Фотовідбитки рентгенограм хворої К., 48 років, історія хвороби № 96218 після хірургічного втручання: Відкрите вправлення хребця L_{IV} , стабілізація сегментів L_{III} – L_{IV} – L_V транспедикулярною конструкцією. Декомпресія хребтового каналу з ламінектомією хребця L_{IV} . Задній аутоспондилодез: а) фас, б) профіль

Через 3 місяці після операції у хворої розвився больовий синдром. На КТ — рентгенологічні ознаки спондилодисциту на рівні сегменту L_{II} – L_{III} , суміжного до зони інструментації (рис. 11.9). Проведено консервативне лікування тривалим введенням антибіотиків широкого спектру дії, протизапальними та анальгетичними препаратами. Через 3 місяці зафіксовано відсутність ознак спондилодисциту.

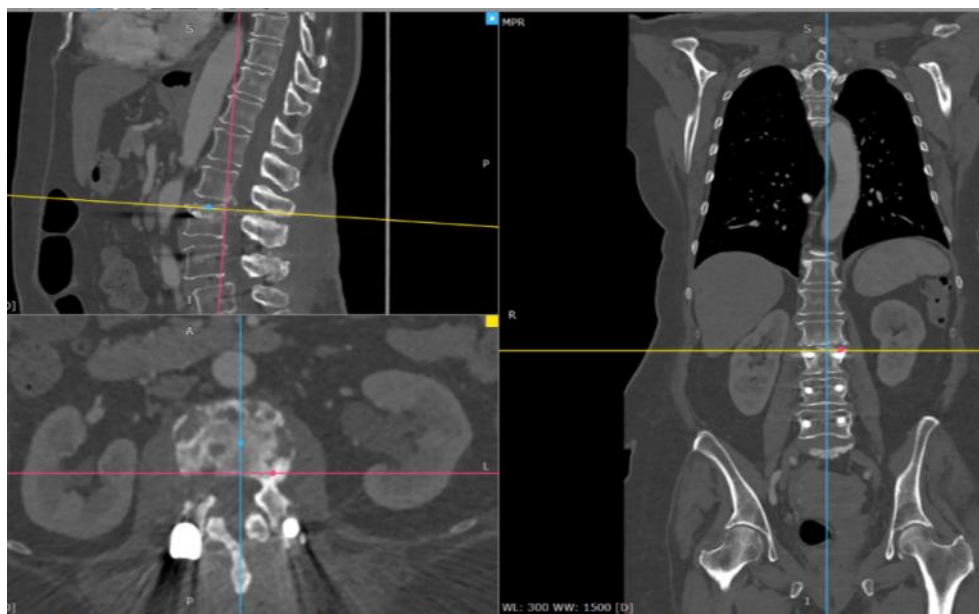


Рис. 11.9. Фотовідбитки КТ (профіль, фас, зріз у поперечній площині) хворої К. 48 років, історія хвороби № 96218 через 3 місяці після хірургічного лікування. Ознаки спондилодисциту на рівні сегменту L_{II}–L_{III}, суміжного до зони інструментації

Клінічний приклад № 9. Хвора П., 19 років, історія хвороби № 97060, діагноз: Компресійний неускладнений вибуховий перелом тіла хребця Th_{XI}, закрита черепно-мозкова травма (рис. 11.10). Супутні діагнози: забій м'яких
Лабораторне обстеження: вміст ГП — 0,97 ммоль/л, ГГ — 2,3 г/л, Са — 2,11 ммоль/л, Р — 1,60 ммоль/л, СРБ — 24 мг/л, клінічний аналіз крові: Л — $6,2 \times 10^9$ /л, лейкоцитарна формула: П — 6 %, СН — 57 %, Лімф — 28 %, М — 5 %, Е — 3 %, Баз — 1 %, ШОЕ — 20 мм/год., активність ЛФ — 310 од./л, активність КФ — 5,4 од./л у сироватці крові, співвідношення активності ЛФ та КФ — 57,4, активність АЛТ — 26 од./л, АСТ — 22 од./л, вміст ХОЛ — 4,2 ммоль/л, ЛПНЩ — 47 од./л, Б — 20,1 мкмоль/л, ПЧ — 24 с., концентрація РФМК — 14,3 мг/100 мл, вміст ФГ — 6,5 г/л, АЧТЧ — 23 с, вміст ДД — 0,39 мг/мл, ФА — 36 с, концентрація ЦІК — 120 ум.од., коефіцієнт LIF — 1,64, РІМЛ КТ — 115 ум.од., РІМЛ ХТ — 125 ум.од. та РІМЛ СО — 117 ум. од.

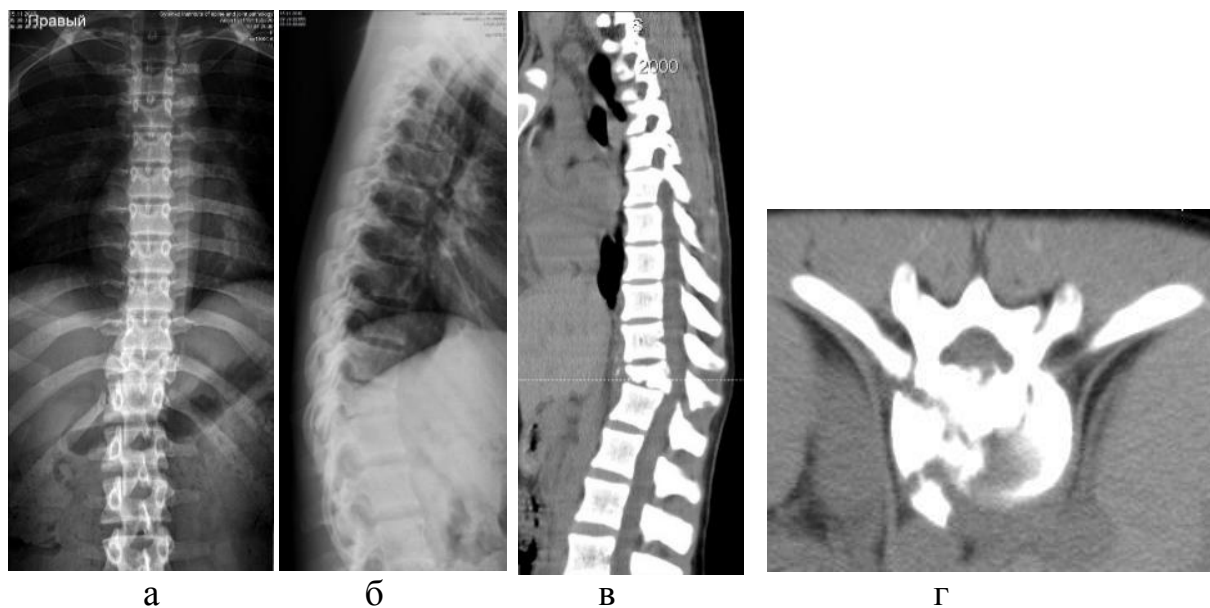


Рис. 11.10. Фотовідбитки рентгенограм (а — фас, б — профіль) і КТ (в — фас, г — поперечний зріз хребця Th_{XI}) хворої П., 19 років, історія хвороби № 97060, діагноз: Компресійний неускладнений вибуховий перелом тіла Th_{XI}, тканин голови, живота, струс головного мозку

Після стабілізації стану хворої проведено хірургічне втручання: Корекція деформації хребта полісегментарною ТК з фіксацією на рівні Th_{IX}–Th_X–Th_{XII}–L_I. Задній аутоспондилодез (рис. 11.11).

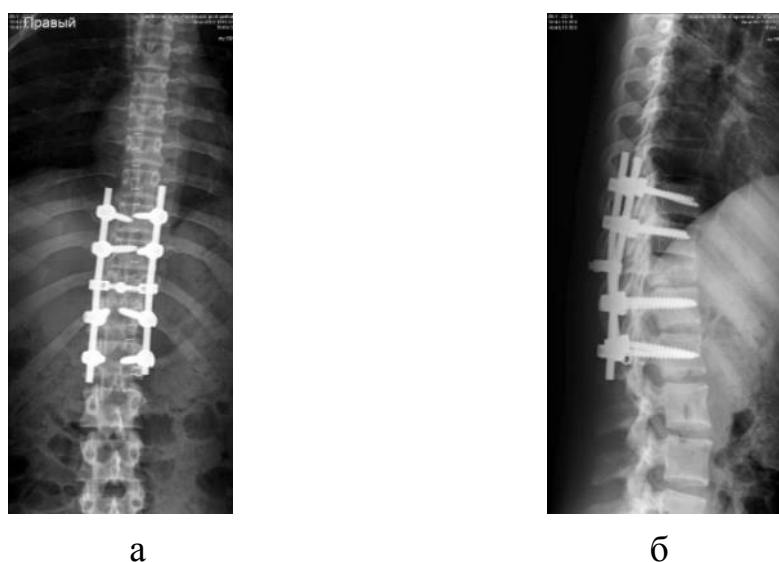


Рис. 11.11. Фотовідбитки рентгенограм і КТ хворої П., 19 років, історія хвороби № 97060, діагноз: Компресійний неускладнений вибуховий перелом тіла Th_{XI} хребця після хірургічного втручання: Корекція деформації хребта полісегментарною транспедикулярною конструкцією з фіксацією на рівні Th_{IX}–Th_X–Th_{XII}–L_I. Задній аутоспондилодез

Через 24 години розвився набряк та почервоніння обох гомілок. За даними ультразвукового дослідження — ознаки тромбозу поверхневих вен обох гомілок. Проведено консервативне лікування: прямі антикоагулянти, нестероїдні протизапальні препарати 2 тижні, після чого за даними ультразвукового дослідження ознаки тромбозу вен гомілок відсутні.

Клінічний приклад № 10. Хворого Г., 63 роки, історія хвороби № 97520, (рис. 11.12). Діагноз: Остеохондроз поперекового відділу хребта, спондилоартроз. Абсолютний стеноз хребтового каналу на рівні L_{IV}–L_V. Синдром каудогенної переміжної кульгавості.



а

б

Рис. 11.12. Фотовідбитки рентгенограм (а) профіль у максимальному згинанні, профіль у максимальному розгинанні та фас) і МРТ (б) хворого Г., 63 роки, історія хвороби № 97520, діагноз: Остеохондроз поперекового відділу хребта, спондилоартроз. Абсолютний стеноз хребтового каналу на рівні L_{IV}–L_V. Синдром каудогенної переміжної кульгавості до хірургічного втручання

Лабораторне обстеження: вміст ГП — 0,82 ммоль/л, ГГ — 2,2 г/л, Са — 2,20 ммоль/л, Р — 1,55 ммоль/л, СРБ — 12 мг/л, клінічний аналіз крові: Л — $6,2 \times 10^9$ /л, лейкоцитарна формула: П — 6 %, СН — 50 %, Лімф — 30 %, М — 5 %, Е — 5 %, Баз — 2 %, ШОЕ — 20 мм/год., активність ЛФ — 200 од./л, активність КФ — 4,0 од./л у сироватці крові, співвідношення активності ЛФ

та КФ — 50,0, активність АЛТ — 28 од./л, АСТ — 30 од./л, вміст ХОЛ — 7,4 ммоль/л, ЛПНЩ — 85 од./л, Б — 22,0 мкмоль/л, ПЧ — 25 с., концентрація РФМК — 12,7 мг/100 мл, вміст ФГ — 6,2 г/л, АЧТЧ — 22 с, вміст ДД — 0,40 мг/мл, ФА — 39 с, концентрація ЦІК — 140 ум.од., коефіцієнт LIF — 1,54, РІМЛ КТ — 126 ум.од., РІМЛ ХТ — 115 ум.од. та РІМЛ СО — 128 ум. од.

В 2020 р. проведено хірургічне лікування: Фіксація хребців L_{IV}–L_V ТК. Декомпресія хребтового каналу з ламінектомією хребця L_{IV}. Аутокістковий спондилодез (рис. 11.13).

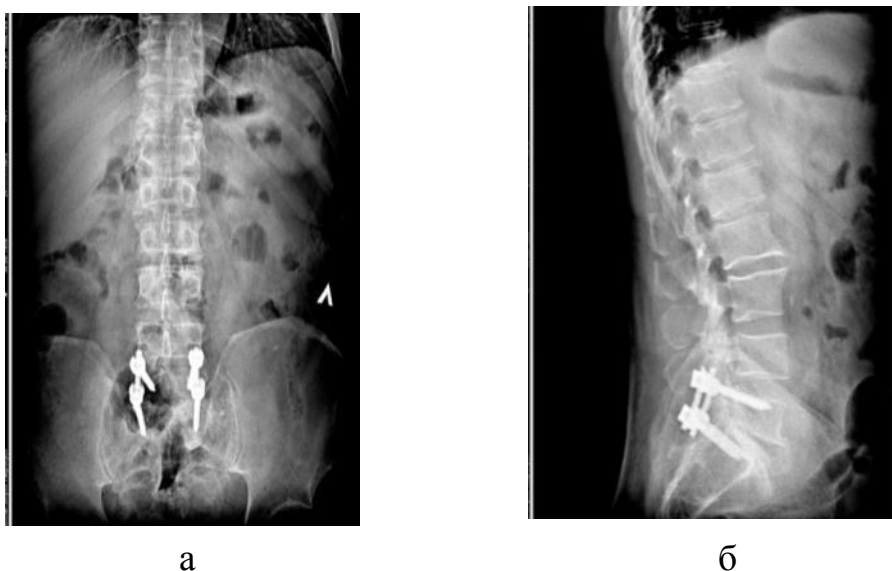


Рис. 11.13. Фотовідбитки рентгенограм (а) і МРТ (б) хворого Г., 63 роки, історія хвороби № 97520, діагноз: Остеохондроз поперекового відділу хребта, спондилоартроз. Абсолютний стеноз хребтового каналу L_{IV}–L_V. Синдром каудогенної переміжної кульгавості після хірургічного втручання (Фіксація L_{IV}–L_V транспедикулярною конструкцією. Декомпресія хребтового каналу з ламінектомією хребця L_{IV}. Аутокістковий спондилодез): а) фас, б) профіль

Через 2 тижні після хірургічного лікування розвився больовий синдром, інтенсивність якого залежала від положення тулубу. На КТ та МРТ-дослідженні (рис. 11.14) — ознаки глибокого запалення навколо ТГ та нестабільності ТГ на рівні L_V–S_I зліва.

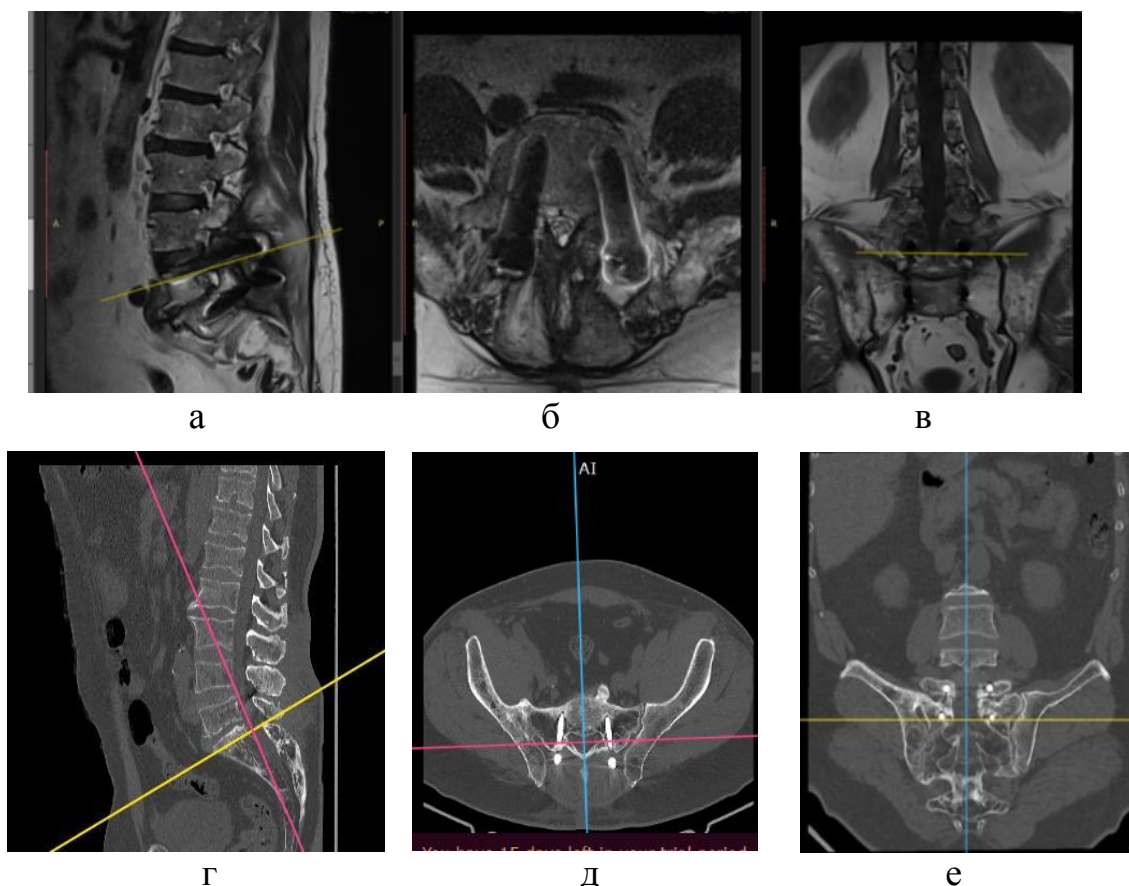


Рис. 11.14. Фотовідбитки МРТ (а, б, в) і КТ (г, д, е) хворого Г. 63, роки, історія хвороби № 97520 через 2 тижні після хірургічного лікування: а), б), в) ознаки глибокого запалення навколо транспедикулярних гвинтів на рівні L_V-S_I зліва; г), д), е) ознаки нестабільності транспедикулярних гвинтів на рівні L_V-S_I зліва

Оскільки загальний стан хворого не дозволяв повторного хірургічного втручання, було проведено консервативне лікування антибактеріальними засобами, а також рекомендовано продовжити корсетотерапію із використанням напівжорсткого корсету для поперекового відділу хребта та обмеження фізичних навантажень. При подальших оглядах інтенсивність больового синдрому поступово знижувалася. Затихання запального процесу підтверджено зменшенням значень біохімічних маркерів запалення у сироватці крові.

Резюме

Таким чином, розроблена алгоритмізована методика дозволяє структуровано оцінити ризик ускладнень, запланувати хірургічне лікування з урахування сучасних технологій та знань, контроль усіх критичних точок, індивідуальний підхід до кожного хворого, інтеграцію спінальної навігації та нейромоніторингу, що в цілому дозволить мінімізувати ускладнення ТФ при проведенні декомпресійно-стабілізуючих хірургічних утручаннях на ГВХ та ПВХ.

Створення такої алгоритмізованої методики спрямовано на те, щоб ще до початку хірургічного лікування, а саме, на етапі його підготовки, оцінити вірогідність розвитку у хворих із відповідними діагнозами розвитку можливих післяопераційних ускладнень та завчасно здійснити необхідні заходи для їх запобігання. Зазначений факт може сприяти покращенню якості ТФ при декомпресійно-стабілізуючих хірургічних утручаннях на ГВХ та ПВХ. Для зменшення навантаження на лікувальний заклад та обмеження вартості обстеження, алгоритмізована методика включає в себе каскад необхідних дій, в якому одна дія витікає з іншої та є нею обумовлена. Таким чином, при відсутності ознак небезпеки, обстеження може бути обмежене вже на першому або другому етапі і увага хірурга може бути сконцентрована на більш нагальних напрямках.

Практичне використання розроблених у даній роботі засобів для прогнозування вірогідності розвитку післяопераційних ускладнень, зокрема, із використанням реєстрації відхилень від норми величин передопераційних клініко-лабораторних, біохімічних та імунологічних показників може допомогти уникнути розвиток даних станів, що призведе до зменшення важкості стану хворих, тривалості їх перебування у стаціонарі, вартості лікування, а також, найбільш важливо, покращенню якості результатів лікування.

За матеріалами розділу опубліковані наступні роботи:

[259] Бондаренко, С. Є., Барков, О. О. & Туляков, В. О. (2026). Рекомендації щодо попередження розвитку післяопераційних ускладнень транспедикулярної фіксації у хворих з патологією хребта. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 1(642), 53-60 DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872026153-60>

ВИСНОВКИ

1. За результатами проведеного систематизованого метааналізу даних науково-медичної літератури визначено, що на теперішній час частота ускладнень в хірургії хребта коливається в межах від 1,8 % до 56,4 %. Встановлення транспедикулярних гвинтів на теперішній час є «золотим стандартом» при декомпресійно-стабілізуючих утручаннях на грудному та пооперековому відділах хребта, але їх необґрунтоване використання призводить до неефективності, помилок та ускладнень. Доведено, що основними післяопераційними ускладненнями після стабілізації транспедикулярними конструкціями є їх нестабільність, некоректне розташування гвинтів в хребцях, захворювання суміжного сегменту, залишковий біль після хірургічного лікування, запалення м'яких тканин навколо конструкції, неврологічні ускладнення та розвиток гіперкоагуляційних станів. Для зменшення частоти ускладнень та ревізійних втручань в хірургії хребта вагому нішу зайняли спінальна навігація та нейромоніторинг.

При порівнянні транспедикулярної та кортикально-кісткової траєкторій проведення гвинтів не було знайдено статистично значущої різниці в загальній кількості ускладнень, частоті ранової інфекції, ризику ушкодження дурального мішку та ризику незрощення сегментів та пов'язаних з цим ревізійних втручань. Загальний ризик ускладнень в групі із кортикальним введенням гвинтів був на 33 % нижчий, ніж при транспедикулярній траєкторії. Ризик порушення стабільності конструкцій є статистично однаковий. Захворювання суміжних сегментів також відзначали на 63 % рідше, а незрощення сегментів є на 26 % частіше при кортикальному введенні гвинтів.

2. За даними ретроспективного аналізу 268 хворих, які зазнали ревізійних хірургічних втручань, визначено, що найбільш частими причинами для ревізій були ускладнення у 143 (53,4 %) хворих пов'язаних безпосередньо з конструкцією (некоректне розташування гвинтів в хребцях,

злам гвинтів та стрижнів, нестабільність гвинтів та стрижнів). Другою за значущістю причиною був залишковий біль у поперековому відділі хребта (“failed back” синдром) після первинно виконаної операції у 64 (23,9 %) хворих. На третьому місці були хворі з інфекційним запаленням післяопераційної рани 32 (11,9 %) та захворюванням суміжного сегмента 16 (6,0 %). Однак останні, як і інші ускладнення (ушкодження дуральної оболонки з наступною ліквореєю, рубцевий стеноз), не перевищували 5 % від загальної кількості операцій. Але ці ускладнення за кількісною характеристикою є значними та важливими.

3. У результаті математичного моделювання, що описує різні кутові значення сегментарного і тотального поперекового лордозу, а також стан поперекового хребта, без та з урахуванням моно- та полісегментарної транспедикулярної фіксації, визначено, що максимальні напруження кортикальної кістки концентруються у базовому хребці L_V — 147 МПа при «патологічному» міжхребцевому диску L_V-S_I у групі хворих з гіперлордозом. При моносегментарній фіксації L_V-S_I та «патологічному» диску на цьому рівні, напруження на кортикальну кістку L_V та S_I хребців складають (від 100 МПа до 134 МПа), як в групах з нормальним так і з гіперлордозом.

При полісегментарній фіксації L_I-S_I , виникає перерозподіл напруження на кортикальну кістку всіх хребців, але все ж такі кортикальна кістка хребців L_V та S_I потерпає максимальних напружень (від 60 МПа до 98 МПа) і тільки в групі з гіполордозом ці напруження мінімальні (33 МПа, 52 МПа). Максимальні напруження іспитує, вище розташований міжхребцевий диск при моносегментарній фіксації L_V-S_I та «патологічному» диску на цьому рівні з гіполордозом, зростає напруження на міжхребцевий диск $L_{IV}-L_V$ до 0,90 МПа в порівнянні з інтактним станом (0,73 МПа). При полісегментарній транспедикулярній фіксації вже має місце розподілення навантажень між хребтовими руховими сегментами. Максимальне зростання напруження на хрящ дуговідросткових суглобів сегменту $L_{IV}-L_V$ до 15 МПа визначено при фіксації сегменту L_V-S_I в четвертій розрахунковій групі з гіперлордозом.

Максимальні значення еквівалентних напружень губчастих кісток не перевищують 10 МПа, але для груп, які відповідають «патологічному» стану без застосування транспедикулярної фіксації, значення критично наближаються до межі міцності, так для губчастої він становить від 16 МПа до 22 МПа. Максимальні еквівалентні напруження стрижня для груп які описують нормальні кути сегментарного і тотального лордозу близькі до значень групи, яка описує найбільші кути сегментарного і тотального поперекового лордозу, складають від 1100 МПа до 1800 МПа. Максимальне напруження на стрижень 1800 МПа припадає на стрижень в групі з гіперлордозом і полісегментарною фіксацією L_1-S_1). Найменші значення максимальних еквівалентних напружень (від 600 МПа до 850 МПа) спостерігаються тільки в групі з гіполордозом. Найбільш несприятливим збереженням положення поперекового лордозу при транспедикулярній фіксації з точки зору стабілізації «патологічного» сегменту, а також перерозподілу і зменшенню напружень, визначено положення гіперлордозу.

4. В результаті дослідження кінематичної моделі поперекового відділу хребта на скелетно-м'язових моделях після виконання транспедикулярної фіксації $L_{IV}-S_V$, було визначено, що сила навантаження суміжних сегментів при згинанні вперед залежить від виконаного кута інструментального спондилодезу. Фіксація хребтово-рухових сегментів у гіполордотичному положенні призводить крижово-здухвинне зчленування до збільшення навантажень на 7,09 %, а на верхній суміжний до зони фіксації хребець на 14,35 %. Фіксація у гіперлордотичному положенні призводить до збільшення навантажень на верхній суміжний сегмент на 14,92 %, а на крижово-здухвинне зчленування навпаки до зменшення 15,17 %.

Використана модель довела взаємозв'язок між м'язами, спондилодезом, кінематикою навантажень на крижово-здухвинне зчленування і тіло хребця вище рівня інструментації після виконаного хірургічного втручання. Такі зміни амплітуди навантажень, по-перше, можуть грати велику роль в розвитку захворювань суміжного сегмента прилеглого до зони спондилодезу,

по-друге, бути одним із факторів причини розвитку синдрому невдало оперованої спини («failed back» синдром) і, по-третє, можуть грати не останню роль в розвитку ускладнень, безпосередньо пов'язаних з транспедикулярною конструкцією.

5. За результатами експериментального дослідження на білих щурах, при визначенні змін у суміжних міжхребцевих дисків та навколо спинномозкових нервів із їх компресією за допомоги скоб або перев'язування, доведено, що обидва способи експериментальної компресії спинномозкових нервів з ушкодженням міжхребцевого диска призводять до розвитку деструктивних змін аксонів у ділянках, що знаходяться дистально від місця притискання, а також дегенеративних змін у суміжних міжхребцевих дисках, які у разі моделювання компресії нерву як ускладнення спондилодезу не відрізняються між краніальним і каудальним дисками та більш виражені у каудальному диску у разі перев'язування нерва (без стабілізації тіл хребців).

6. При вивченні характеру змін у міжхребцевих дисках та тілах суміжних хребців у динаміці за даними магнітно-резонансної томографії після фіксації транспедикулярними гвинтами поперекових хребців на рівні L_{IV} – L_V визначено, що зміни стану суміжних міжхребцевих дисків впродовж одного року після транспедикулярної фіксації хребців є розповсюдженим явищем. Зміни суміжних сегментів швидше виникали у сегментах, розташованих вище зони фіксації (L_{III} – L_{IV}), що мало місце частіше у перші 6 місяців після хірургічного лікування і, вірогідно, відбувалося за рахунок більшої амплітуди осьових та, особливо, поперечних здвигових навантажень, які компенсують нерухомість фіксованих сегментів. Зміни у нижніх суміжних з фіксованим сегментах (L_V – S_I) звичайно були менш вираженими та переважно проявлялися не раніше, ніж через рік після хірургічного втручання. При оцінці руйнування диску та хребців, не було доведено явних тенденцій до першочерговості змін, скоріше це може залежати від інших

причин, таких як вік хворого, стану кісткових структур, особливостей анатомічної будови, тощо.

7. При порівнянні коректності розташування гвинтів в хребцях між групою хворих із стандартною технікою установки гвинтів («вільних рук») (747 хворих, 4794 гвинтів) та групою хворих із проведенням гвинтів з використанням 3D-навігаційної системи (252 хворих, 1646 гвинтів), визначено основні помилки і сформульовано практичні рекомендації при використанні спінальної навігаційної системи, які допоможуть попередити порушення її роботи та дозволять уникнути ускладнень, пов'язаних з установкою транспедикулярних гвинтів. Використання навігаційної системи дозволило збільшити складність та спектр хірургічних втручань, при цьому спостерігалось зменшення ризику неврологічних ускладнень на 96,43 %. Залучення навігаційної системи дозволило скоротити відсоток некоректно проведених гвинтів з 4,95 % до 0,39 %. У всіх 37 хворих (4,95 %), яким проводили гвинти за допомоги техніки «вільних рук», проведено ревізійні хірургічні втручання з приводу некоректного встановлення гвинтів, тоді як у хворих, котрим проводили транспедикулярні гвинти з використанням навігаційної системи, в жодному випадку не було проведено ревізії.

8. При використанні інтраопераційного нейромоніторингу у хворих із захворюваннями, деформаціями та ушкодженнями грудного та поперекового відділів хребта при виконанні транспедикулярної фіксації, доведено, що амплітуди моторних викликаних потенціалів м'язів-мішеней відрізняються за інформативністю та ефективністю завдяки індивідуальним морфологічним і моторним характеристикам. У хворих з великими деформаціями хребта з компресією спинного мозку в умовах анестезії може порушуватися провідність за кортикоспінальним трактом, тому для моніторингу необхідно використовувати максимально можливу кількість м'язів.

Визначено, що модальності інтраопераційного нейромоніторингу є високо чутливими та специфічними методом досліджень до ушкоджень структур спинного мозку та спинномозкових нервів під час проведення

транспедикулярних гвинтів і корегувальних дій у грудному та поперековому відділах хребта, але залежність від ряду зовнішніх факторів може знижувати їх інформативність. Найбільш стабільні моторні викликані потенціали спостерігалися на *mm. abductor hallucis longus*. Несприятливим достовірним фактором було однобічне стійке зниження амплітуди більш ніж на 60 %. Критичним є поріг стимуляції нервів через транспедикулярні гвинти нижчий за 13 мА, що потребує перевірки коректності проведення гвинта під контролем рентген-візуалізації. Використання інтраопераційного моніторингу у хворих із захворюваннями грудного та поперекового відділів хребта при транспедикулярної фіксації дозволяло на 92,0 % зменшити ризик неврологічних ускладнень під час та після хірургічного лікування.

9. Пацієнти з захворюваннями, деформаціями та травмами хребта до операції відрізнялися за лабораторними показниками крові. У хворих без ускладнень збільшувався вміст глікопротеїнів ($< 0,60$ ммоль/л), гаптоглобіну ($< 1,6$ г/л), С-реактивного білку ($< 6\text{--}12$ мг/л), розчинних фібрин-мономерних комплексів ($< 7,0$ мг%). У осіб із запаленням м'яких тканин зростав вміст глікопротеїнів (< 90 ммоль/л), гаптоглобіну ($> 2,0$ г/л), С-реактивного білку ($> 6\text{--}12$ мг/л), розчинних фібрин-мономерних комплексів ($> 9,0$ мг%), Д-димеру ($> 0,30$ мг/мл), циркулюючих імунних комплексів (> 110 ум. од.), активність лужної фосфатази (> 280 од./л), швидкість осідання еритроцитів (> 12 мм/год.), активований частковий тромбіновий час (> 30 с), коефіцієнт спонтанної міграції лімфоцитів ($> 1,70$). Розвитку гіперкоагуляції передувало підвищення вмісту глікопротеїнів ($> 0,90$ ммоль/л), гаптоглобіну ($> 2,2$ г/л), розчинних фібрин-мономерних комплексів (> 11 мг%), фібриногену ($> 5,5$ г/л), Д-димеру ($> 0,35$ мг/мл), С-реактивного білку ($> 6\text{--}12$ мг/л), циркулюючих імунних комплексів (> 100 ум.од.), часу лізису згустку (> 34 с), активності лужної (> 280 од./л) та кислої фосфатаз ($> 4,4$ од/л), швидкості осідання еритроцитів (> 13 мм/год.), коефіцієнту спонтанної міграції лімфоцитів ($> 1,60$). Перед розвитком нестабільності металевих конструкцій був підвищений вміст гаптоглобіну ($< 1,8$ г/л), глікопротеїнів

(< 0,70 ммоль/л), активність кислої фосфатази (> 4,4 од./л), швидкість осідання еритроцитів (> 13 мм/год.), зменшена активність лужної фосфатази (< 130 од./л). Перед множинними ускладненнями зростає вміст гаптоглобіну (> 2,0 г/л), С-реактивного білку (> 6–12 мг/л), білірубину (> 20 мкмоль/л), циркулюючих імунних комплексів (> 100 ум.од.), активності кислої фосфатази (> 4,5 од./л), швидкості осідання еритроцитів (< 13 мм/год.), коефіцієнту спонтанної міграції лімфоцитів (> 100 ум.од.), скорочення вмісту розчинних фібрин-мономерних комплексів (> 11 мг%), фібриногену (> 5,2 г/л), Д-димеру (> 0,36 мг/мл), часу лізису згустку (> 35 с), активованого часткового тромбінового часу (< 24 с).

10. На підставі визначення діагностичної чутливості передопераційних клініко-лабораторних показників хворих, яким була проведена транспедикулярна фіксація хребців, в тому числі, із різними ускладненнями післяопераційного періоду створено алгоритмізовану схему лабораторного обстеження хворих, а також патернову схему прогнозування післяопераційних ускладнень. Доведено, що при плануванні хірургічного втручання особливої уваги потребують хворі у яких змінено значення показників, діагностична чутливість яких складає від 60 % до 95 %: вміст хондроїтинсульфатів, С-реактивного білку, гаптоглобіну, сіалових кислот, глікопротеїнів, активність лужної фосфатази, концентрація циркулюючих імунних комплексів, коефіцієнт спонтанної міграції лімфоцитів, рівень міграції лімфоцитів із антитілами на хрящовий антиген та на антиген синовіальної оболонки.

11. Розроблена алгоритмізована методика діагностики та профілактики розвитку ускладнень сучасних декомпресійно-стабілізуючих утручань на грудному та поперековому відділах хребта із транспедикулярною фіксацією, дозволяє структуровано оцінити ризик ускладнень, запланувати хірургічне лікування з урахування сучасних технологій та знань, контроль усіх критичних точок, індивідуальний підхід до кожного хворого, інтеграцію спінальної навігації та нейромоніторингу, що в цілому дозволить мінімізувати

ускладнення транспедикулярної фіксації при проведенні декомпресійно-стабілізуючих хірургічних утручаннях на грудному та поперековому відділах хребта. Також вона дозволяє, ще до початку хірургічного лікування, оцінити вірогідність розвитку можливих післяопераційних ускладнень у хворих із відповідними діагнозами та завчасно здійснити необхідні заходи для їх запобігання, що сприяє покращенню якості транспедикулярної фіксації.

Практичне використання розроблених засобів для прогнозування вірогідності розвитку післяопераційних ускладнень, зокрема, із використанням реєстрації відхилень від норми величин передопераційних клініко-лабораторних, біохімічних та імунологічних показників, дозволяє уникнути розвитку даних станів, що призведе до покращенню якості результатів хірургічного лікування.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Ghobrial, G. M., Williams, K. A. Jr., Arnold, P., Fehlings, M., Harrop, J. S. (2015). Iatrogenic neurologic deficit after lumbar spine surgery: A review. *Clin Neurol Neurosurg.* 2139, 76–80. PMID: 26386902. DOI: [10.1016/j.clineuro.2015.08.022](https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2015.08.022)
2. De la Garza–Ramos, R., Bydon, M., Abt, N. B., Sciubba, D. M., Wolinsky, J. P., Bydon, A., Gokaslan, Z. L., Rabin, B. & Witham, T. F. (2015). The impact of obesity on short– and long–term outcomes after lumbar fusion. *Spine (Phila Pa 1976).* 40(1), 56–61. PMID: 25526589. DOI: [10.1097/BRS.0000000000000655](https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000000655)
3. Baber, Z. & Erdek, M. A. (2016). Failed back surgery syndrome: current perspective. *Journal of Pain Research.* 9, 979–987. PMID: 27853391. MCID: [PMC5106227](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27853391/). DOI: [10.2147/JPR.S92776](https://doi.org/10.2147/JPR.S92776)
4. de Kunder, S. L., van Kuijk, S. M. J., Rijkers, K., [Caelers, I. J. M. H.](#), [van Hemert, W. L. W.](#), [de Bie, R.A.](#) & [van Santbrink, H.](#) (2017). Transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF) versus posterior lumbar interbody fusion (PLIF) in lumbar spondylolisthesis: a systematic review and meta–analysis. *Spine Journal.* [17\(11\)](#), 1712–1721. PMID: 28647584. DOI: [10.1016/j.spinee.2017.06.018](https://doi.org/10.1016/j.spinee.2017.06.018)
5. Піонтковський В. К. (2018). Патогенез, діагностика та хірургічне лікування гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта у хворих похилого та старечого віку. Дис. ... д–ра мед. наук. 14.01.021. Харків, 406 с. https://sytenko.org.ua/wp-content/uploads/thesis/Piontkovsky_VK_Thesis.pdf
6. Lan, T., Hu, S.–Y., Zhang, Y.–T., Zheng, Y.–C., Zhang, R., Shen, Z. & Yang, X.–J. (2018). Comparison Between Posterior Lumbar Interbody Fusion and Transforaminal Lumbar Interbody Fusion for the Treatment of Lumbar Degenerative Diseases: A Systematic Review and Meta–Analysis. *World Neurosurg.* 112, 86–93. PMID: 29367001. DOI: [10.1016/j.wneu.2018.01.021](https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.01.021)

7. Farrokhi, M. R., Yadollahikholes, G., Gholami, M., Mousavi, S. R., Mesbahi, A. R. & Asadi-Pooya, A. A. (2018). Clinical Outcomes of Posterolateral Fusion vs. Posterior Lumbar Interbody Fusion in Patients with Lumbar Spinal Stenosis and Degenerative Instability. *Pain Physician*. 21(4), 383–406. PMID: 30045595. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30045595/>

8. Takenaka, S., Makino, T., Sakai, Y., Kashii, M., Iwasaki, M., Yoshikawa, H. & Kaito, T. (2019). Dural tear is associated with an increased rate of other perioperative complications in primary lumbar spine surgery for degenerative diseases. *Medicine (Baltimore)* 98(1), e13970. PMID: 30608436. PMCID: [PMC6344202](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC6344202/). DOI: [10.1097/MD.00000000000013970](https://doi.org/10.1097/MD.00000000000013970)

9. Lange, N., Stadtmüller, T., Scheibel, S., Reischer, G., Wagner, A., Meyer, B. & Gempt, J. (2022). Analysis of risk factors for perioperative complications in spine surgery. *Sci. Rep.* 12(1), 14350. PMID: 35999446. PMCID: [PMC9399240](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC9399240/). DOI: [10.1038/s41598-022-18417-z](https://doi.org/10.1038/s41598-022-18417-z)

10. Bridwell, K. H., Lewis, S. J., Edwards, C., Lenke, L. G., Iffrig, T. M., Berra, A., Baldus, C. & Blanke, K. (2003). Complications and outcomes of pedicle subtraction osteotomies for fixed sagittal imbalance. *Spine (Phila Pa 1976)*. 28(18), 2093–2101. PMID: 14501920. DOI: [10.1097/01.BRS.0000090891.60232.70](https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000090891.60232.70)

11. Butt, M. F., Farooq, M., Mir, B., Dhar, A. S., Hussain, A. & Mumtaz, M. (2007). Management of unstable thoracolumbar spinal injuries by posterior short segment spinal fixation. *Int. Orthop.* 31, 259–264. PMID: 16783550. PMCID: [PMC2267576](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC2267576/). DOI: [10.1007/s00264-006-0161-4](https://doi.org/10.1007/s00264-006-0161-4)

12. Pao, J. L., Chen, W. C. & Chen, P. Q. (2009). Clinical outcomes of microendoscopic decompressive laminotomy for degenerative lumbar spinal stenosis. *Eur. Spine J.* 18(5), 672–678. PMID: 19238459. PMCID: [PMC3234002](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC3234002/). DOI: [10.1007/s00586-009-0903-2](https://doi.org/10.1007/s00586-009-0903-2)

13. Patel, N., Bagan, B., Vadera, S., Maltenfort, M. G., Deutsch, H., Vaccaro, A. R., Harrop, J., Sharan, A. & Ratliff, J. K. (2007). Obesity and spine

surgery: relation to perioperative complications. *J. Neurosurg Spine*. 6(4) ,291–297. PMID: 17436915. DOI: [10.3171/spi.2007.6.4.1](https://doi.org/10.3171/spi.2007.6.4.1)

14. Lee, M. J., Cizik, A. M., Hamilton, D. & Chapman, J. R. (2014). Predicting medical complications after spine surgery: a validated model using a prospective surgical registry. *Spine J*. 14(2), 291–299. PMID: 24239799 PMCID: [PMC4012388](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC4012388/). DOI: [10.1016/j.spinee.2013.10.043](https://doi.org/10.1016/j.spinee.2013.10.043)

15. Glassman, S. D., Alegre, G., Carreon, L., Dimar, J. R. & Johnson, J. R. (2003). Perioperative complications of lumbar instrumentation and fusion in patients with diabetes mellitus. *Spine J*. 3(6), 496-501. PMID: 14609695. DOI: [10.1016/s1529-9430\(03\)00426-1](https://doi.org/10.1016/s1529-9430(03)00426-1)

16. Glassman, S. D., Hamill, C. L., Bridwell, K. H., Schwab, F. J., Dimar, J. R. & Lowe, T. G. (2007). The impact of perioperative complications on clinical outcome in adult deformity surgery. *Spine*. 32(24), 2764–2770 PMID: 18007258. DOI: [10.1097/BRS.0b013e31815a7644](https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31815a7644)

17. Canale, S. T. & Beaty, J. H. (2012). Campbell's Operative Orthopaedics: Adult Spine Surgery E-Book, 12th Edition. 96 p. https://books.google.com.ua/books/about/Campbell_s_Operative_Orthopaedics_E-Book.html?id=1Bvfn-1ZRWgC&redir_esc=y

18. Farshad, M., Bauer, D. E., Wechsler, C., Gerber, C. & Aichmair, A. (2018). *Risk factors for perioperative morbidity in spine surgeries of different complexities: a multivariate analysis of 1009 consecutive patients*. *The Spine Journal*. 18(9), 1625–1631. PMID: 29452285. DOI: [10.1016/j.spinee.2018.02.003](https://doi.org/10.1016/j.spinee.2018.02.003)

19. Colomina, M. J., Bagó, J., Pérez–Bracchiglione, J., Nishishinya Aquino, M. B., Salas, K. R., Requeijo, C. & Urrútia, G. (2020). Thromboprophylaxis in elective spinal surgery: A protocol for systematic review. *Medicine (Baltimore)*. 99(21), e20127. PMID: **32481281**. PMCID: [PMC7249943](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC7249943/). DOI: [10.1097/MD.00000000000020127](https://doi.org/10.1097/MD.00000000000020127)

20. Rampersaud, Y. R., Annand, N. & Dekutoski, M. B. (2006). Use of minimally invasive surgical techniques in the management of thoracolumbar

trauma: current concepts. *Spine (Phila Pa 1976)*. 31(11 Suppl), 96–102,104. PMID: 16685244. DOI: [10.1097/01.brs.0000218250.51148.5b](https://doi.org/10.1097/01.brs.0000218250.51148.5b)

21. Мезенцев, А. О. (2011). Хірургічне лікування сколіотичних деформацій хребта. Дис. ... д-ра мед. наук. 14.01.021. Харків, 372 с. [https://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN=EC&P21DBN=EC&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=A=&S21COLORTERMS=1&S21STR=%D0%9C%D0%B5%D0%B7%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B5%D0%B2%20%D0%90\\$](https://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN=EC&P21DBN=EC&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=A=&S21COLORTERMS=1&S21STR=%D0%9C%D0%B5%D0%B7%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B5%D0%B2%20%D0%90$)

22. Reis, R. C., de Oliveira, M. F., Rotta, J. M. & Botelho, R. V. (2015). Risk of complications in spine surgery: a prospective study. *Open Orthop. J.* 9, 20–25. PMID: 25674185. PMCID: [PMC4321205](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC4321205/). DOI: [10.2174/1874325001509010020](https://doi.org/10.2174/1874325001509010020)

23. Gautschi, O. P., Schatlo, B., Schaller, K., Tessitore, E. (2011). Clinically relevant complications related to pedicle screw placement in thoracolumbar surgery and their management: a literature review of 35,630 pedicle screws. *Neurosurg Focus*. 31(4), E8. PMID: 21961871. DOI: [10.3171/2011.7.FOCUS11168](https://doi.org/10.3171/2011.7.FOCUS11168)

24. Tang, J., Zhu, Z., Sui, T., Kong, D. & Cao, X. (2014). Position and complications of pedicle screw insertion with or without image-navigation techniques in the thoracolumbar spine: a meta-analysis of comparative studies. *J. Biomed. Res.* 28(3), 228-239. PMID: [25013406](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25013406/). PMCID: PMC4085560. [10.7555/JBR.28.20130159](https://doi.org/10.7555/JBR.28.20130159)

25. Bokov, A., Bulkin, A., Aleynik, A., Kutlaeva, M. & Mlyavykh, S. (2019). Pedicle Screws Loosening in Patients with Degenerative Diseases of the Lumbar Spine: Potential Risk Factors and Relative Contribution. *Global Spine J.* 9(1), 55-61. PMID: 30775209; PMCID: [PMC6362557](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC6362557/). DOI: [10.1177/2192568218772302](https://doi.org/10.1177/2192568218772302)

26. Kavlock, K., Nagaraja, S., Peck, J. (2021). FDA Premarket Review of Orthopedic Spinal Devices. In: Cheng, B.C. (eds) Handbook of Spine Technology.

Springer, Cham. https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-319-44424-6_97

27. Roy–Camille, R., Saillant, G. & Mazel, C. (1986). Plating of thoracic, thoracolumbar, and lumbar injuries with pedicle screw plates. *Orthop. Clin. North Am.* 17(1), 147–159. PMID: 3945476. DOI: [10.1016/S0030-5898\(20\)30425-9](https://doi.org/10.1016/S0030-5898(20)30425-9)

28. Castro, W. H., Halm, H., Jerosch, J., Malms, J., Steinbeck, J. & Blasius, S. (1996). Accuracy of pedicle screw placement in lumbar vertebrae. *Spine (Phila Pa 1976)*. 21(11), 1320–1324. PMID: 8725923. DOI: [10.1097/00007632-199606010-00008](https://doi.org/10.1097/00007632-199606010-00008)

29. Радченко, В. О., Корж, М. О. (2004). Практикум зі стабілізації грудного та поперекового відділів хребта: практикум. Акад. мед. наук України, Ін-т патології хребта та суглобів, Спілка малоінваз. та інструмент. хірургії хребта. – Харків: Прапор, 2004. – 158 с. – ISBN 966–7880–80–X. https://www.researchgate.net/publication/323014191_Praktikum_po_stabilizacii_g_rudnogo_i_poasnicnogo_otdelov_pozvonocnika

30. Vaccaro, A. R., Zeiller, S. C., Hulbert, R. J., Anderson, P. A., Harris, M., Hedlund, R., Harrop, J., Dvorak, M., Wood, K., Fehlings, M. G., Fisher, C., Lehman, R. A. Jr., Anderson, D. G., Bono, C. M., Kuklo, T. & Oner, F. C. (2005). The Thoracolumbar Injury Severity Score: A Proposed Treatment Algorithm. *Clinical Spine Surgery*, 18(3), 209–215. PMID: **15905761**. DOI: [10.1097/01.brs.0000182986.43345.cb](https://doi.org/10.1097/01.brs.0000182986.43345.cb)

31. Librianto, D., Saleh, I., Ipang, F., Aprilya, D. (2022). Freehand Pedicle Screw Insertion in Spondylitis Tuberculosis Kyphosis Correction Using Cantilever Method: A Breach Rate Analysis of 168 Consecutive Screws. *Orthop. Res. Rev.* 14, 17-24. PMID: [35115848](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35115848/). PMCID: [PMC8807407](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC8807407/). DOI: [10.2147/ORR.S349729](https://doi.org/10.2147/ORR.S349729)

32. Alshameeri, Z. A. F., Ahmed, E. & Jasani, V. (2021). Clinical outcome of spine surgery complicated by accidental dural tears: meta-analysis of the literature. *Global Spine J.* 11(3), 400–409. PMID: 32875884. PMCID: [PMC8013939](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC8013939/). DOI: [10.1177/2192568220914876](https://doi.org/10.1177/2192568220914876)

33. Alshameeri, Z. A. F. & Jasani V. (2021). Risk Factors for Accidental Dural Tears in Spinal Surgery. *Int. J. Spine Surg.* 15(3),536–548. PMID: [33986000](#). PMCID: [PMC8176817](#). DOI: [10.14444/8082](#)
34. Sarathy, K., Sarathy, K., Dhawale, A., Rokade, S., Badve, S., Mandlecha, P., Aroojis, A., Mehta, R., & Chaudhary, K. & Nene, A. (2021). Assessment of pedicle screw malposition in uniplanar versus multiplanar spinal deformities in children. *N. Am. Spine Soc. J.* 5, 100049. PMID: 35141615. PMCID: [PMC8820053](#). DOI: [10.1016/j.xnsj.2021.100049](#)
35. Abul–Kasim, K., Karlsson, M. K. & Ohlin, A. (2011). Increased rod stiffness improves the degree of deformity correction by segmental pedicle screw fixation in adolescent idiopathic scoliosis. *Scoliosis.* 6, 13. PMID: 21797999. PMCID: [PMC3158549](#). DOI: [10.1186/1748-7161-6-13](#)
36. Mehta, V. A., Amin, A., Omeis, I., Gokaslan, Z. L. & Gottfried, O. N. (2012). Implications of spinopelvic alignment for the spine surgeon. *Neurosurgery.* 70(3),707–721. PMID: 21937939. DOI: [10.1227/NEU.0b013e31823262ea](#)
37. Sankey, E. W., Mehta, V. A., Wang, T. Y., Than, T. T., Goodwin, C. R., Karikari, I. O., Shaffrey, C. I., Abd–El–Barr, M. M. & Than, K. D. (2020). The medicolegal impact of misplaced pedicle and lateral mass screws on spine surgery in the United States. *Neurosurg Focus.* 49(5), E20. PMID: 33130620. DOI: [10.3171/2020.8.FOCUS20600](#)
38. Christophy, M., Faruk Senan, N. A., Lotz, J. C. & O'Reilly, O. M. (2012). A musculoskeletal model for the lumbar spine. *Biomech Model Mechanobiol.* 11(1–2),1 9–34. PMID: **21318374**. DOI: [10.1007/s10237-011-0290-6](#)
39. Senteler, M., Weisse, B., Rothenfluh, D. A., Farshad, M. T. & Snedeker, J. G. (2017). Fusion angle affects intervertebral adjacent spinal segment joint forces–Model–based analysis of patient specific alignment. *J. Orthop. Res.* 35(1),131–139. PMID: 27364167. DOI: [10.1002/jor.23357](#)

40. Roussouly, P. & Nnadi, C. (2010). Sagittal plane deformity: an overview of interpretation and management. *Eur. Spine J.* 19(11), 1824–1836. PMID: 20567858. PMCID: [PMC2989270](#). DOI: [10.1007/s00586-010-1476-9](#)
41. Lafage, V., Schwab, F., Patel, A., Hawkinson, N. & Farcy, J. P. (2009). Pelvic tilt and truncal inclination: two key radiographic parameters in the setting of adults with spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009 34(17), E599–606. PMID: 19644319. DOI: [10.1097/BRS.0b013e3181aad219](#)
42. Kim, M. K., Lee, S. H., Kim, E. S., Eoh, W., Chung, S. S. & Lee, C. S. (2011). The impact of sagittal balance on clinical results after posterior interbody fusion for patients with degenerative spondylolisthesis: a pilot study. *BMC Musculoskelet Disord.* 12, 69. PMID: **21466688**. PMCID: [PMC3080356](#). DOI: [10.1186/1471-2474-12-69](#)
43. Bridwell, K. H., Glassman, S., Horton, W., Shaffrey, C., Schwab, F., Zebala, L. P., Lenke, L. G., Hilton, J. F., Shainline, M., Baldus, C. & Wooten, D. (2009). Does treatment (nonoperative and operative) improve the two–year quality of life in patients with adult symptomatic lumbar scoliosis: a prospective multicenter evidence–based medicine study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 34(20), 2171–2178. PMID: 19752703. DOI: [10.1097/BRS.0b013e3181a8fdc8](#)
44. Smith, J. S., Klineberg, E., Lafage, V., Shaffrey, C. I., Schwab, F., Lafage, R., Hostin, R., Mundis, G. M. Jr., Errico, T. J., Kim, H. J., Protopsaltis, T. S., Hamilton, D. K., Scheer, J. K., Soroceanu, A., Kelly, M. P., Line, B., Gupta, M., Deviren, V., Hart, R., Burton, D. C., Bess, S. & Ames, C. P. (2016). International Spine Study Group. Prospective multicenter assessment of perioperative and minimum 2–year postoperative complication rates associated with adult spinal deformity surgery. *J. Neurosurg. Spine.* 25(1), 1–14. PMID: 26918574. DOI: [10.3171/2015.11.SPINE151036](#)
45. Bassani, T., Casaroli, G. & Galbusera, F. (2019). Dependence of lumbar loads on spinopelvic sagittal alignment: An evaluation based on musculoskeletal modeling. *PLoS One.* 14(3), e0207997. PMID: **30883563**. PMCID: [PMC6422292](#). DOI: [10.1371/journal.pone.0207997](#)

46. Caprara, S., Moschini, G., Snedeker, J. G., Farshad, M. & Senteler, M. (2020). Spinal sagittal alignment goals based on statistical modelling and musculoskeletal simulations. *J. Biomech.* 102, 109621. PMID: 31959392. DOI: [10.1016/j.jbiomech.2020.109621](https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2020.109621)
47. Deyo, R. A. (2015). Fusion surgery for lumbar degenerative disc disease: still more questions than answers. *Spine J.* 15(2), 272–274. PMID: 25598279. DOI: [10.1016/j.spinee.2014.11.004](https://doi.org/10.1016/j.spinee.2014.11.004)
48. Baranowska, A., Baranowska, J. & Baranowski, P. (2016). Analysis of Reasons for Failure of Surgery for Degenerative Disease of Lumbar Spine. *Ortop Traumatol Rehabil.* 18(2), 117–129. PMID: 28155820. DOI: [10.5604/15093492.1205004](https://doi.org/10.5604/15093492.1205004)
49. Wang, S. K., Wang, P., Li, X. Y., Kong, C., Niu, J. Y. & Lu, S. B. (2022). Incidence and risk factors for early and late reoperation following lumbar fusion surgery. *J. Orthop. Surg. Res.* 17(1), 385. PMID: [35962390](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35962390/). PMCID: [PMC9373505](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC9373505/). DOI: [10.1186/s13018-022-03273-4](https://doi.org/10.1186/s13018-022-03273-4)
50. Traynelis, V. C. (2002). Spinal arthroplasty. *Neurosurg Focus.* 13(2), E10. PMID: 15916394. DOI: [10.3171/foc.2002.13.2.11](https://doi.org/10.3171/foc.2002.13.2.11)
51. Radchenko, V. O., Piontkovsky, V. K., Kosterin, S. B., & Dedukh, N. V. (2017). Intervertebral disc: degeneration, stages of hernia formation and molecular profile (literature review). *Orthopedics, traumatology and prosthetics.* 4(609), 99–106. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872017499-106>
52. Daniell, J. R. & Osti, O. L. (2018). Failed Back Surgery Syndrome: A Review Article. *Asian Spine J.* 12(2), 372–379. PMID: 29713421. PMCID: [PMC5913031](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC5913031/). DOI: [10.4184/asj.2018.12.2.372](https://doi.org/10.4184/asj.2018.12.2.372)
53. Louie, P. K., Varthi, A. G., Narain, A. S., Lei, V., Bohl, D. D., Shifflett, G. D. & Phillips, F. M. (2018). Stand-alone lateral lumbar interbody fusion for the treatment of symptomatic adjacent segment degeneration following previous lumbar fusion. *Spine J.* 18(11), 2025–2032. PMID: 29679730. DOI: [10.1016/j.spinee.2018.04.008](https://doi.org/10.1016/j.spinee.2018.04.008)

54. Радченко, В. О., Леонтьєва, Ф. С., Туляков, В. О., Скіданов, М. А., Скіданов, А. Г. & Нікольченко О. А. (2021). Моделювання дегенеративних змін у паравертебральних м'язах для вивчення їхнього впливу на розвиток захворювань хребта. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 1(622), 62-68. <https://doi.org/10.15674/0030-59872021162-68>

55. Xu, C., Ni, W. F., Tian, N. F., Hu, X.-Q., Li, F., Xu, H.-Z. (2013). Complications in degenerative lumbar disease treated with a dynamic interspinous spacer (Coflex). *International Orthopaedics (SICOT)*. 37(11), 2199–2204. PMCID: PMC3824901. PMID: [PMC3824901](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24094910/). DOI: [10.1007/s00264-013-2006-2](https://doi.org/10.1007/s00264-013-2006-2)

56. Deletis, V. & Sala, F. (2008). Intraoperative neurophysiological monitoring of the spinal cord during spinal cord and spine surgery: a review focus on the corticospinal tracts. *Clin Neurophysiol*. 2008 Feb;119(2):248–64. PMID: 18053764. DOI: [10.1016/j.clinph.2007.09.135](https://doi.org/10.1016/j.clinph.2007.09.135)

57. Azabou, E., Manel, V., Andre-Obadia, N., Fischer, C., Mauguiere, F., Peiffer, C., Lofaso, F. & Shils, J. L. (2013). Optimal parameters of transcranial electrical stimulation for intraoperative monitoring of motor evoked potentials of the tibialis anterior muscle during pediatric scoliosis surgery. *Neurophysiol. Clin*. 43(4), 243–50. PMID: 24094910. DOI: [10.1016/j.neucli.2013.08.001](https://doi.org/10.1016/j.neucli.2013.08.001)

58. Biscevic, M., Sehic, A., & Krupic, F. (2020). Intraoperative neuromonitoring in spine deformity surgery: modalities, advantages, limitations, medicolegal issues – surgeons' views. *EFORT Open Rev*. 5(1), 9–16. PMID: 32071769. PMCID: [PMC7017597](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32071769/). DOI: [10.1302/2058-5241.5.180032](https://doi.org/10.1302/2058-5241.5.180032)

59. Reddy, R. P., Chang, R., Rosario, B. P., Sudadi, S., Anetakis, K. M., Balzer, J. R., Crammond, D. J., Shaw, J. D. & Thirumala, P. D. (2021). What is the predictive value of intraoperative somatosensory evoked potential monitoring for postoperative neurological deficit in cervical spine surgery? – a meta-analysis. *Spine J*. 21(4), 555–570. PMID: 33460808. DOI: [10.1016/j.spinee.2021.01.010](https://doi.org/10.1016/j.spinee.2021.01.010)

60. Allam, Y., Silbermann, J., Riese, F. & Greiner-Perth, R. (2013). Computer tomography assessment of pedicle screw placement in thoracic spine: comparison between free hand and a generic 3D-based navigation techniques. *Eur.*

Spine J. 22(3), 648–53. PMID: 23007929. PMCID: [PMC3585621](#). DOI: [10.1007/s00586-012-2505-7](#)

61. Fichtner, J., Hofmann, N., Rienmüller, A., Buchmann, N., Gempt, J., Kirschke, J. S., Ringel, F., Meyer, B. & Ryang, Y. M. (2018). Revision Rate of Misplaced Pedicle Screws of the Thoracolumbar Spine—Comparison of Three-Dimensional Fluoroscopy Navigation with Freehand Placement: A Systematic Analysis and Review of the Literature. *World Neurosurg.* 109, e24–e32. PMID: 28951183. DOI: [10.1016/j.wneu.2017.09.091](#)

62. Baldwin, K. D., Kadiyala, M., Talwar, D., Sankar, W. N., Flynn, J. M. & Anari, J. B. (2022). Does intraoperative CT navigation increase the accuracy of pedicle screw placement in pediatric spinal deformity surgery? A systematic review and meta-analysis. *Spine Deform.* 10, 19–29. PMID: 34251607. DOI: [10.1007/s43390-021-00385-5](#)

63. Saarinen, A. J., Suominen, E. N., Helenius, L., Syvänen, J., Raitio, A. & Helenius, I. (2022). Intraoperative 3D Imaging Reduces Pedicle Screw Related Complications and Reoperations in Adolescents Undergoing Posterior Spinal Fusion for Idiopathic Scoliosis: A Retrospective Study. *Children (Basel)*. 9(8):1129. PMID: [36010020](#). PMCID: PMC9406950. DOI: [10.3390/children9081129](#)

64. Cooper, K., Glenn, C. A., Martin, M., Stoner, J., Li, J. & Puckett, T. (2016). Risk factors for surgical site infection after instrumented fixation in spine trauma. *J. Clin. Neurosci.* 23, 123–127. PMCID: [PMC4829110](#). DOI: [10.1016/j.jocn.2015.08.023](#)

65. Ojo, O. A., Owolabi, B. S., Oseni, A. W., Kanu, O. O. & Bankole, O. B. (2016). Surgical site infection in posterior spine surgery. *Niger. J. Clin. Pract.* 19(6), 821–826. PMID: 27811458. DOI: [10.4103/1119-3077.183237](#)

66. Sang, C., Chen, X., Ren, H., [Meng](#), Z., [Jiang](#) J. & [Qin](#), Y. (2020). Correlation between lumbar multifidus fat infiltration and lumbar postoperative infection: a retrospective case-control study. *BMC Surg.* 20, 35–39. PMID: 32093662. PMCID: [PMC7041265](#). DOI: [10.1186/s12893-019-0655-9](#)

67. AlGamdi, S. S., Alawi, M., Bokhari, R., Bajunaid, K., Mukhtar, A. & Baeesa, S. S. (2021). Risk factors for surgical site infection following spinal surgery in Saudi Arabia: A retrospective case–control study. *Medicine (Baltimore)*. 100(17), e25567. PMID: [33907106](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33907106/). PMCID: [PMC8084009](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC8084009/). DOI: [10.1097/MD.00000000000025567](https://doi.org/10.1097/MD.00000000000025567)

68. Spatenkova, V., Bradac, O., Jindrisek, Z., Hradil, J., Fackova, D. & Halacova M. (2021). Risk factors associated with surgical site infections after thoracic or lumbar surgery: a 6–year single centre prospective cohort study. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 16(1), 265. PMID: 33858467. PMCID: [PMC8048320](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC8048320/). DOI: [10.1186/s13018-021-02418-1](https://doi.org/10.1186/s13018-021-02418-1)

69. Spatenkova, V., Bradac, O., Mareckova, Z., Suchomel, P., Hradil, J., Kuriscak, E. & Halacova, M. (2023). Incidence of surgical site infections after cervical spine surgery: results of a single-center cohort study adhering to multimodal preventive wound control protocol. *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol*. 33(5), 1997-2004. PMID: [36102993](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36102993/), PMCID: [PMC10276122](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC10276122/). DOI: [10.1007/s00590-022-03379-9](https://doi.org/10.1007/s00590-022-03379-9)

70. Радченко, В. О. & Скіданов, А. Г. (2018). Клінічні ознаки прогнозування результатів хірургічного лікування пацієнтів з дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта. *Травма*. 19(3), 81–88. <http://www.mif-ua.com/archive/article/46200>

71. Стучинська, Н. В., Микитенко, П. В., Кучеренко, І. І., & Мельник, О. М. (2025). Доказова медицина як складова професійної підготовки майбутнього лабораторного діагноста. *Медицина та фармація: освітні дискурси*, (2), 56–63. <https://doi.org/10.32782/eddiscourses/2025-2-9>

72. Lopez, I. B., Benzakour, A., Mavrogenis, A., Benzakour, T., Ahmad, A. & Lemée, J. M. (2023). Robotics in spine surgery: systematic review of literature. *Int. Orthop*. 47(2), 447–456. PMID: 35849162. DOI: [10.1007/s00264-022-05508-9](https://doi.org/10.1007/s00264-022-05508-9)

73. Arim, O., Alshalcy, A., Shakir, M., Agha, O. & Alhamdany, H. (2024). Transpedicular Screw Fixation In Degenerative Lumbosacral Spine Disease

Surgical Outcome. *Georgian Med. News.* 348, 117-121. PMID: 38807404.
https://www.geomednews.com/Articles/2024/3_2024/117-121.pdf

74. Burch, M. B., Wiegers, N. W., Patil, S. & Nourbakhsh, A. (2020). Incidence and risk factors of reoperation in patients with adjacent segment disease: A meta-analysis. *J. Craniovertebr. Junction Spine.* 11(1), 9-16. PMID: **32549706**. PMCID: [PMC7274364](#). DOI: [10.4103/jcvjs.JCVJS_10_20](#)

75. Sagheboud, S., Zare, R., Chaurasia, B., Vakilzadeh, M. M., Yousefi, O., Boustani, M. R. (2023). Dynamic Rod Constructs as the Preventive Strategy against Adjacent Segment Disease in Degenerative Lumbar Spinal Disorders: A Retrospective Comparative Cohort Study. *Arch. Bone. Jt. Surg.* 11(6), 404-413. PMID: **37404298**. PMCID: [PMC10314982](#). DOI: [10.22038/ABJS.2022.68498.3239](#)

76. Барков, О. О., Малик, Р. В. & Карпінська, О. Д. (2023а). Дослідження навантаження у крижово-клубовому зчленуванні при динамічній симуляції рухів у поперековому відділі хребта на скелетно-м'язових моделях після виконання заднього бісегментарного спондилодезу. *Травма.* 24(2), 54-59. DOI: <https://doi.org/10.22141/1608-1706.2.24.2023.944>

77. Барков, О. О., Малик, Р. В. & Карпінська, О. Д. (2023б). Дослідження навантаження тіла хребця L4 при динамічній симуляції рухів у поперековому відділі хребта на скелетно-м'язових моделях після виконання заднього бісегментарного спондилодезу. *Ортопедія, травматологія та протезування.* (3), 13-18. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872023333-18>

78. Di Capua, J., Somani, S., Kim, J. S., Phan, K., Lee, N. J., Kothari, P. & Cho, S. K. (2017). Analysis of Risk Factors for Major Complications Following Elective Posterior Lumbar Fusion. *Spine (Phila Pa 1976).* 42(17), 1347-1354. PMID: 28146019. DOI: [10.1097/BRS.0000000000002090](#)

79. Hijji, F. Y., Narain, A. S., Bohl, D. D., Ahn, J., Long, W. W., DiBattista, J. V., Kudaravalli, K. T. & Singh, K. (2017). Lateral lumbar interbody fusion: a systematic review of complication rates. *Spine J.* 17(10), 1412-1419. PMID: 28456671. DOI: [10.1016/j.spinee.2017.04.022](#)

80. Louie, P. K., Harada, G. K., Sayari, A. J., Mayo, B. C., Khan, J. M., Varthi, A. G., Yacob, A. & Samartzis, D. & An, H. S. (2020). Etiology–Based Classification of Adjacent Segment Disease Following Lumbar Spine Fusion. *HSS J.* 16(2), 130–136. PMID: 32523480. PMCID: [PMC7253547](#). DOI: [10.1007/s11420-019-09723-w](#)

81. Петренко, Д. Є., Мезенцев, А. О., Демченко, О. В. & Барков, О. О. (2013). Верифікація методу визначення протяжності фіксації хребта під час виконання вентрального коригувального спондилодезу. *Ортопедія, травматологія та протезування*, (3(592)), 5–8. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-5987201335-8>

82. Takata, V., Balestrieri, J., Neto, P., Garcia, R., Filho, I., Boer, L. & Nogueira, F. (2023). Comparative Study of the Complications of Pedicular Screw Fixation Techniques in the Thoracolumbar Spine: A Systematic Review. *Open Journal of Orthopedics*. 13, 343–353. DOI: [10.4236/ojo.2023.138034](#).

83. Zhao, Q., Zhang, H., Hao, D., Guo, H., Wang, B. & He, B. (2018). Complications of percutaneous pedicle screw fixation in treating thoracolumbar and lumbar fracture. *Medicine (Baltimore)*. 97(29), e11560 PMID: 30024554. PMCID: [PMC6086516](#). DOI: [10.1097/MD.00000000000011560](#)

84. Tanaka, M., Kadiri, V., Sonawane, S., Uotani, K., Arataki, S., Fujiwara, Y., Oda, Y., Yamauchi, T. & Takigawa T. (2021). Comparative evaluation of screw accuracy and complications of new C–arm free O–arm navigated minimally invasive cervical pedicle screw fixation (MICEPS) with conventional cervical screw fixation. *Interdisciplinary Neurosurg.* 25, 101278. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.inat.2021.101278>

85. Vardiman, A. B., Wallace, D. J., Crawford, N. R., Rigglesman, J. R., Ahrendtsen, L. A. & Ledonio, C. G. (2020). Pedicle screw accuracy in clinical utilization of minimally invasive navigated robot–assisted spine surgery. *J. Robot. Surg.* 14(3), 409–413. PMID: 31321615. PMCID: [PMC7237509](#). DOI: [10.1007/s11701-019-00994-3](#)

86. Kwan, M. K., Loh, K. W., Chung, W. H., Chiu, C. K., Hasan, M. S. & Chan, C. Y. W. (2021). Perioperative outcome and complications following single-staged Posterior Spinal Fusion (PSF) using pedicle screw instrumentation in Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS): a review of 1057 cases from a single centre. *BMC Musculoskelet. Disord.* 22(1), 413. PMID: 33947368. PMCID: [PMC8097957](#). DOI: [10.1186/s12891-021-04225-5](#)
87. Zhao, Q., Zhang, H., Hao, D., Guo, H., Wang, B. & Ele B. (2018) Complicações da fixação do parafuso pedicular percutanea no tratamento da fratura toracolombar e lombar. *Medicina (Baltimore)*. 97, e11560. PMCID: [PMC6086516](#). DOI: [10.1097/MD.00000000000011560](#)
88. Galbusera, F., Volkheimer, D., Reitmaier, S., Berger-Roscher, N., Kienle, A. & Wilke, H. J. (2015). Pedicle screw loosening: a clinically relevant complication? *Eur. Spine J.* 24(5), 1005–1016. PMID: 25616349. DOI: [10.1007/s00586-015-3768-6](#)
89. Berjano, P., Bassani, R., Casero, G., Sinigaglia, A., Cecchinato, R. & Lamartina, C. (2013). Failures and revisions in surgery for sagittal imbalance: analysis of factors influencing failure. *Eur. Spine J.* 22 (Suppl 6), S853–858. PMID: [24061972](#). PMCID: [PMC3830040](#). DOI: [10.1007/s00586-013-3024-x](#)
90. Bredow, J., Boese, C. K., Werner, C. M., Siewe, J., Löhrer, L., Zarghooni, K., Eysel, P. & Scheyerer, M. J. (2016). Predictive validity of preoperative CT scans and the risk of pedicle screw loosening in spinal surgery. *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 136(8), 1063–1067. PMID: 27312862. [10.1007/s00402-016-2487-8](#)
91. Tarawneh, A. M., & Salem, K. M. I. (2021). A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials Comparing the Accuracy and Clinical Outcome of Pedicle Screw Placement Using Robot-Assisted Technology and Conventional Freehand Technique. *Global Spine Journal.* 11(4), 575–586. PMID: 32677515. PMCID: [PMC8119930](#). DOI: [10.1177/2192568220927713](#)
92. Gao, S., Li, Z., Li, X., Rudd, S., Wang, H., Gao, Z., Ding, W., & Yang, S. (2023). The treatment effect of posterior lumbar fusion surgery on patients

suffering from lumbar disc herniation concurrent with peroneal nerve paralysis. *Frontiers in Surgery*, 9, 1063528. PMID: [36684276](#). PMCID: PMC9852713. DOI: [10.3389/fsurg.2022.1063528](#)

93. Cristea, A., Heijnen, B. F. J., Park, S. W., Krutko, A., Santos, C., Senker, W., Arzoglou, V., & Pereira, P. (2025). Neuropathic pain appears to be the main symptom associated with higher disease burden and lower pain alleviation in degenerative lumbar disease fusion patients. *Brain and Spine*, 5, 104224. PMID: 40115870. PMCID: [PMC11925177](#). DOI: [10.1016/j.bas.2025.104224](#)

94. Cannizzaro, D., Anania, C. D., Safa, A., Zaed, I., Morengi, M., Riva, M., Tomei, M., Pessina, F., Servadei, F., Ortolina, A., & Fornari, M. (2023). Lumbar adjacent segment degeneration after spinal fusion surgery: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Neurosurgical Sciences*. 67(6), 740–749). PMID: 36345970. DOI: [10.23736/S0390-5616.22.05891-X](#)

95. Kang, Y., Liu, C., Wang, M., Wang, C., Yan, Y. G., & Wang, W. J. (2021). A novel rat model of interbody fusion based on anterior lumbar corpectomy and fusion (ALCF). *BMC Musculoskeletal Disorders*, 22(1), 965. DOI: [10.1186/s12891-021-04822-4](#)

96. Wawrose, R. A., Couch, B. K., Dombrowski, M., Chen, S. R., Oyekan, A., Dong, Q., Wang, D., Zhou, C., Chen, J., Modali, K., Johnson, M., Sedor-Schiffhauer, Z., Hitchens, T. K., Jin, T., Bell, K. M., Lee, J. Y., Sowa, G. A., & Vo, N. V. (2022). Percutaneous lumbar annular puncture: A rat model to study intervertebral disc degeneration and pain-related behavior. *JOR Spine*, 5(2), e1202. PMID: [35783914](#). PMCID: PMC9238283. DOI: [10.1002/jsp2.1202](#)

97. Li, Y., Dai, C., Wu, B., Yang, L., Yan, X., Liu, T., Chen, J., Zheng, Z., & Peng, B. (2024). Intervertebral disc injury triggers neurogenic inflammation of adjacent healthy discs. *Spine Journal*, 24(8), 1527–1537. PMID: 38608821. DOI: [10.1016/j.spinee.2024.04.002](#)

98. Skidanov, A., Ashukina, N., Maltseva, V., Skidanov, M., Danyshchuk, Z., & Radchenko, V. (2024). The relationship between structural

changes in paraspinal muscles and intervertebral disc and facet joint degeneration in the lumbar spine of rats. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s13018-024-04548-8>

99. Радченко, В. О., Скіданов, М. А., Ашукіна, Р. О., Мальцева, В. Є., Скіданов, А. Г. & Барков, О. О. (2022). Сучасні підходи до моделювання *In Vivo* дегенеративних захворювань хребта. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 1–2(626-627), 108–117. DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-598720221-2108-117>

100. Shehab, S., Hamad, M. I. K., & Emerald, B. S. (2024). A novel approach to completely alleviate peripheral neuropathic pain in human patients: insights from preclinical data. In *Frontiers in Neuroanatomy* (Vol. 18). Front Neuroanat. <https://doi.org/10.3389/fnana.2024.1523095>

101. Zou, D., Sun, Z., Zhou, S., Zhong, W. & Li, W. (2020). Hounsfield units value is a better predictor of pedicle screw loosening than the T-score of DXA in patients with lumbar degenerative diseases. *Eur. Spine J.* 29(5), 1105–1111. PMID: 32211997. DOI: [10.1007/s00586-020-06386-8](https://doi.org/10.1007/s00586-020-06386-8)

102. Sahri, I. E., Tlemcani, Z. C., Akroud, S. E., Cherif, E. A. A. & Gazzaz, M. (2023). Accuracy and Safety of Fluoroscopy-Assisted Transpedicular Screw Insertion in Thoracolumbar Spine Surgery: Evaluation of 122 Screws. *Asian J. Neurosurg.* 18(1), 12–16. PMID: 37056880. PMCID: [PMC10089733](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC10089733/). DOI: [10.1055/s-0043-1763523](https://doi.org/10.1055/s-0043-1763523)

103. Kothari, A. R., Katkade, S. M., Bhilare, P. D., Aiyer, S., Situt, N. V., Hadgaonkar, S. R., Shyam, A. & Sancheti, P. K. (2023). "Critical pedicle wall" breaches analysis in complex spinal deformity using O-arm navigation. *Surg. Neurol. Int.* 14, 30. PMID: 37810315. PMCID: [PMC10559569](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC10559569/). DOI: [10.25259/SNI_437_2023](https://doi.org/10.25259/SNI_437_2023)

104. Sanjay, D., Bhardwaj, J. S., Kumar, N. & Chanda, S. (2022). Expandable pedicle screw may have better fixation than normal pedicle screw: preclinical investigation on instrumented L4-L5 vertebrae based on various

physiological movements. *Med. Biol. Eng. Comput.* 60(9), 2501-2519. PMID: 35773610. DOI: [10.1007/s11517-022-02625-w](https://doi.org/10.1007/s11517-022-02625-w)

105. Lange, N., Meyer, B. & Meyer, H. S. (2021). Navigation for surgical treatment of disorders of the cervical spine – A systematic review. *J. Orthop. Surg. (Hong Kong)*. 29(1_suppl), 23094990211012865. PMID: 34711079. DOI: [10.1177/23094990211012865](https://doi.org/10.1177/23094990211012865)

106. Agarwal, A., Schultz, C., Goel, V. K., Agarwal, A., Anand, N., Garfin, S. R. & Wang, J. C. (2018). Implant Prophylaxis: The Next Best Practice Toward Asepsis in Spine Surgery. *Global Spine J.* 8(7), 761–765. PMID: 30443488. PMCID: [PMC6232723](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC6232723/). DOI: [10.1177/2192568218762380](https://doi.org/10.1177/2192568218762380)

107. Agarwal, A., Schultz, C., Agarwal, A. K., Wang, J. C., Garfin, S.R. & Anand, N. (2019). Harboring Contaminants in Repeatedly Reprocessed Pedicle Screws. *Global Spine J.* 9(2), 173–178. PMID: 30984497. PMCID: [PMC6448207](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC6448207/). DOI: [10.1177/2192568218784298](https://doi.org/10.1177/2192568218784298)

108. Bratschitsch, G., Puchwein, P., Zollner–Schwetz, I., Sadoghi, P., Radl, R., Leithner, A. & Leitner, L. (2022). Spinal Surgery Site Infection Leading to Implant Loosening is Influenced by the Number of Prior Operations. *Global Spine J.* 12(3), 458–463. PMID: 32954814. PMCID: [PMC9121164](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC9121164/). DOI: [10.1177/2192568220957268](https://doi.org/10.1177/2192568220957268)

109. Addevico, F., Morandi, M., Scaglione, M. & Solitro, G. F. (2024). Screw insertion torque as parameter to judge the fixation. Assessment of torque and pull-out strength in different bone densities and screw pitches. *Clin. Biomech.* 72, 130-135. PMID: **31864036**. DOI: [10.1016/j.clinbiomech.2019.12.004](https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2019.12.004)

110. Kim, C. J., Son, S. M., Choi, S. H., Ryu, D. & Lee, C. (2022). Spinal stability analysis of lumbar interbody fusion according to pelvic type and cage angle based on simplified spinal model with various pelvic indices. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 10, 1002276. PMID: 36277403; PMCID: [PMC9585289](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC9585289/). DOI: [10.3389/fbioe.2022.1002276](https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.1002276)

111. Skidanov, A. G., Duplii, D. R., Kotulsky, I. V., Barkov, O. O., Kys, A. V., Piontkovsky, V. K. & Radchenko, V. O. (2015). Functional state of

back muscles in patients with degenerative diseases of the spine. *Orthopedics, traumatology and prosthetics*. 4(601), 59–68. DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872015459-68>

112. Khan, B., Shah, S., Khan, A., Ali, H. Ullah, A. Ullah, I., Haqqani, U. & Uliqbal, R. (2024). Revision Lumbar Spine Surgeries: An Early Career Neurosurgery Experience. *Cureus*. 16 (4), e57371. PMID: 38694641. PMCID: [PMC11061775](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC11061775/). DOI: [10.7759/cureus.57371](https://doi.org/10.7759/cureus.57371)

113. Hersey, A. E., Durand, W. M., Eltorai, A. E. M., DePasse, J. M. & Daniels, A. H. (2019). Longer Operative Time in Elderly Patients Undergoing Posterior Lumbar Fusion Is Independently Associated with Increased Complication Rate. *Global Spine J.* 9(2), 179-184. PMID: 30984498. PMCID: [PMC6448197](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC6448197/). DOI: [10.1177/2192568218789117](https://doi.org/10.1177/2192568218789117)

114. Camino Willhuber, G., Elizondo, C. & Slullitel, P. (2019). Analysis of Postoperative Complications in Spinal Surgery, Hospital Length of Stay, and Unplanned Readmission: Application of Dindo-Clavien Classification to Spine Surgery. *Global Spine J.* 9(3), 279-286. PMID: 31192095. PMCID: [PMC6542169](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC6542169/). DOI: [10.1177/2192568218792053](https://doi.org/10.1177/2192568218792053)

115. Smith, J. S., Klineberg, E., Lafage, V., Shaffrey, C. I., Schwab, F., Lafage, R., Hostin, R., Mundis, G. M. Jr., Errico, T. J., Kim, H. J., Protosaltis, T. S., Hamilton, D. K., Scheer, J. K., Soroceanu, A., Kelly, M. P., Line, B., Gupta, M., Deviren, V., Hart, R., Burton, D. C., Bess, S. & Ames, C. P. (2016). Prospective multicenter assessment of perioperative and minimum 2-year postoperative complication rates associated with adult spinal deformity surgery. *J. Neurosurg. Spine*. 25(1), 1-14. PMID: 26918574. DOI: [10.3171/2015.11.SPINE151036](https://doi.org/10.3171/2015.11.SPINE151036)

116. Sarwahi, V., Ayan, S., Amaral, T. [Wendolowski, S.](#), [Gecelter, R.](#) & [Thornhill, B.](#) (2017). Can Postoperative Radiographs Accurately Identify Screw Misplacements? *Spine Deform*, 5, 109–116 PMID: 28259262. DOI: [10.1016/j.jspd.2016.10.007](https://doi.org/10.1016/j.jspd.2016.10.007)

117. Meng, X. T., Guan, X. F., Zhang, H. L. & He, S. S. (2016). Computer navigation versus fluoroscopy-guided navigation for thoracic pedicle screw placement: a meta-analysis. *Neurosurg. Rev.* 39(3), 385-391. PMID: 26686852. DOI: [10.1007/s10143-015-0679-2](https://doi.org/10.1007/s10143-015-0679-2)
118. Shimokawa, N. & Takami, T. (2017). Surgical safety of cervical pedicle screw placement with computer navigation system. *Neurosurg. Rev.* 40(2), 251-258. PMID: [27245606](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27245606/). PMCID: PMC5350208. DOI: [10.1007/s10143-016-0757-0](https://doi.org/10.1007/s10143-016-0757-0)
119. Du, J. P., Fan, Y., Wu, Q. N., Wang, D. H., Zhang, J. & Hao, D. J. (2018). Accuracy of Pedicle Screw Insertion Among 3 Image-Guided Navigation Systems: Systematic Review and Meta-Analysis. *World Neurosurg.* 109, 24–30.
120. Garg, B., Gupta, M., Singh, M. & Kalyanasundaram, D. (2019). Outcome and safety analysis of 3D-printed patient-specific pedicle screw jigs for complex spinal deformities: a comparative study. *Spine J.* 19(1), 56-64. PMID: 29730456. DOI: [10.1016/j.spinee.2018.05.001](https://doi.org/10.1016/j.spinee.2018.05.001)
121. Cai, X. Y., Sun, M. S., Huang, Y. P., Liu, Z. X., Liu, C. J., Du, C. F. & Yang, Q. (2020). Biomechanical Effect of L₄-L₅ Intervertebral Disc Degeneration on the Lower Lumbar Spine: A Finite Element Study. *Orthop. Surg.* 12(3), 917-930. PMID: 32476282; PMCID: [PMC7307239](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC7307239/). DOI: [10.1111/os.12703](https://doi.org/10.1111/os.12703)
122. Lo, H. J., Chen, H. M., Kuo, Y. J., Yang, S. W. (2020). Effect of different designs of interspinous process devices on the instrumented and adjacent levels after double-level lumbar decompression surgery: A finite element analysis. *PLoS One.* 15(12), e0244571. PMID: 33378405; PMCID: [PMC7773253](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC7773253/). DOI: [10.1371/journal.pone.0244571](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244571)
123. Kudo, N., Yamada, Y., Xiang, X., Nakamura, H., Akiyama, Y. (2022). Concept of mathematical modeling of lumbar and thoracic spine based on elastic beam theory. *Journal of Biomechanical Science and Engineering.* 17(2), 21-00331-21-00331. DOI: [10.1299/jbse.21-00331](https://doi.org/10.1299/jbse.21-00331) Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/358494200_Concept_of_mathematical_modeling_of_lumbar_and_thoracic_spine_based_on_elastic_beam_theory

124. Lu, H., Zhang, Q., Ding, F., Wu, Q. & Liu, R. (2022). Establishment and validation of a T12-L2 3D finite element model for thoracolumbar segments. *Am. J. Transl. Res.* 14(3), 1606-1615. PMID: 35422943. PMCID: [PMC8991124](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35422943/). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35422943/>

125. Lerchl, T., Nispel, K., Baum, T., Bodden, J., Senner, V. & Kirschke, J. S. (2023). Multibody Models of the Thoracolumbar Spine: A Review on Applications, Limitations, and Challenges. *Bioengineering (Basel)*. 10(2), 202. PMID: 36829696. PMCID: [PMC9952620](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36829696/). DOI: [10.3390/bioengineering10020202](https://doi.org/10.3390/bioengineering10020202)

126. Pradeep, K. & Pal, B. (2023). Biomechanical and clinical studies on lumbar spine fusion surgery: a review. *Med. Biol. Eng. Comput.* 61(3), 617-634. PMID: 36598676. DOI: [10.1007/s11517-022-02750-6](https://doi.org/10.1007/s11517-022-02750-6)

127. Zhang, S., Zhang, Y., Huang, L., Zhang, S., Lu, C., Liu, Z., Kang, C. & Wang, Z. (2023). Oblique lateral interbody fusion with internal fixations in the treatment for cross-segment degenerative lumbar spine disease (L2-3 and L4-5) finite element analysis. *Sci. Rep.* 2023. 13(1), 17116. PMID: [37816744](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37816744/). PMCID:[PMC10564781](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37816744/). DOI: [10.1038/s41598-023-43399-x](https://doi.org/10.1038/s41598-023-43399-x) Erratum in: Zhang, S., Zhang, Y., Huang, L., Zhang, S., Lu, C., Liu, Z., Kang, C. & Wang, Z. (2023). Oblique lateral interbody fusion with internal fixations in the treatment for cross-segment degenerative lumbar spine disease (L2-3 and L4-5) finite element analysis. *Sci. Rep.* 2023. 13(1), 19412. PMID: 37938629. DOI: [10.1038/s41598-023-46704-w](https://doi.org/10.1038/s41598-023-46704-w)

128. Lu, H., Han, S., Liu, R. & Ma, X. (2024). Accuracy of mapping results of thoracolumbar vertebral fracture verified using finite element analysis. *Am. J. Transl. Res.* 16(4), 1145-1154. PMID: 38715814. PMCID: [PMC11070374](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38715814/). DOI: [10.62347/BVDL1541](https://doi.org/10.62347/BVDL1541)

129. Perdomo-Pantoja, A., Ishida, W., Zygourakis, C., Holmes, C., Iyer, R. R., Cottrill, E., Theodore, N., Witham, T. F. & Lo, S. L. (2019). Accuracy of Current Techniques for Placement of Pedicle Screws in the Spine: A Comprehensive Systematic Review and Meta-Analysis of 51,161 Screws. *World Neurosurg.* 126, 664-678.e3. PMID: 30880208. DOI: [10.1016/j.wneu.2019.02.217](https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.02.217)

130. Liu, Y., Li, X., Chen, T., Chen, J., Zhu, Y., Chu, G., Yang, H. & Jiang, W. (2023). Minimally invasive percutaneous new designed transpedicular lag-screw fixation for the management of Hangman fracture using O-arm-based navigation: a clinical study. *BMC Musculoskelet. Disord.* 24(1), 494–498. PMID: **37322465**. PMCID: [PMC10268533](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC10268533/). DOI: [10.1186/s12891-023-06614-4](https://doi.org/10.1186/s12891-023-06614-4)
131. Liang, D., Deng, X., Qian, J., Han, F., Zhou, K. (2021). Comparison of different pedicle screw fixation schemes in the treatment of neurosurgical spinal fractures: systematic review and meta-analysis. *Ann Palliat Med.* 10(12), 12678–12689. PMID: **35016470**. DOI: [10.21037/apm-21-3533](https://doi.org/10.21037/apm-21-3533)
132. Takata, V. C., Balestrieri, J. V. L., Neto, P. B., Garcia, R. E. S., Filho, I. J. Z., Boerm, L. F. R. & Nogueira, F. M. (2023). Comparative Study of the Complications of Pedicular Screw Fixation Techniques in the Thoracolumbar Spine: A Systematic Review. *Open Journal of Orthopedics.* 13, 343–353. DOI: [10.4236/ojo.2023.138034](https://doi.org/10.4236/ojo.2023.138034)
133. Shalash, W., Forcier, R., Higgins, A. Z., Giers, M. B. (2024). Cryopreserving the intact intervertebral disc without compromising viability. *JOR Spine.* 7(3), e1351. PMID: 39104830; PMCID: [PMC11299906](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC11299906/). DOI: [10.1002/jsp2.1351](https://doi.org/10.1002/jsp2.1351)
134. Shi, R., Wang, F., Hong, X., Wang, Y. T., Bao, J. P., Liu, L., Wang, X. H., Xie, Z. Y. & Wu, X. T. (2019). Comparison of percutaneous endoscopic lumbar discectomy versus microendoscopic discectomy for the treatment of lumbar disc herniation: a meta-analysis. *Int. Orthop.* 43(4), 923–937. PMID: 30547214. DOI: [10.1007/s00264-018-4253-8](https://doi.org/10.1007/s00264-018-4253-8)
135. Yun, D. J., Park, S. J. & Lee, S. H. (2020). Open Lumbar Microdiscectomy and Posterolateral Endoscopic Lumbar Discectomy for Antero- and Retrospondylolisthesis. *Pain Physician.* 23(4), 393–404. PMID: 32709174. DOI: <https://doi.org/10.36076/ppj.2020/23/393> Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32709174/>
136. Bombieri, F. F., Shafafy, R. & Elsayed, S. (2022). Complications associated with lumbar discectomy surgical techniques: a systematic review. *J. *

Spine Surg. 8(3), 377–389. PMID: [36285095](#). PMC: [PMC9547702](#). DOI: [10.21037/jss-21-59](#)

137. Pan, M., Li, Q., Li, S., Mao, H., Meng, B., Zhou, F., & Yang, H. (2020). Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy: Indications and Complications. *Pain Physician.* 23(1), 49–56. PMID: 32013278. DOI: [10.36076/PPJ.2020/23/49](#) Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32013278/>

138. Tacconi, L., Baldo, S., Merci, G. & Serra, G. (2020). Transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy: outcome and complications in 270 cases. *J. Neurosurg. Sci.* 64(6), 531–536. PMID: 29582973. DOI: [10.23736/S0390-5616.18.04395-3](#)

139. Song, Q. P., Hai, B., Zhao, W. K., Huang, X., Liu, K. X., Zhu, B. & Liu, X.G. (2021). Full–Endoscopic Foraminotomy with a Novel Large Endoscopic Trephine for Severe Degenerative Lumbar Foraminal Stenosis at L₅ S₁ Level: An Advanced Surgical Technique. *Orthop. Surg.* 13(2), 659–668. PMID: 33506594. PMCID: [PMC7957400](#). DOI: [10.1111/os.12924](#)

140. Guan, J., Holland, C. M., Schmidt, M. H., Dailey, A. T., Mahan, M. A. & Bisson, E. F. (2017). Association of low perioperative prealbumin level and surgical complications in long-segment spinal fusion patients: A retrospective cohort study. *Int. J. Surg.* 39, 135-140. PMID: 28126671. DOI: [10.1016/j.ijsu.2017.01.082](#)

141. Fedotova, I. F., Korzh, I. V., Lyzogub, M. V., **Barkov, O. O.** & Piontkovsky, V. K. (2016). Management of orthopedic patients with arterial hypertension in the perioperative period (literature review). *Orthopedics, traumatology and prosthetics.* 3(604), 110–114. DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-598720163110-114>

142. Marengo, N., Ajello, M., Pecoraro, M. F., Pilloni, G., Vercelli, G., Cofano, F., Zenga, F., Ducati, A. & Garbossa, D. (2018). Cortical Bone Trajectory Screws in Posterior Lumbar Interbody Fusion: Minimally Invasive Surgery for Maximal Muscle Sparing-A Prospective Comparative Study with the Traditional

Open Technique. *Biomed. Res. Int.* 2018, 7424568. PMID: **29670905**. PMCID: [PMC5835290](#). DOI: [10.1155/2018/7424568](#).

143. Higgins, J. P. T., Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M. J. & Welch, V. A., editors. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* (Version 6.4). Cochrane; 2023. DOI: <https://training.cochrane.org/handbook>

144. Pan, D., Liu, K., Huang, M., Sun, T. & Zhang, Z. (2024). Multifidus lesions: A possible pathological component in patients with low back pain after posterior lumbar surgery. *Medicine (Baltimore)*. 103(9), e37239. PMID: **38428866**. PMCID: [PMC10906586](#). DOI: [10.1097/MD.00000000000037239](#)

145. Santoni, B. G., Hynes, R. A., McGilvray, K. C., Rodriguez-Canessa, G., Lyons, A. S. & Henson, M. A. (2008). Cortical bone trajectory for lumbar pedicle screws. *Spine J.* 9(5), 366-373. PMID: **18790684**. DOI: [10.1016/j.spinee.2008.07.008](#)

146. Takenaka, S., Mukai, Y., Tateishi, K., Hosono, N., Fuji, T. & Kaito, T. (2017). Clinical Outcomes after Posterior Lumbar Interbody Fusion: Comparison of Cortical Bone Trajectory and Conventional Pedicle Screw Insertion. *Clin. Spine Surg.* 30(10), E1411-E1418. PMID: **28266955**. DOI: [10.1097/BSD.0000000000000514](#)

147. Wang, C. Y., Yuan, H. W., Tian, Z. H. (2018). Comparison results between cortical bone trajectory screw and conventional pedicle screw in posterior lumbar interbody fusion for single-segment degenerative lumbar disease. *J. Clin. Orthop.* 21(4), 444-447. PMCID: PMC10210483. PMID: [37226223](#). DOI: [10.1186/s13018-023-03820-7](#)

148. Nomoto, E. K., Fogel, G. R., Rasouli, A., Bundy, J. V. & Turner, A. W. (2019) Biomechanical Analysis of Cortical Versus Pedicle Screw Fixation Stability in TLIF, PLIF, and XLIF Applications. *Global Spine J.* 9(2), 162-168. PMID: **30984495**. PMCID: [PMC6448199](#). DOI: [10.1177/2192568218779991](#)

149. Sakaura, H., Miwa, T., Yamashita, T., Kuroda, Y. & Ohwada, T. (2016). Posterior lumbar interbody fusion with cortical bone trajectory screw

fixation versus posterior lumbar interbody fusion using traditional pedicle screw fixation for degenerative lumbar spondylolisthesis: A comparative study. *J. Neurosurg. Spine.* 25(5), 591-595. PMID: **27231813**. DOI: [10.3171/2016.3.SPINE151525](https://doi.org/10.3171/2016.3.SPINE151525)

150. Hung, C. W., Wu, M. F., Hong, R. T., Weng, M. J., Yu, G. F. & Kao, C. H. (2016). Comparison of multifidus muscle atrophy after posterior lumbar interbody fusion with conventional and cortical bone trajectory. *Clin. Neurol. Neurosurg.* 145, 41-45. PMID: **27064861**. DOI: [10.1016/j.clineuro.2016.03.005](https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2016.03.005)

151. Calvert, G. C., Lawrence, B. D., Abtahi, A. M., Bachus, K. N. & Brodke, D. S. (2015). Cortical screws used to rescue failed lumbar pedicle screw construct: A biomechanical analysis. *J. Neurosurg. Spine.* 22(2), 166-172. PMID: **25478820**. DOI: [10.3171/2014.10.SPINE14371](https://doi.org/10.3171/2014.10.SPINE14371)

152. Zheng, J., Wu, Y., Guo, C., Fang, X. & Ding, T. (2024). Efficacy and safety of cortical bone trajectory screws versus pedicle screws in lumbar fusion: A systematic review and meta-analysis. *World Neurosurg.* 188, e233-e246. PMID: 38777322. DOI: [10.1016/j.wneu.2024.05.090](https://doi.org/10.1016/j.wneu.2024.05.090)

153. Guo, S., Zhu, K., Yan, M. J., Li, X. H. & Tan, J. (2022). Cortical bone trajectory screws in the treatment of lumbar degenerative disc disease in patients with osteoporosis. *World J. Clin. Cases.* 10(36), 12631-12638. PMID: **36683619**. PMCID: [PMC9850985](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC9850985/). DOI: [10.12998/wjcc.v10.i36.13179](https://doi.org/10.12998/wjcc.v10.i36.13179)

154. Lee, C. Y., Wu, M. H., Li, Y. Y., Cheng, C. C., Hsu, C. H., Huang, T. J. & Hsu, R. W. (2015). Intraoperative computed tomography navigation for transpedicular screw fixation to treat unstable thoracic and lumbar spine fractures: Clinical analysis of a case series (CARE-compliant). *Medicine (Baltimore)*. 94(20), E757-E766. PMID: **25997042**. PMCID: [PMC4602888](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC4602888/). DOI: [10.1097/MD.0000000000000757](https://doi.org/10.1097/MD.0000000000000757)

155. Lee, G. W., Ahn, M. W. (2018). Comparative Study of Cortical Bone Trajectory-Pedicle Screw (Cortical Screw) Versus Conventional Pedicle Screw in Single-Level Posterior Lumbar Interbody Fusion: A 2-Year Post Hoc Analysis

from Prospectively Randomized Data. *World Neurosurg.* 109, E192-E202. PMID:**28966154**. DOI: [10.1016/j.wneu.2017.09.137](https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.09.137)

156. Sakaura, H., Miwa, T., Yamashita, T., Kuroda, Y. & Ohwada, T. (2018). Cortical bone trajectory screw fixation versus traditional pedicle screw fixation for 2-level posterior lumbar interbody fusion: Comparison of surgical outcomes for 2-level degenerative lumbar spondylolisthesis. *J. Neurosurg. Spine.* 28(1), 57-62. PMID: **29125430** DOI: [10.3171/2017.5.SPINE161154](https://doi.org/10.3171/2017.5.SPINE161154)

157. Sakaura, H., Ikegami, D., Fujimori, T., Sugiura, T., Mukai, Y., Hosono, N., Fuji, T. (2019). Early cephalad adjacent segment degeneration after posterior lumbar interbody fusion: A comparative study between cortical bone trajectory screw fixation and traditional trajectory screw fixation. *J. Neurosurg. Spine.* 32(2), 155-159. PMID: **31628292**. DOI: [10.3171/2019.8.SPINE19631](https://doi.org/10.3171/2019.8.SPINE19631)

158. Liu, Y. Z., Hai, Y., Zhang, X. N., Yin, P., Liu, T., Ding, H. T., Han, C. F., Han, B., Tao, L. M. & Guan, L. (2019). [Comparison of cortical bone trajectory screw fixation and pedicle screw fixation in posterior lumbar fusion]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* 99(19), 1473-1478. Chinese. PMID: **31137137**. DOI: [10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2019.19.008](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2019.19.008)

159. Nakajima, N., Maenaka, T. & Kano, H. (2020). Postoperative Low Back Pain after Posterior Lumbar Interbody Fusion Surgery Using Cortical Bone Trajectory Screws. *Asian Spine J.* 14(5), 655-662. PMID: **32213798**. PMCID: [PMC7595813](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC7595813/). DOI: [10.31616/asj.2019.0085](https://doi.org/10.31616/asj.2019.0085)

160. Zhang, H. Q., Wang, C. C., Zhang, R. J., Zhou, L. P., Jia, C. Y., Ge, P. & Shen, C. L. (2022). Predictors of accurate intrapedicular screw placement in single-level lumbar (L4-5) fusion: Robot-assisted pedicle screw, traditional pedicle screw, and cortical bone trajectory screw insertion. *BMC Surg.* 22(1), 284-288. PMID: **35871659**. PMCID: [PMC9310465](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC9310465/). DOI: [10.1186/s12893-022-01733-6](https://doi.org/10.1186/s12893-022-01733-6)

161. Halvorson, T. L., Kelley, L. A., Thomas, K. A., Whitecloud, T. S. & Cook, S. D. (1994). Effects of bone mineral density on pedicle screw fixation. *Spine.* 19(21), 2415-2420. PMID: **7846594**. DOI: [10.1097/00007632-199411000-00008](https://doi.org/10.1097/00007632-199411000-00008)

162. Радченко, В. О. & Барков, О. О. (2019а). Помилки та ускладнення транспедикулярної фіксації в хірургії грудного та поперекового відділів хребта. *Збірник наукових праць XVIII з'їзду ортопедів-травматологів*, (9-11 жовтня, с. 127-128). Івано-Франківськ.

163. Hu, J. N., Yang, X. F., Li, C. M., Li, X. X. & Ding, Y. Z. (2019) Comparison of cortical bone trajectory versus pedicle screw techniques in lumbar fusion surgery: A meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 98(43), e16751. PMID: **31415372**. PMCID: [PMC6831251](#). DOI: [10.1097/MD.00000000000016751](#)

164. Zhang, T., Guo, N., Chen, T., Yan, J., Zhao, W. & Xu, G. (2019). Comparison of outcomes between cortical screws and traditional pedicle screws for lumbar interbody fusion: A systematic review and meta-analysis. *J. Orthop. Surg. Res.* 14(1), 269-274. PMID: **31443671**. PMCID: [PMC6708162](#). DOI: [10.1186/s13018-019-1311-x](#)

165. Keorochana, G., Pairuchvej, S., Trathitephun, W., Arirachakaran, A., Predeeprompan, P. & Kongtharvonskul, J. (2017). Comparative Outcomes of Cortical Screw Trajectory Fixation and Pedicle Screw Fixation in Lumbar Spinal Fusion: Systematic Review and Meta-analysis. *World Neurosurg.* 102, 340-349. PMID: **28315800**. DOI: [10.1016/j.wneu.2017.03.010](#)

166. Kim, K. T., Song, M. G., Lee, E. C., Seo, M. S., Lee, D. Y. & Kim, D. H. (2021). Can the cortical bone trajectory screw technique be an alternative method to the pedicle screw in posterior lumbar fusion? A systematic review and meta-analysis. *Acta Orthop. Traumatol. Turc.* 55(6), 552-562. DOI: [10.5152/j.aott.2021.21169](#). PMID: **34967746**. PMCID: [PMC11583238](#). DOI: [10.5152/j.aott.2021.21169](#)

167. Mao, H., Wang, Z. & Li, Q. (2023). The effect of the cortical bone trajectory screw fixation and traditional pedicle screw fixation on surgical site wound infection in posterior lumbar fusion wound: A meta-analysis. *Int. Wound J.* 20(8), 3241-3248. PMID: **37264722**. PMCID: [PMC10502259](#). DOI: [10.1111/iwj.14203](#)

168. Wang, Y., Kahaer, A., Maimaiti, A., Guo, H. & Rexiti, P. (2023). Complication, fusion, and revision rate in the lumbar cortical bone trajectory and pedicle screw fixation techniques: a systematic review and meta-analysis. *J. Orthop. Surg. Res.* 18(1), 382-389. PMID: **37226223**. PMCID: [PMC10210483](#). DOI: [10.1186/s13018-023-03820-7](#)

169. Qiu, L., Niu, F., Wu, Z., Zhang, W., Chen, F., Tan, J., Yan, J. & Xia, P. (2022). Comparative Outcomes of Cortical Bone Trajectory Screw Fixation and Traditional Pedicle Screws in Lumbar Fusion: A Meta-Analysis. *World Neurosurg.* 164, e436-e445. PMID: **35533950**. DOI: [10.1016/j.wneu.2022.04.129](#)

170. Barkov, O. & Karpinska O. (2025). Comparison of the risk of complications in posterior fusion of the lumbar spine with cortical and transpedicular screw trajectories: a systematic review and meta-analysis. *Wiadomosci Lekarskie*, 7, 1253-1264. PMID: 40847857. DOI: <https://doi.org/10.36740/WLek/204996>

171. Барков, О. О. (2024). Сучасні тенденції хірургічного лікування міжхребцевих гриж та стенозу поперекового відділу хребта. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 4(637), 105-113. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-598720244105-113>

172. Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A, ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ.* 372, n71. PMID: **33782057**. PMCID: [PMC8005924](#). DOI: [10.1136/bmj.n71](#)

173. Wells, G. A., Shea, B., O'Connell, D., Peterson, J., Welch, V., Losos, M. & Tugwell, P. (2024). The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for assessing the quality of nonrandomised studies in meta-analyses. DOI: https://www.ohri.ca/programs/clinical_epidemiology/oxford.asp

174. ANSYS Workbench. <http://www.ansys.com/Products/Workflow+Technology/ANSYS+Workbench+Platform>
175. Solidworks – <http://www.solidworks.com/>
176. Delp, S. L., Anderson, F. C., Arnold, A. S., Loan, P., Habib, A., John, C. T., Guendelman, E. & Thelen, D. G. (2007). OpenSim: open-source software to create and analyze dynamic simulations of movement. *IEEE Trans Biomed Eng.* 54(11), 1940–1950. PMID: 18018689. DOI: [10.1109/TBME.2007.901024](https://doi.org/10.1109/TBME.2007.901024)
177. Senteler, M., Weisse, B., Rothenfluh, D. A. & Snedeker, J. G. (2016). Intervertebral reaction force prediction using an enhanced assembly of OpenSim models. *Comput Methods Biomech Biomed Engin.* 19(5), 538–548. PMID: 26031341. DOI: [10.1080/10255842.2015.1043906](https://doi.org/10.1080/10255842.2015.1043906)
178. Hill, A. V. (1938). The heat of shortening and dynamics constants of muscles. *Proc. R. Soc. Lond. B.* 126 (843). London: Royal Society: 136–195. DOI: [10.1098/rspb.1938.0050](https://doi.org/10.1098/rspb.1938.0050)
179. Christophy, M., Faruk Senan, N. A., Lotz, J. C. & O'Reilly, O. M. (2012). A musculoskeletal model for the lumbar spine. *Biomech Model Mechanobiol.* 11(1-2), 19–34. PMID: 21318374. DOI: [10.1007/s10237-011-0290-6](https://doi.org/10.1007/s10237-011-0290-6)
180. Zajac, F. E. (1989). Muscle and tendon: properties, models, scaling, and application to biomechanics and motor control. *Crit. Rev. Biomed. Eng.* 17(4), 359-411. PMID: 2676342. DOI: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2676342/>
181. Hajihosseinali, M., Arjmand, N., Shirazi-Adl, A., Farahmand, F. & Ghiasi, M. S. (2014). A novel stability and kinematics-driven trunk biomechanical model to estimate muscle and spinal forces. *Med Eng Phys.* 36(10), 1296–1304. PMID: 25074649. DOI: [10.1016/j.medengphy.2014.07.009](https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2014.07.009)
182. Delp, S. L., Anderson, F. C., Arnold, A. S., Loan, P., Habib, A., John, C. T., Guendelman, E. & Thelen, D. G. (2007). OpenSim: open-source software to create and analyze dynamic simulations of movement. *IEEE Trans.*

Biomed. Eng. 54(11), 1940-1950. PMID: 18018689.
DOI: [10.1109/TBME.2007.901024](https://doi.org/10.1109/TBME.2007.901024)

183. Akamaru, T., Kawahara, N., Tim Yoon, S., Minamide, A., Su Kim, K., Tomita, K. & Hutton, W. C. (2003). Adjacent segment motion after a simulated lumbar fusion in different sagittal alignments: a biomechanical analysis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 28(14), 1560–1566. PMID: 12865845.
DOI: [10.1097/01.BRS.0000076820.44132.99](https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000076820.44132.99)

184. Bumbu, B. A., Bumbu, A. G., Rus, V., Gal, A. F. & Miclaus, V. (2016). Histological evidence concerning the osseointegration of titanium implants in the fractured rabbit femur. *J. Histotechnol.* 39, 47–52.
DOI: [10.1080/01478885.2016.1144842](https://doi.org/10.1080/01478885.2016.1144842)

185. Мікроскопічна техніка: керівництво для лікарів та лаборантів (1996). За ред. Д. С. Саркісова, Ю. Л. Перова; АМН. К.: Медицина, 1996. - 544 с. ISBN 5-225-02820-9 <https://clinlabs.com/books/mikroskopicheskaya-tehnika>

186. Lai, A., Gansau, J., Gullbrand, S. E., Crowley, J., Cunha, C., Dudli, S., Engiles, J. B., Fusellier, M., Goncalves, R. M., Nakashima, D., Okewunmi, J., Pelletier, M., Presciutti, S. M., Schol, J., Takeoka, Y., Yang, S., Yurube, T., Zhang, Y., & Iatridis, J. C. (2021). Development of a standardized histopathology scoring system for intervertebral disc degeneration in rat models: An initiative of the ORS spine section. *JOR Spine*, 4(2), e1150. <https://doi.org/10.1002/jsp2.1150>

187. Гельсінська декларація Всесвітньої медичної асоціації "Етичні принципи медичних досліджень за участю людини у якості об'єкта дослідження". З переглядами 1964-2008 рр. (2008). Офіційний портал Верховної Ради України. Документ 990_005. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/990_005#Text

188. Gertzbein, S. D., Robbins, S. E. (1990). Accuracy of pedicular screw placement in vivo. *Spine (Phila Pa 1976)*. 15(1), 11–14. PMID: 2326693.
DOI: [10.1097/00007632-199001000-00004](https://doi.org/10.1097/00007632-199001000-00004)

189. Talib, V. H. (2020). Practical Textbook of Laboratory Medicine Second Edition. New Delhi: CBS Publishers and Distributors Pvt Ltd, 468. eISSN:978-93-546-6119-8. https://www.jainstationery.com/index.php?route=product/product&product_id=10682

190. Сперанський, І. І., Самойленко, Г. Е. & Лобачева, М.В. (2009). Загальний аналіз крові – чи всі його можливості вичерпані. Інтегральні індекси інтоксикації як критерії оцінки важкості протікання ендогенної інтоксикації, її ускладнень і ефективності лікування, що проводиться. *Гострі та невідкладні стани у практиці лікаря*. 6(19). <https://urgent.com.ua/ua/archive/2009/6%2819%29/article-293/obshchiy-analiz-krovi-vse-li-ego-vozmozhnosti-ischerpany-integralnye-indeksy-intoksikacii-kak-kriterii-ocenki-tyazhesti-techeniya-endogennoy-intoksikacii-ee-oslozhneniy-i-effektivnosti-provodimogo-lecheniya>

191. Морозенко, Д. В., Леонтьєва, Ф. С. (2016). Методи дослідження маркерів метаболізму сполучної тканини у клінічній та експериментальній медицині. *Молодий вчений*. 2(29), 168–172. DOI: http://nbuv.gov.ua/UJRN/molv_2016_2_43.

192. Immunological Methods. Edited by: I. Lefkovits and B. Pernis. (1979). London, Academic Press. 467 p. ISBN: 978-0-12-442750-1. DOI: 10.1016/C2013-0-11066-5. Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/book/edited-volume/9780124427501/immunological-methods>

193. Key, N., Makris, M., O'Shaughnessy, D. & Lillicrap, D. (2009). Practical Hemostasis and Thrombosis. Wiley, 328 p. ISBN 9781405130301. <https://www.wiley.com/en-be/Practical+Hemostasis+and+Thrombosis%2C+3rd+Edition-p-9781118344712>

194. Скіданов, А. Г., Морозенко, Д. В., Леонтьєва, Ф. С., Глєбова, К. В. (2018). Стан системи гемостазу у хворих на спондилолістез та нестабільність хребтових сегментів поперекового відділу хребта. В кн.: Пріоритети розвитку

медичних наук у ХІІ столітті: матеріали міжнародної науково–практичної конференції. Одеса, 16–17 березня 2018 р. – Одеса, С. 47–50.

195. Влізла, В. В., Федорук, Р. С., Ратич, О. І. **О. І.** Віщур, М. М. Шаран, І. В. Вудмаска, Є. І. Федорович, Д. Д. Остапів, П. В. Стапай, О. М. Бучко, А. В. Гунчак, Ю. Т. Салига, О. М. Стефанишин, І. І. Гевкан, Я.В. Лесик, М. Р. Сімонов, І. В. Невоструєва, М. М. Хомин, К. Б. Смолянінов, В. В. Гавриляк, Г. В. Колісник, І. М. Петрух, Н. А. Брода, І. В. Лучка, І. І. Ковальчук, С. Й. Кропивка, Н. М. Параняк, В. М. Ткачук, М. І. Храбко, О. В. Штапенко, Є. О. Дзень, І. Я. Максимович, В. В. Федорович, Л. Л. Юськів, О. П. Долайчук, Л. А. Іваницька, Я. М. Сірко, В. О. Кисців, О. В. Загребельний, Р. П. Сімонов, Г. М. Стояновська, Б. Я. Кирилів, М. І. Кузів, Х. Я. Майор, Н. В. Кузьміна, Н. І. Талоха, Б. Б. Лісна, Д. О. Климишин, Т. В. Чокан, М. В. Камінська, М. Р. Козак, А. В. Олійник, Н. В. Голова, В.В. Дубінський, Р. Я. Іскра, Й. Ф. Рівіс, Н. Л. Цепко, В. І. Кишко, Н. П. Олексюк, Г. Г. Денис, Ю. І. Сливчук, Ю. В. Мартин (2012). Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині: довідник / За ред. В. В. Влізла. – Львів, СПОЛОМ, 2012. – 764 с. ISBN 976-966-665-677-6
<https://www.inenbiol.com/index.php/63-diynalist/publikaciii/knyhy/349-laboratorni-metody-doslidzhen-u-biolohii-tvarynnystvi-ta-veterynarnii-medytyni>

196. Walters, S. J., Campbell, M. J. & Machin, D. (2021). Medical Statistics: A Textbook for the Health Sciences 5th Edition Wiley-Blackwellm, 448 P. ISBN: 978-1-119-42364-5. <https://www.wiley.com/en-us/Medical+Statistics%3A+A+Textbook+for+the+Health+Sciences%2C+5th+Edition-p-9781119423645>

197. Kolesnychenko, V. A., Barkov, O. O., Bolkhovytyn, P. V., Bondarenko, S. Ye., Burlaka, V. V., Garbuznyak, I. M., Golka, T. G., Golovyna, Ya. O., Kosteryn, S. B., Mezentsev, V. O., Petrenko, D. Ye., Pidgayska, O. O., Popsuishapka, K. O., Skidanov, A. G. & Fedotova, I.F. (2015). *Orthopedic handbook*. Ed. M. O. Korzha, V. O. Radchenko (2nd ed.). Kyiv: "Health of Ukraine" Library. ISBN 978-617-7100-18-7.

198. Kuo, C. C., Soliman, M. A. R., Aguirre, A. O., Youngs, D., Kruk, M., Hess, R. M., Nyabuto, E. M., Khan, A., Jowdy, P. K., Pollina, J. & Mullin, J. P. (2023). Risk factors of early complications after thoracic and lumbar spinal deformity surgery: a systematic review and meta-analysis. *Eur. Spine J.* 32(3), 899–913. PMID: **36611078**. DOI: [10.1007/s00586-022-07486-3](https://doi.org/10.1007/s00586-022-07486-3)
199. Kato, S. (2020). Complications of thoracic spine surgery – Their avoidance and management. *J. Clin. Neurosci.* 81, 12–17. PMID: **33222899**. DOI: [10.1016/j.jocn.2020.09.012](https://doi.org/10.1016/j.jocn.2020.09.012)
200. Dowdell, J., Brochin, R., Kim, J., Overley S., Oren, J., Freedman, B. & Cho, S. (2018). Postoperative Spine Infection: Diagnosis and Management. *Global Spine J.* 8(4 Suppl), 37S–43S. PMID: **30574436**. PMCID: [PMC6295816](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC6295816/). DOI: [10.1177/2192568217745512](https://doi.org/10.1177/2192568217745512)
201. Tannoury, C., Bhale, R., Vora, M., Saade, A., Kortbawi, R., Orlando, G., Das, A. & Tannoury, T. (2021). Pseudarthrosis Following Lumbar and Lumbosacral Fusion Using the Antepsoas Technique. *Spine (Phila Pa 1976)*. 46(24), 1690–1695. PMID: **34474451**. DOI: [10.1097/BRS.00000000000004115](https://doi.org/10.1097/BRS.00000000000004115)
202. Nesnidal, P., Štulík, J., Štulík, J. Ml., Kryl, J., Vyskočil, T. & Barna, M. (2022). Komplikace ve spondylochirurgii: prospektivní 13leté sledování neplánovaných revizních operací páteře [Complications in Spine Surgery: Prospective 13-year follow-up of unplanned revision spinal surgeries]. *Acta Chir. Orthop. Traumatol. Cech.* 89(4), 243–251. [In Czech]. PMID: 36055663. DOI: 10.55095/achot2022/040. Режим доступу: <https://achot.cz/pdfs/ach/2022/04/01.pdf>
203. Ouyang, H., Hu, Y., Hu, W., Zhang, H., Sun, Z., Tang, Y., Jiang, Y., Chen, J., Dong, S., Li, W. & Tian, Y. (2022). Incidences, causes and risk factors of unplanned reoperations within 30 days of spine surgery: a single-center study based on 35,246 patients. *Spine J.* 22(11), 1811–1819. PMID: 35878756. DOI: [10.1016/j.spinee.2022.07.098](https://doi.org/10.1016/j.spinee.2022.07.098)
204. Барков, О. О. & Карпінська, О. Д. (2025). Аналіз ревізійних хірургічних втручань грудного та поперекового відділу хребта після

транспедикулярної фіксації хребта. *Травма*, 26(3), 189-196.
DOI: <https://doi.org/10.22141/1608-1706.3.26.2025.1019>

205. Радченко, В. А. & Барков, О. О. (2019). Помилки та ускладнення транспедикулярної фіксації в хірургії грудного та поперекового відділів хребта. *Збірник наукових праць XVIII з'їзду ортопедів-травматологів*, (9-11 жовтня, с.127-128). Івано-Франківськ.

206. Feng, W., Wang, W., Chen, S., Wu, K. & Wang, H. (2020). O-arm navigation versus C-arm guidance for pedicle screw placement in spine surgery: a systematic review and meta-analysis. *Int. Orthop.* 44(5), 919–926. PMID: **31912228**. DOI: [10.1007/s00264-019-04470-3](https://doi.org/10.1007/s00264-019-04470-3)

207. Lee, J. C. & Choi, S. W. (2015). Adjacent Segment Pathology after Lumbar Spinal Fusion. *Asian Spine J.* 9(5), 807–817. PMID: **26435804**. PMCID: [PMC4591457](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC4591457/). DOI: [10.4184/asj.2015.9.5.807](https://doi.org/10.4184/asj.2015.9.5.807)

208. Піонтковський, В. К., Ткачук, М. А., Веретельник, О. В. & Радченко, В. О. (2018). Вплив попереково-тазових взаємовідношень на напружено-деформований стан поперекового відділу хребта. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 4 (613), 24–30.
DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872018424-30>

209. Heitplatz, P., Hartle, S. L., Gentle, C. R. (1998). A 3-dimensional large deformation FEA of a ligamentous C4-C7 spine unit. / Chapter 2. Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering, 387–394. Режим доступу: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003078289-52/3-dimensional-large-deformation-fea-ligamentous-c4-c7-spine-unit-heitplatz-hartle-gentle>

210. Nolan, J. P., Sherk, H. H. (1988). Biomechanical evaluation of the extensor musculature of the cervical. *Spine*. 13, 9–11. PMID: 3381146. DOI: [10.1097/00007632-198801000-00003](https://doi.org/10.1097/00007632-198801000-00003)

211. Panjabi, M. M., Duranceau, J., Goel, V. (1991). Cervical human vertebrae: quantitative three-dimensional anatomy of the middle and lower

regions. *Spine*. 16(8), 861–869. PMID: 1948369. DOI: [10.1097/00007632-199108000-00001](https://doi.org/10.1097/00007632-199108000-00001)

212. Stognii, A., Pyatikor, V., Yaresko, O., Popsuyschanka, K., Pidgayska, O., & Karpinsky, M. (2022). Вивчення розподілу напружень моделі заднього міжхребцевого спондилодезу поперекового відділу хребта (імплантат PEEK і дистракційний кейдж). *Травма*, 23(6), 47–55. DOI: <https://doi.org/10.22141/1608-1706.6.23.2022.923>

213. Natarajan, R. N., Chen, B. H., An, H. S. & [Andersson](#), G. B. (2000). Anterior cervical fusion: a finite element model study on motion segment stability including effect of osteoporosis. *Spine*. 25(8). 955–961. PMID: 10767808. DOI: [10.1097/00007632-200004150-00010](https://doi.org/10.1097/00007632-200004150-00010)

214. Dooris, A. P., Goel, V. K., Grosland, N. M., Gilbertson, L. G., Wilder, D. G. (2001). Load-sharing between anterior and posterior elements in a lumbar motion segment implanted with an artificial disc. *Spine (Phila Pa 1976)*. 26(6), E122–E129. PMID: 11246394. DOI: [10.1097/00007632-200103150-00004](https://doi.org/10.1097/00007632-200103150-00004)

215. Veretelnik, O. V., Tkachuk, M. A., Timchenko, I. B., Dinnik, O. A. & Pogorela, A. V. (2014). Mathematical and numerical study of various orthosis designs for cervical spine spondylodesis. *Collection of scientific papers "Bulletin of NTU "KhPI": Mechanical Engineering and CAD*, 29. [2013_1.pdf](#)

216. Zienkiewicz, O. C. & Taylor, R. L. & Zhu, J. Z. (2005). The finite element method: its basis and fundamentals. The sixth edition. Amsterdam-Heidelberg: Butterworth-Heinemann, 802. ISBN: 0750663200. Режим доступу: <file:///C:/Users/user/Downloads/FiniteelementsMethod.pdf>

217. Куценко, В. О., Чернишов, О. Г., Федотова, І. Ф. & Барков, О. О. (2017). Вплив параметрів сагітального хребтово-тазового балансу на морфогенез поперекових хребцевих сегментів. *Збірник наукових праць за матеріалами Науково-практичної конференції з міжнародною участю «Сучасні дослідження в ортопедії та травматології»*, (4-5 жовтня, с. 35). Харків.

218. Веретельник, О. В., Ткачук, М. А., Барков, О. О., Радченко, В. О., Тимченко, І. Б. & Диннік, О. А. (2018), Напружено-деформований стан елементів поперекового відділу хребта після проведення динамічної міжкостистої стабілізації, *Збірник наукових праць за матеріалами Науково-практичної конференції з міжнародною участю «Сучасні дослідження в ортопедії та травматології»*, (4-5 жовтня, сс. 35–38). Харків.

219. Барков, О. О., Веретельник, О. В., Ткачук, М. М., Ткачук, М. А. & Веретельник В. В. (2021). Вплив сагітальних поперекових параметрів на напружено-деформований стан хребтових рухових сегментів за умов застосування транспедикулярної фіксації. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 3(624), 37–48. DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872021337-48>

220. Glaeser, J. D., Tawackoli, W., Ju, D. G., Yang, J. H., Kanim, L. E. A., Salehi, K., Yu, V., Saidara, E., Vit, J. P., Khnkoyan, Z., NaPier, Z., Stone, L. S., Bae, H. W. & Sheyn, D. (2020). Optimization of a rat lumbar IVD degeneration model for low back pain. *JOR Spine*, 3(2), e1092. PMID: 32613167. PMCID: [PMC7323460](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC7323460/). DOI: <https://doi.org/10.1002/jsp2.1092>

221. Drespe, I. H., Polzhofer, G. K., Turner, A. S. & Grauer, J. N. (2005). Animal models for spinal fusion. *Spine J*. 5(S.6), 209S–216S. PMID: 16291115. DOI: [10.1016/j.spinee.2005.02.013](https://doi.org/10.1016/j.spinee.2005.02.013)

222. Radchenko, V. O., Levshin, O. A., Dedukh, N. V. & Bengus, L. M. (2015). Modeling of spinal spondylodesis in animals (literature review). *Orthopedics, Traumatology and Prosthetics*. 2(599), 112–119. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-598720152112-119>

223. Дедух, Н. В., Бенгус, Л. М., Левшин, О. А., Костерін, С. Б., Барков, О. О. & Піонтковський, В. К. (2017). Морфологічні зміни в хребтових рухових сегментах поперекового відділу хребта кролів після їх стабілізації ригідними імплантатами. *Ортопедія, травматологія та протезування* (1(606)), 21–26. DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872017121-26>

224. Радченко, В. О., Федак, В. І., Дедух, Н. В. & Малишкіна С. В. (2009). Дегенеративні зміни суміжних сегментів після стабілізуючих операцій на хребті (огляд літератури). *Ортопедія, травматологія та протезування*. 3(576), 101–111. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-598720093101-111>

225. Petrenko, D. E., Ashukina, N. A., Ivanov, G. V. & Mezentsev, A. A. (2012) Morphological features of tissues in the area of interbody spondylodesis in experimental modeling in rats. *Orthopedics, Traumatology and Prosthetics*. 4(589), 45–49. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872012445-49>

226. Tian, T., Wang, H., Li, Z., Yang, S. & Ding, W. (2021). Intervertebral Disc Degeneration Induced by Needle Puncture and Ovariectomy: A Rat Coccygeal Model. *Bio. Med. Research. International*, PMID: [34055972](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34055972/). PMCID: PMC8147532. DOI: [10.1155/2021/5510124](https://doi.org/10.1155/2021/5510124)

227. Lau, K. K. L., Samartzis, D., To, N. S. C., Harada, G. K., An, H. S. & Wong, A. Y. L. (2021). Demographic, Surgical, and Radiographic Risk Factors for Symptomatic Adjacent Segment Disease after Lumbar Fusion: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 103(15), 1438–1450). PMID: 34166276. DOI: [10.2106/JBJS.20.00408](https://doi.org/10.2106/JBJS.20.00408)

228. Oichi, T., Taniguchi, Y., Soma, K., Chang, S. H., Yano, F., Tanaka, S. & Saito, T. (2018). A Mouse Intervertebral Disc Degeneration Model by Surgically Induced Instability. *Spine*, 43(10), E557–E564. PMID: 29016437. DOI: [10.1097/BRS.0000000000002427](https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000002427)

229. Sun, J., Chen, F., Wei, X. & Ou, Y. (2024). Establishment of a Rabbit Model of Adjacent Intervertebral Disk Degeneration After Lumbar Fusion and Fixation and Evaluation of Autophagy Factor Expression in Nucleus Pulposus Cells. *Orthopedics*, 47(4), e167–e173. DOI: [10.3928/01477447-20240424-04](https://doi.org/10.3928/01477447-20240424-04)

230. Özakıy, C. A., Cavanaugh, J. M., Asik, I., DeLeo, J. A. & Weinstein, J. N. (2002). Dorsal root sensitivity to interleukin-1 beta, interleukin-6 and tumor necrosis factor in rats. *European Spine Journal*, 11(5), 467–475. PMID: 12384756. PMCID: [PMC3611316](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/entry/pmc3611316/). DOI: [10.1007/s00586-002-0430-x](https://doi.org/10.1007/s00586-002-0430-x)

231. Jensen, V. F. H., Molck, A.-M., Soeborg, H., Nowak, J., Chapman, M., Lykkesfeldt, J. & Bogh, I. B. (2018). Proximal Neuropathy and Associated Skeletal Muscle Changes Resembling Denervation Atrophy in Hindlimbs of Chronic Hypoglycaemic Rats. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology*, 122(1), 165–175. DOI: [10.1111/bcpt.12870](https://doi.org/10.1111/bcpt.12870)

232. Michalek, A. J., Funabashi, K. L. & Iatridis, J. C. (2010). Needle puncture injury of the rat intervertebral disc affects torsional and compressive biomechanics differently. *European Spine Journal*, 19(12), 2110–2116. DOI: [10.1007/s00586-010-1473-z](https://doi.org/10.1007/s00586-010-1473-z)

233. Chow, N., Sinopoli, S. I., Whittal, M. C., Bednar, D. A. & Gregory, D. E. (2025). An investigation of the mechanism of adjacent segment disease in a porcine spine model. *Clinical Biomechanics*, 122. PMID: 39879699. DOI: [10.1016/j.clinbiomech.2025.106441](https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2025.106441)

234. Liu, S., Sun, Y., Dong, J. & Bian, Q. (2021). A mouse model of lumbar spine instability. *Journal of Visualized Experiments*, 2021(170). DOI: [10.3791/61722](https://doi.org/10.3791/61722)

235. Dubový, P. (2011). Wallerian degeneration and peripheral nerve conditions for both axonal regeneration and neuropathic pain induction. *Annals of Anatomy*, 193(4), 267–275. PMID: 21458249. DOI: [10.1016/j.aanat.2011.02.011](https://doi.org/10.1016/j.aanat.2011.02.011)

236. Klusáková, I. & Dubový, P. (2009). Experimental models of peripheral neuropathic pain based on traumatic nerve injuries – An anatomical perspective. *Annals of Anatomy*, 191(3), 248–259. DOI: [10.1016/j.aanat.2009.02.007](https://doi.org/10.1016/j.aanat.2009.02.007)

237. Mueller, M., Leonhard, C., Wacker, K., Ringelstein, E. B., Okabe, M., Hickey, W. F. & Kiefer, R. (2003). Macrophage response to peripheral nerve injury: The quantitative contribution of resident and hematogenous macrophages. *Laboratory Investigation*, 83(2), 175–185. PMID: 12594233. DOI: [10.1097/01.lab.0000056993.28149.bf](https://doi.org/10.1097/01.lab.0000056993.28149.bf)

238. Барков, О. О., Нікольченко, О. А., Мальцева, В. Є. & Данищук, З. М. (2024). Розробка експериментальної моделі на щурах для дослідження ускладнень у хірургії поперекового відділу хребта. *Матеріали*

наукової конференції «Вертебрологія на сучасному етапі», присвячена 100-річчю з дня народження видатного вченого ортопеда-травматолога академіка О.О. Коржа, (19 квітня, сс. 4-6). Харків.

239. Барков, О. О., Мальцева, В. Є., Нікольченко, О. А., Данищук, З. М. & Самойлова К. М. (2025). Гістологічні зміни в суміжних міжхребцевих дисках у моделі щурів з пошкодженням дриглистого ядра та компресією спинномозкового нерва. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 3(640), 37-46 DOI: DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872025337-46>

240. Lin, X., Zhu, J., Song, J., Wang, L., Ge, J. & Sha, W. (2024). The Effect of L5 Morphology on Prevention of L5-S1 Degeneration Following Floating Fusion for Degenerative Spine Disorders. *Global Spine J.* 5(4), 2300-2308. PMID: **39504264** PMCID: [PMC11559769](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC11559769/). DOI: [10.1177/21925682241297934](https://doi.org/10.1177/21925682241297934)

241. Botelho, R. V., Bastianello, R. Jr., Albuquerque, L. D. & Bernardo, W. M. (2014). Dynamic compared to rigid fixation in lumbar spine: a systematic review. *Rev. Assoc. Med. Bras. (1992)*. 60(2), 151-155. PMID: 24919003. DOI: [10.1590/1806-9282.60.02.013](https://doi.org/10.1590/1806-9282.60.02.013)

242. Kashkoush, A., Agarwal, N., Paschel, E., Goldschmidt, E. & Gerszten, P. C. (2016). Evaluation of a Hybrid Dynamic Stabilization and Fusion System in the Lumbar Spine: A 10 Year Experience. *Cureus*. 8(6), e637. PMID: **27433416** PMCID: [PMC4938630](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC4938630/). DOI: [10.7759/cureus.637](https://doi.org/10.7759/cureus.637)

243. Herren, C., Simons, R. M., Bredow, J., Oikonomidis, S., Westermann, L., Sobottke, R., Scheyerer, M. J., Pishnamaz, M., Eysel, P., Zarghooni, K., Franklin, J. & Siewe, J. (2018). Posterior Lumbar Interbody Fusion versus Dynamic Hybrid Instrumentation: A Prospective Randomized Clinical Trial. *World Neurosurg.* 117:e228-e237. PMID: 29906580. DOI: [10.1016/j.wneu.2018.06.005](https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.06.005)

244. Guan, J., Liu, T., Li, W., Zhao, H., Yang, K., Li, C., Feng, N., Jiang, G., Yang, Y. & Yu, X. (2022). Effects of posterior lumbar nonfusion surgery with isobar devices versus posterior lumbar interbody fusion surgery on clinical

and radiological features in patients with lumbar degenerative diseases: a meta-analysis. *J. Orthop. Surg. Res.* 17(1), 116. PMID: **35189915**. PMCID: [PMC8862375](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC8862375/). DOI: [10.1186/s13018-022-03015-6](https://doi.org/10.1186/s13018-022-03015-6)

245. Корж, М. О., Барков, О. О. & Карпінська, О.Д. (2025). Рентгенометричні зміни прилеглих міжхребцевих дисків після транспедикулярної фіксації поперекового відділу хребта в лікуванні дегенеративних захворювань. *Вісник проблем біології і медицини*, 2 (177), 176-190. DOI: [10.29254/2077-4214-2025-2-177-176-190](https://doi.org/10.29254/2077-4214-2025-2-177-176-190)

246. Барков, О. О., Костерін, С. Б., Піонтковський, В. К., Попов, А. І., Попсуйшапка, К. О., Скіданов, А. Г., Федотова, І. Ф. & Шманько, О. П. (2020). Біль у спині. Посібник для сімейних лікарів. (Серія «Бібліотека «Здоров'я України»). Під. ред. М. О. Коржа, В. О. Радченка. – Київ: ТОВ «Бібліотека «Здоров'я України», 110 с.

247. Радченко, В. О., Мезенцев, А. О. & Барков, О. О. (2016). Хірургічне лікування різних типів сколіозу у дорослих. *Матеріали XVII з'їзду ортопедів-травматологів України* (5–7 жовтня, сс. 312–313). Київ.

248. Барков, О. О., Радченко, В. О., Кацалап, Є. С. & Федотова, І. Ф. (2023). Двохетапне хірургічне лікування великих і ригідних деформацій хребта (передня мобілізація викривлення та задня інструментація хребта) *Ортопедія, травматологія та протезування*. 4(633), 22–30. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872023422-30>

249. Radchenko, V. O., Barkov, O. O. & Skidanov, A. G. (2019). Five-year experience using the navigation system in spine surgery. *Orthopedics, traumatology and prosthetics*. 1. – 5–13 DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-5987201915-13>

250. Радченко, В. О., Барков, О. О., Хмизов, С. О., Гриценко, А. В. & Колесніченко, Ю. Е. (2020). Індивідуальне хірургічне лікування аномалій та деформацій хребта у дітей та підлітків із застосуванням 3D навігації та нейромоніторингу. *Актуальні питання патології суглобів та*

ендопротезування: матеріали П'ятої науково-практичної конференції, (3–5 вересня, сс. 73–75). Запоріжжя.

251. Langeloo, D. D., Lelivelt, A., Louis Journée, H., Slappendel, R. & de Kleuver, M. (2003). Transcranial electrical motor-evoked potential monitoring during surgery for spinal deformity: a study of 145 patients. *Spine (Phila Pa 1976)*. 28(10), 1043–1050. PMID: 12768147. DOI: [10.1097/01.BRS.0000061995.75709.78](https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000061995.75709.78)

252. Lall, R. R., Lall, R. R., Hauptman, J. S., Munoz, C., Cybulski, G. R., Koski, T., Ganju, A., Fessler, R. G. & Smith, Z. A. (2012). Intraoperative neurophysiological monitoring in spine surgery: indications, efficacy, and role of the preoperative checklist. *Neurosurg. Focus*. 33, E10. PMID: 23116090. DOI: [10.3171/2012.9.FOCUS12235](https://doi.org/10.3171/2012.9.FOCUS12235)

253. Барков, О. О. & Дуплій, Д. Р. (2021). Практичні аспекти інтраопераційного нейромоніторингу у хворих із різною патологією хребта. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 4(625), 5–12. DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-5987202145-12>

254. Федотова, І. Ф., Барков, О. О., Дуплій, Д. Р. & Сіренко, О. А. (2014). Проведення інтраопераційного нейромоніторингу під час хірургічних втручань на хребті. *III міжнародний конгрес України «Впровадження сучасних досягнень медичної науки в практику охорони здоров'я України»*, (14–16 жовтня, с. 55–56). Київ.

255. Барков, О. О. & Дуплій, Д. Р. (2024). Інформативність модальностей інтраопераційного моніторингу у хворих з різною патологією хребта. *Матеріали науково-практичної конференції «Слобожанська конференція з анестезіології та інтенсивної терапії: професійний розвиток попри війну»*, (28 червня, с. 2.). Харків.

256. Барков, О. О., Туляков, В. О. & Аплевич, В. М. (2024). Використання лабораторних критеріїв для оцінювання ризику післяопераційних ускладнень після транспедикулярної фіксації поперекового

відділу хребта. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 1(634), 19–26.
DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872024119-26>

257. Радченко, В. О., Леонтьєва, Ф. С., Барков, О. О., Туляков, В. О. & Корж І. В. (2021). Біохімічні й імунологічні показники крові пацієнтів зі запальними ускладненнями після транспедикулярної фіксації хребта *Ортопедія, травматологія та протезування*. 2(623), 23–27. DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872021223-27>

258. Tuliakov, V. & Barkov, O. (2024). Biomarkers of inflammation in the blood of patients with the degenerative lumbar spine disease and complications after transpedicular fixation. *Wiad Lek.* 77(12), 2412–2418. DOI: 10.36740/WLek/195545. PMID: **39874324**. DOI: [10.36740/WLek/195545](https://doi.org/10.36740/WLek/195545)

259. Бондаренко, С. Є., Барков, О. О. & Туляков, В. О. (2026). Рекомендації щодо попередження розвитку післяопераційних ускладнень транспедикулярної фіксації у пацієнтів з патологією хребта. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 1(642), 53-60.
DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872026153-60>

Додаток А

Список пацієнтів, дані про лікування яких включені до дисертаційної роботи

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
1.	А	69476
2.	А	69959
3.	А	82839
4.	А	74444
5.	А	69603
6.	А	72881
7.	А	74524
8.	А	71034
9.	А	64968
10.	А	67384
11.	А	69922
12.	А	73291
13.	А	72446
14.	А	78204
15.	А	61051
16.	А	75456
17.	А	73721
18.	А	84067
19.	А	80489
20.	А	98406
21.	А	96034
22.	А	96346
23.	А	96276

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
24.	А	52297
25.	А	95964
26.	А	88030
27.	А	93706
28.	А	93986
29.	А	91848
30.	А	92280
31.	Б	74788
32.	Б	77190
33.	Б	79732
34.	Б	73210
35.	Б	73668
36.	Б	74342
37.	Б	75457
38.	Б	75151
39.	Б	73240
40.	Б	62793
41.	Б	66191
42.	Б	70145
43.	Б	69647
44.	Б	68789
45.	Б	69953
46.	Б	63909

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
47.	Б	65188
48.	Б	47091
49.	Б	61153
50.	Б	70870
51.	Б	87010
52.	Б	73356
53.	Б	78734
54.	Б	68644
55.	Б	74659
56.	Б	72316
57.	Б	67438
58.	Б	73522
59.	Б	71630
60.	Б	67438
61.	Б	75569
62.	Б	71012
63.	Б	69252
64.	Б	69479
65.	Б	69391
66.	Б	82282
67.	Б	66418
68.	Б	70245
69.	Б	66962
70.	Б	95102
71.	Б	91126
72.	Б	98197

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
73.	Б	98495
74.	Б	96269
75.	Б	94334
76.	Б	96955
77.	Б	95306
78.	Б	96638
79.	Б	97144
80.	Б	96188
81.	Б	95412
82.	Б	96815
83.	Б	96613
84.	Б	97233
85.	Б	96343
86.	Б	96170
87.	Б	95116
88.	Б	94222
89.	Б	92556
90.	Б	93677
91.	Б	93882
92.	Б	94923
93.	Б	71532
94.	Б	94769
95.	Б	94348
96.	Б	93382
97.	Б	94147
98.	Б	92806

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
99.	Б	93000
100.	Б	91605
101.	Б	93037
102.	Б	93046
103.	Б	91372
104.	Б	93270
105.	Б	85360
106.	Б	92134
107.	В	73699
108.	В	75676
109.	В	73056
110.	В	73784
111.	В	74671
112.	В	73618
113.	В	67488
114.	В	71595
115.	В	70307
116.	В	75125
117.	В	72749
118.	В	66265
119.	В	70655
120.	В	68941
121.	В	65387
122.	В	71607
123.	В	69365
124.	В	90687

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
125.	В	69788
126.	В	71686
127.	В	92012
128.	В	97366
129.	В	97563
130.	В	96108
131.	В	98344
132.	В	97045
133.	В	94920
134.	В	94910
135.	В	94550
136.	В	93227
137.	В	92999
138.	В	93221
139.	В	91719
140.	В	92902
141.	Г	68117
142.	Г	75708
143.	Г	74856
144.	Г	70043
145.	Г	70552
146.	Г	76726
147.	Г	52104
148.	Г	71113
149.	Г	65727
150.	Г	70145

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
151.	Г	90257
152.	Г	66868
153.	Г	73754
154.	Г	71543
155.	Г	67819
156.	Г	69312
157.	Г	74409
158.	Г	62151
159.	Г	65362
160.	Г	73720
161.	Г	74893
162.	Г	81805
163.	Г	67170
164.	Г	75155
165.	Г	73009
166.	Г	73525
167.	Г	73779
168.	Г	80738
169.	Г	74943
170.	Г	73838
171.	Г	66915
172.	Г	73405
173.	Г	69099
174.	Г	71982
175.	Г	84909
176.	Г	74648

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
177.	Г	73037
178.	Г	66866
179.	Г	71614
180.	Г	70064
181.	Г	70220
182.	Г	71057
183.	Г	70867
184.	Г	80090
185.	Г	72109
186.	Г	68170
187.	Г	65620
188.	Г	74257
189.	Г	74410
190.	Г	73563
191.	Г	83586
192.	Г	76571
193.	Г	72462
194.	Г	62673
195.	Г	74790
196.	Г	69802
197.	Г	70624
198.	Г	74935
199.	Г	97520
200.	Г	98442
201.	Г	91994
202.	Г	97932

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
203.	Г	97381
204.	Г	97802
205.	Г	98170
206.	Г	96551
207.	Г	97097
208.	Г	95660
209.	Г	69929
210.	Г	96345
211.	Г	79567
212.	Г	96951
213.	Г	93867
214.	Г	93356
215.	Г	94548
216.	Г	94279
217.	Г	95284
218.	Г	95302
219.	Г	94158
220.	Г	92537
221.	Г	74395
222.	Г	92081
223.	Г	92068
224.	Г	63006
225.	Г	90072
226.	Г	93228
227.	Г	91460
228.	Д	73803

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
229.	Д	70384
230.	Д	70520
231.	Д	71649
232.	Д	74911
233.	Д	67612
234.	Д	59926
235.	Д	75678
236.	Д	73187
237.	Д	80175
238.	Д	74267
239.	Д	75695
240.	Д	72465
241.	Д	70504
242.	Д	79210
243.	Д	70662
244.	Д	70759
245.	Д	67297
246.	Д	71549
247.	Д	71238
248.	Д	67303
249.	Д	77023
250.	Д	367443
251.	Д	73131
252.	Д	72064
253.	Д	71394
254.	Д	74379

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
255.	Д	73996
256.	Д	68204
257.	Д	75037
258.	Д	95758
259.	Д	95248
260.	Д	98029
261.	Д	98970
262.	Д	95470
263.	Д	96035
264.	Д	95920
265.	Д	95403
266.	Д	97248
267.	Д	95095
268.	Д	95168
269.	Д	94932
270.	Д	94741
271.	Д	94763
272.	Д	94888
273.	Д	85611
274.	Д	93205
275.	Д	75654
276.	Д	92775
277.	Д	92874
278.	Д	91507
279.	Е	72104
280.	Є	75619

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
281.	Є	82677
282.	Є	82674
283.	Є	76110
284.	Є	67068
285.	Є	65762
286.	Є	71278
287.	Є	68104
288.	Є	62702
289.	Є	97450
290.	Є	84723
291.	Є	96247
292.	Є	95240
293.	Є	92746
294.	Є	91358
295.	Ж	73231
296.	Ж	64755
297.	Ж	70859
298.	Ж	70839
299.	Ж	74753
300.	Ж	84208
301.	Ж	96544
302.	Ж	93689
303.	Ж	92744
304.	Ж	91550
305.	З	74248
306.	З	73275

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
307.	З	62559
308.	З	64924
309.	З	74181
310.	З	72708
311.	З	65945
312.	З	74880
313.	З	70784
314.	З	72135
315.	З	97547
316.	З	96210
317.	З	96010
318.	З	77501
319.	З	97096
320.	З	94182
321.	З	92259
322.	З	91319
323.	З	91411
324.	З	92899
325.	І	72331
326.	І	75227
327.	І	75859
328.	І	73419
329.	І	70772
330.	І	68171
331.	І	72885
332.	І	68628

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
333.	І	67241
334.	І	66481
335.	І	69271
336.	І	97671
337.	І	97896
338.	І	98248
339.	І	96420
340.	І	69940
341.	І	93319
342.	І	93277
343.	І	94514
344.	І І	94797
345.	І	92125
346.	І	92859
347.	К	71766
348.	К	89334
349.	К	70440
350.	К	71871
351.	К	72014
352.	К	73370
353.	К	81294
354.	К	85239
355.	К	88866
356.	К	74634
357.	К	75327
358.	К	68210

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
359.	К	65993
360.	К	75050
361.	К	75540
362.	К	73756
363.	К	73205
364.	К	72535
365.	К	70139
366.	К	73233
367.	К	68051
368.	К	67171
369.	К	71372
370.	К	71226
371.	К	73478
372.	К	68283
373.	К	69502
374.	К	66582
375.	К	75780
376.	К	67899
377.	К	66229
378.	К	68850
379.	К	89446
380.	К	67304
381.	К	71332
382.	К	74768
383.	К	66229
384.	К	67543

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
385.	К	73276
386.	К	72293
387.	К	70556
388.	К	67661
389.	К	73873
390.	К	73428
391.	К	69821
392.	К	74314
393.	К	69768
394.	К	68448
395.	К	73934
396.	К	74550
397.	К	71148
398.	К	71141
399.	К	86781
400.	К	70440
401.	К	72551
402.	К	71031
403.	К	71642
404.	К	71702
405.	К	74112
406.	К	73493
407.	К	75432
408.	К	74767
409.	К	71567
410.	К	79358

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
411.	К	71903
412.	К	78345
413.	К	75410
414.	К	71991
415.	К	68732
416.	К	73759
417.	К	75663
418.	К	83174
419.	К	74527
420.	К	71606
421.	К	68443
422.	К	71584
423.	К	78112
424.	К	73820
425.	К	89582
426.	К	70006
427.	К	72626
428.	К	72959
429.	К	74633
430.	К	66696
431.	К	74754
432.	К	73969
433.	К	74207
434.	К	68326
435.	К	74962
436.	К	71024

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
437.	К	68369
438.	К	67382
439.	К	69962
440.	К	72298
441.	К	74368
442.	К	72577
443.	К	67320
444.	К	71602
445.	К	74115
446.	К	68060
447.	К	74539
448.	К	62084
449.	К	73018
450.	К	69028
451.	К	73047
452.	К	71719
453.	К	76183
454.	К	73630
455.	К	96218
456.	К	100645
457.	К	91146
458.	К	85890
459.	К	83572
460.	К	97039
461.	К	96155
462.	К	97232

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
463.	К	97439
464.	К	97370
465.	К	97807
466.	К	98306
467.	К	95844
468.	К	97078
469.	К	95658
470.	К	95667
471.	К	71554
472.	К	95112
473.	К	95938
474.	К	96401
475.	К	96449
476.	К	96550
477.	К	96512
478.	К	96074
479.	К	95304
480.	К	95917
481.	К	96325
482.	К	96859
483.	К	95982
484.	К	95623
485.	К	95785
486.	К	95828
487.	К	69990
488.	К	97346

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
489.	К	93217
490.	К	93824
491.	К	93445
492.	К	93698
493.	К	55181
494.	К	93885
495.	К	94067
496.	К	93525
497.	К	93977
498.	К	94855
499.	К	95042
500.	К	95289
501.	К	91853
502.	К	93157
503.	К	91501
504.	К	91294
505.	К	92174
506.	К	91717
507.	К	92814
508.	К	93148
509.	К	91408
510.	К	92844
511.	К	92338
512.	К	91650
513.	К	93086
514.	К	93130

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
515.	К	92154
516.	К	92882
517.	Л	73325
518.	Л	73818
519.	Л	74613
520.	Л	63106
521.	Л	59305
522.	Л	71333
523.	Л	74068
524.	Л	81581
525.	Л	73945
526.	Л	55387
527.	Л	72650
528.	Л	69277
529.	Л	65781
530.	Л	81724
531.	Л	75653
532.	Л	74438
533.	Л	83541
534.	Л	71247
535.	Л	56595
536.	Л	74034
537.	Л	70685
538.	Л	74178
539.	Л	74848
540.	Л	70244

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
541.	Л	75588
542.	Л	76008
543.	Л	71842
544.	Л	78463
545.	Л	60208
546.	Л	68659
547.	Л	73286
548.	Л	74063
549.	Л	73440
550.	Л	82835
551.	Л	64386
552.	Л	71920
553.	Л	69754
554.	Л	70984
555.	Л	72143
556.	Л	96819
557.	Л	95320
558.	Л	76812
559.	Л	94001
560.	Л	93968
561.	Л	91343
562.	Л	93125
563.	М	74735
564.	М	65049
565.	М	71251
566.	М	74415

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
567.	М	66935
568.	М	71738
569.	М	70306
570.	М	68358
571.	М	72923
572.	М	75258
573.	М	70897
574.	М	72385
575.	М	69167
576.	М	73399
577.	М	67836
578.	М	69862
579.	М	75062
580.	М	72322
581.	М	89535
582.	М	75741
583.	М	67967
584.	М	75507
585.	М	71749
586.	М	81048
587.	М	72146
588.	М	74860
589.	М	74767
590.	М	72985
591.	М	89333
592.	М	68499

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
593.	М	75177
594.	М	74324
595.	М	75138
596.	М	87105
597.	М	73075
598.	М	67767
599.	М	65029
600.	М	71283
601.	М	64505
602.	М	67866
603.	М	66902
604.	М	70485
605.	М	77001
606.	М	75738
607.	М	64086
608.	М	75435
609.	М	71239
610.	М	89339
611.	М	70564
612.	М	68218
613.	М	75472
614.	М	73695
615.	М	77882
616.	М	85914
617.	М	97309
618.	М	97532

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
619.	М	98373
620.	М	96202
621.	М	96781
622.	М	92622
623.	М	96441
624.	М	96503
625.	М	96710
626.	М	95578
627.	М	96689
628.	М	96141
629.	М	96885
630.	М	94218
631.	М	92182
632.	М	91482
633.	М	77760
634.	М	91518
635.	М	93005
636.	М	92268
637.	М	91762
638.	М	91733
639.	М	93031
640.	М	91384
641.	М	91931
642.	Н	69231
643.	Н	69300
644.	Н	90338

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
645.	Н	70989
646.	Н	74086
647.	Н	73937
648.	Н	74347
649.	Н	72048
650.	Н	69808
651.	Н	67693
652.	Н	78570
653.	Н	68615
654.	Н	72173
655.	Н	71862
656.	Н	69116
657.	Н	71146
658.	Н	72786
659.	Н	74798
660.	Н	73225
661.	Н	89226
662.	Н	97957
663.	Н	95043
664.	Н	97971
665.	Н	97132
666.	Н	96595
667.	Н	95377
668.	Н	95439
669.	Н	94896
670.	Н	93567

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
671.	Н	94530
672.	Н	91500
673.	Н	91538
674.	Н	92802
675.	О	67625
676.	О	66068
677.	О	77868
678.	О	68581
679.	О	73619
680.	О	74066
681.	О	71593
682.	О	74014
683.	О	48591
684.	О	79128
685.	О	73548
686.	О	68818
687.	О	72370
688.	О	69084
689.	О	72204
690.	О	70459
691.	О	69150
692.	О	76956
693.	О	65602
694.	О	74406
695.	О	70114
696.	О	97304

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
697.	О	94131
698.	О	94161
699.	О	96912
700.	О	95787
701.	О	97000
702.	О	93315
703.	О	66330
704.	О	94286
705.	О	94734
706.	О	91870
707.	О	92260
708.	О	91383
709.	П	70892
710.	П	67128
711.	П	73959
712.	П	74567
713.	П	73788
714.	П	75425
715.	П	74532
716.	П	71077
717.	П	73455
718.	П	69979
719.	П	73863
720.	П	61828
721.	П	73877
722.	П	74499

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
723.	П	69757
724.	П	72781
725.	П	67240
726.	П	73457
727.	П	69614
728.	П	65663
729.	П	77188
730.	П	74143
731.	П	69856
732.	П	69285
733.	П	65655
734.	П	71669
735.	П	69742
736.	П	69297
737.	П	74553
738.	П	74065
739.	П	67806
740.	П	71022
741.	П	71964
742.	П	69213
743.	П	69205
744.	П	73281
745.	П	74473
746.	П	74286
747.	П	74164
748.	П	72038

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
749.	П	74759
750.	П	76906
751.	П	95159
752.	П	97808
753.	П	97857
754.	П	68558
755.	П	97060
756.	П	97114
757.	П	97099
758.	П	96970
759.	П	95930
760.	П	96538
761.	П	97157
762.	П	96245
763.	П	86490
764.	П	97269
765.	П	95760
766.	П	95383
767.	П	96877
768.	П	94943
769.	П	94497
770.	П	93500
771.	П	93393
772.	П	94167
773.	П	91477
774.	П	91462

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
775.	П	91704
776.	П	74371
777.	П	92958
778.	П	92370
779.	П	92064
780.	П	92779
781.	П	83348
782.	Р	75143
783.	Р	83852
784.	Р	63762
785.	Р	75701
786.	Р	72046
787.	Р	65932
788.	Р	70753
789.	Р	69188
790.	Р	66073
791.	Р	77841
792.	Р	70666
793.	Р	66814
794.	Р	74432
795.	Р	70461
796.	Р	72423
797.	Р	65860
798.	Р	81822
799.	Р	73113
800.	Р	73141

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
801.	Р	71793
802.	Р	68694
803.	Р	70570
804.	Р	68931
805.	Р	68986
806.	Р	74760
807.	Р	74479
808.	Р	76558
809.	Р	68149
810.	Р	62429
811.	Р	89316
812.	Р	97956
813.	Р	98294
814.	Р	98265
815.	Р	95309
816.	Р	95682
817.	Р	95846
818.	Р	96308
819.	Р	95440
820.	Р	94665
821.	Р	89622
822.	Р	81168
823.	Р	95219
824.	Р	93097
825.	Р-Щ	77964
826.	С	39996

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
827.	С	70973
828.	С	73125
829.	С	66635
830.	С	80179
831.	С	73574
832.	С	69944
833.	С	70850
834.	С	71490
835.	С	66729
836.	С	74683
837.	С	78491
838.	С	72999
839.	С	69180
840.	С	75433
841.	С	71859
842.	С	69955
843.	С	74960
844.	С	58582
845.	С	77505
846.	С	74104
847.	С	60747
848.	С	69241
849.	С	72144
850.	С	70201
851.	С	64416
852.	С	68080

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
853.	С	73850
854.	С	72407
855.	С	67403
856.	С	71061
857.	С	68968
858.	С	68633
859.	С	69225
860.	С	70648
861.	С	75615
862.	С	72840
863.	С	73406
864.	С	72153
865.	С	71580
866.	С	75510
867.	С	72715
868.	С	58259
869.	С	59789
870.	С	68806
871.	С	75761
872.	С	74369
873.	С	65209
874.	С	74823
875.	С	78162
876.	С	67305
877.	С	72794
878.	С	72051

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
879.	С	68079
880.	С	67513
881.	С	68701
882.	С	68889
883.	С	69904
884.	С	69022
885.	С	68232
886.	С	73424
887.	С	74562
888.	С	68312
889.	С	80992
890.	С	75226
891.	С	75743
892.	С	74869
893.	С	70476
894.	С	96975
895.	С	61448
896.	С	97535
897.	С	97489
898.	С	97869
899.	С	95482
900.	С	96380
901.	С	96435
902.	С	96578
903.	С	97136
904.	С	85537

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
905.	С	97016
906.	С	97002
907.	С	93413
908.	С	93966
909.	С	93887
910.	С	93355
911.	С	93633
912.	С	93794
913.	С	94875
914.	С	89517
915.	С	91543
916.	С	92865
917.	С	93169
918.	С	93168
919.	С	93180
920.	С	92817
921.	С	91752
922.	С	93069
923.	С	76185
924.	С	91977
925.	С	92312
926.	С	90132
927.	С	91420
928.	С	91468
929.	Т	72847
930.	Т	67878

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
931.	T	68361
932.	T	71773
933.	T	66770
934.	T	73549
935.	T	70703
936.	T	69627
937.	T	61732
938.	T	89366
939.	T	72506
940.	T	68206
941.	T	73995
942.	T	67533
943.	T	69270
944.	T	59437
945.	T	85049
946.	T	66257
947.	T	81960
948.	T	74756
949.	T	69727
950.	T	71613
951.	T	68650
952.	T	88768
953.	T	86956
954.	T	66482
955.	T	83469
956.	T	78259

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
957.	T	75391
958.	T	70177
959.	T	75148
960.	T	68892
961.	T	97676
962.	T	98376
963.	T	97066
964.	T	65541
965.	T	93854
966.	T	93632
967.	T	93715
968.	T	92839
969.	T	92072
970.	T	91919
971.	Y	75288
972.	Y	74733
973.	Y	72302
974.	Y	73363
975.	Y	65228
976.	Y	75135
977.	Y	68336
978.	Y	97415
979.	Y	98127
980.	Y	96982
981.	Φ	71493
982.	Φ	71623

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
983.	Ф	74541
984.	Ф	71988
985.	Ф	80608
986.	Ф	73693
987.	Ф	73631
988.	Ф	80144
989.	Ф	77480
990.	Ф	75744
991.	Ф	62604
992.	Ф	72269
993.	Ф	73335
994.	Ф	97717
995.	Ф	96574
996.	Ф	79224
997.	Ф	93379
998.	Ф	94069
999.	Ф	94069
1000.	Ф	92267
1001.	Х	63976
1002.	Х	75545
1003.	Х	63614
1004.	Х	71341
1005.	Х	63539
1006.	Х	89370
1007.	Х	73371
1008.	Х	98229

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
1009.	Х	85086
1010.	Х	94994
1011.	Х	92178
1012.	Х	91295
1013.	Ц	73209
1014.	Ц	74152
1015.	Ц	93434
1016.	Ц	95063
1017.	Ч	64104
1018.	Ч	74380
1019.	Ч	68675
1020.	Ч	74515
1021.	Ч	69348
1022.	Ч	74307
1023.	Ч	68640
1024.	Ч	72517
1025.	Ч	74261
1026.	Ч	70704
1027.	Ч	69706
1028.	Ч	67299
1029.	Ч	73728
1030.	Ч	72624
1031.	Ч	53046
1032.	Ч	73329
1033.	Ч	68636
1034.	Ч	75512

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
1035.	Ч	75088
1036.	Ч	68381
1037.	Ч	68511
1038.	Ч	73868
1039.	Ч	68574
1040.	Ч	75909
1041.	Ч	95590
1042.	Ч	95358
1043.	Ч	95413
1044.	Ч	93730
1045.	Ч	94638
1046.	Ч	95293
1047.	Ч	94821
1048.	Ч	92082
1049.	Ч	91228
1050.	Ч	93070
1051.	Ш	96994
1052.	Ш	69951
1053.	Ш	67719
1054.	Ш	72338
1055.	Ш	68546
1056.	Ш	75450
1057.	Ш	69078
1058.	Ш	81366
1059.	Ш	81958
1060.	Ш	72863

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
1061.	Ш	74705
1062.	Ш	75505
1063.	Ш	77559
1064.	Ш	67690
1065.	Ш	75179
1066.	Ш	67690
1067.	Ш	67208
1068.	Ш	67917
1069.	Ш	75600
1070.	Ш	83507
1071.	Ш	64636
1072.	Ш	89106
1073.	Ш	72141
1074.	Ш	87847
1075.	Ш	69653
1076.	Ш	68205
1077.	Ш	73303
1078.	Ш	75729
1079.	Ш	78286
1080.	Ш	79719
1081.	Ш	65656
1082.	Ш	92765
1083.	Ш	97310
1084.	Ш	97510
1085.	Ш	97974
1086.	Ш	93455

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
1087.	Ш	94043
1088.	Ш	94958
1089.	Ш	93748
1090.	Ш	94656
1091.	Ш	94304
1092.	Ш	92951
1093.	Ш	92044
1094.	Ш	93220
1095.	Щ	72086
1096.	Щ	71830
1097.	Щ	72796
1098.	Щ	96260
1099.	Щ	96804
1100.	Щ	91795
1101.	Ю	72490
1102.	Ю	70606
1103.	Ю	75060
1104.	Ю	73808
1105.	Ю	98465
1106.	Ю	94018
1107.	Ю	93614

№ з/п	Прізвище	№ історії хвороби
1108.	Я	57639
1109.	Я	75036
1110.	Я	72149
1111.	Я	67544
1112.	Я	89238
1113.	Я	60269
1114.	Я	70541
1115.	Я	85170
1116.	Я	68807
1117.	Я	87310
1118.	Я	73477
1119.	Я	87841
1120.	Я	69942
1121.	Я	68105
1122.	Я	71959
1123.	Я	77117
1124.	Я	80365
1125.	Я	87873
1126.	Я	93469
1127.	Я	93036
1128.	Я	77777

Усі матеріали використані у дисертаційному дослідженні (історії хвороби, рентгенограми), зберігаються в архіві Державній Установи «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І.Ситенка Національної Академії Медичних Наук України»

Медичний директор Державної Установи
«Інститут патології хребта та суглобів
ім. проф. М.І.Ситенка Національної
Академії Медичних Наук України»
д.м.н., проф.



Микола Лизогуб

Додаток Б

Список публікацій за темою дисертації

Статті:

1. Петренко, Д. Є., Мезенцев, А. О., Демченко, О. В. & **Барков, О. О.** (2013). Верифікація методу визначення протяжності фіксації хребта під час виконання вентрального коригувального спондилодезу. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 3(592), 5–8. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-5987201335-8>
2. Skidanov, A. G., Duplii, D. R., Kotulsky, I. V., **Barkov, O. O.**, Kys, A. V., Piontkovsky, V. K. & Radchenko, V. O. (2015). Functional state of back muscles in patients with degenerative diseases of the spine. *Orthopedics, traumatology and prosthetics*. 4(601), 59–68. DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872015459-68>
3. Fedotova, I. F., Korzh, I. V., Lyzogub, M. V., **Barkov, O. O.** & Piontkovsky, V. K. (2016). Management of orthopedic patients with arterial hypertension in the perioperative period (literature review). *Orthopedics, traumatology and prosthetics*. 3(604), 110–114. DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-598720163110-114>
4. Дедух, Н. В., Бенгус, Л. М., Левшин, О. А., Костерін, С. Б., **Барков, О. О.** & Піонтковський, В. К. (2017). Морфологічні зміни в хребтових рухових сегментах поперекового відділу хребта кролів після їх стабілізації ригідними імплантатами. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 1(606), 21–26. DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872017121-26>
5. Radchenko, V. O., **Barkov, O. O.** & Skidanov, A. G. (2019). Five-year experience using the navigation system in spine surgery. *Orthopedics, traumatology and prosthetics*. 1, 5–13 DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-5987201915-13>

6. Радченко, В. О., Леонтьєва, Ф. С., **Барков, О. О.**, Туляков, В. О. & Корж І. В. (2021). Біохімічні й імунологічні показники крові пацієнтів зі запальними ускладненнями після транспедикулярної фіксації хребта *Ортопедія, травматологія та протезування*. 2(623), 23–27. DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872021223-27>

7. **Барков, О. О.**, Веретельник, О. В., Ткачук, М. М., Ткачук, М. А. & Веретельник В. В. (2021). Вплив сагітальних поперекових параметрів на напружено-деформований стан хребтових рухових сегментів за умов застосування транспедикулярної фіксації. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 3(624), 37–48. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872021337-48>

8. **Барков, О. О.** & Дуплій, Д. Р. (2021). Практичні аспекти інтраопераційного нейромоніторингу у хворих із різною патологією хребта. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 4(625), 5–12. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-5987202145-12>

9. Радченко, В. О., Скіданов, М. А., Ашукіна, Р. О., Мальцева, В. Є., Скіданов, А. Г. & **Барков, О. О.** (2022). Сучасні підходи до моделювання in vivo дегенеративних захворювань хребта. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 1–2(626-627), 108–117. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-598720221-2108-117>

10. **Барков, О. О.**, Радченко, В. О., Кацалап, Є. С. & Федотова, І. Ф. (2023). Двохетапне хірургічне лікування великих і ригідних деформацій хребта (передня мобілізація викривлення та задня інструментація хребта) *Ортопедія, травматологія та протезування*. 4(633), 22–30. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872023422-30>

11. **Барков, О. О.**, Малик, Р. В. & Карпінська, О. Д. (2023а). Дослідження навантаження у крижово-клубовому зчленуванні при динамічній симуляції рухів у поперековому відділі хребта на скелетно-м'язових моделях після виконання заднього бісегментарного спондилодезу. *Травма*. 24(2), 46–51. DOI: <https://doi.org/10.22141/1608-1706.2.24.2023.944>

12. **Барков, О. О.**, Малик, Р. В. & Карпінська, О. Д. (2023б). Дослідження навантаження тіла хребця L_{IV} за динамічної симуляції рухів у поперековому відділі хребта на скелетно-м'язових моделях після виконання заднього бісегментарного спондилодезу. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 3(636), 13–18. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872023333-18>

13. **Барков, О. О.**, Туляков, В. О. & Аплевич, В. М. (2024). Використання лабораторних критеріїв для оцінювання ризику післяопераційних ускладнень після транспедикулярної фіксації поперекового відділу хребта. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 1(634), 19–26. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872024119-26>

14. **Барков, О. О.** (2024). Сучасні тенденції хірургічного лікування міжхребцевих гриж та стенозу поперекового відділу хребта. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 4(637), 105-113. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-598720244105-113>

15. Tuliakov, V. & **Barkov, O.** (2024). Biomarkers of inflammation in the blood of patients with the degenerative lumbar spine disease and complications after transpedicular fixation. *Wiad Lek.* 77(12), 2412-2418. DOI: 10.36740/WLek/195545. PMID: 39874324. DOI: [10.36740/WLek/195545](https://doi.org/10.36740/WLek/195545)

16. Корж, М. О., **Барков, О. О.** & Карпінська, О. Д. (2025). Рентгенометричні зміни прилеглих міжхребцевих дисків після транспедикулярної фіксації поперекового відділу хребта в лікуванні дегенеративних захворювань. *Вісник проблем біології і медицини*, 2 (177), 176-190. DOI: [10.29254/2077-4214-2025-2-177-176-190](https://doi.org/10.29254/2077-4214-2025-2-177-176-190)

17. **Барков, О. О.** & Карпінська, О. Д. (2025). Аналіз ревізійних хірургічних втручань грудного та поперекового відділу хребта після транспедикулярної фіксації хребта. *Травма*, 26(3), 189-196. DOI: <https://doi.org/10.22141/1608-1706.3.26.2025.1019>

18. **Barkov, O.** & Karpinska O. (2025). Comparison of the risk of complications in posterior fusion of the lumbar spine with cortical and

transpedicular screw trajectories: a systematic review and meta-analysis. *Wiadomosci Lekarskie*, 7, 1253-1264.
DOI: <https://doi.org/10.36740/WLek/204996>

19. **Барков, О. О.**, Мальцева, В. Є., Нікольченко, О. А., & Данищук, З. М., Самойлова К.М. (2025). Гістологічні зміни в суміжних міжхребцевих дисках у моделі щурів з пошкодженням дриглистого ядра та компресією спинномозкового нерва. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 3(640), 37-46 DOI: DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872025337-46>

20. Бондаренко, С. Є., **Барков, О. О.** & Туляков, В. О. (2026). Рекомендації щодо попередження розвитку післяопераційних ускладнень транспедикулярної фіксації у пацієнтів з патологією хребта. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 1(642), 53-60 DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872026153-60>

Монографії:

21. Kolesnychenko, V. A., **Barkov, O. O.**, Bolkhovytyn, P. V., Bondarenko, S. Ye., Burlaka, V. V., Garbuznyak, I. M., Golka, T. G., Golovyna, Ya. O., Kosteryn, S. B., Mezentsev, V. O., Petrenko, D. Ye., Pidgayska, O. O., Popsuishapka, K. O., Skidanov, A. G. & Fedotova, I.F. (2015). *Orthopedic handbook*. Ed. M. O. Korzha, V. O. Radchenko (2nd ed.). Kyiv: "Health of Ukraine" Library. ISBN 978-617-7100-18-7

22. **Барков, О. О.**, Костерін, С. Б., Піонтковський, В. К., Попов, А. І., Попсуйшапка, К. О., Скіданов, А. Г., Федотова, І. Ф. & Шманько, О. П. (2020). *Біль у спині. Посібник для сімейних лікарів: довідник лікаря*. Під ред. Коржа М. О., Радченка В. О. Київ: ТОВ «Бібліотека «Здоров'я України». ISBN 978-617-7100-52-1

Тези:

23. Федотова, І. Ф., **Барков, О. О.**, Дуплій, Д. Р. & Сіренко, О. А. (2014). Проведення інтраопераційного нейромоніторингу під час хірургічних втручань на хребті. *III міжнародний конгрес України «Впровадження сучасних досягнень медичної науки в практику охорони здоров'я України»*, (14–16 жовтня, с. 55-56). Київ.

24. Радченко, В. О., Мезенцев, А. О. & **Барков, О. О.** (2016). Хірургічне лікування різних типів сколіозу у дорослих. *Збірник наукових праць XVII з'їзду ортопедів-травматологів*, (5-7 жовтня, с. 312-313). Київ.

25. Куценко, В. О., Чернишов, О. Г., Федотова, І. Ф. & **Барков, О. О.** (2017). Вплив параметрів сагітального хребтово-тазового балансу на морфогенез поперекових хребцевих сегментів. *Збірник наукових праць Науково-практичної конференції з міжнародною участю «Сучасні дослідження в ортопедії та травматології»*, (4-5 жовтня, с. 35). Харків.

26. Веретельник, О. В., Ткачук, М. А., **Барков, О. О.**, Радченко, В. О., Тимченко, І. Б. & Диннік, О. А. (2018), Напружено-деформований стан елементів поперекового відділу хребта після проведення динамічної міжостистої стабілізації, *Збірник наукових праць за матеріалами Науково-практичної конференції з міжнародною участю «Сучасні дослідження в ортопедії та травматології»*, (4-5 жовтня, сс. 35–38). Харків.

27. Радченко, В. О. & **Барков, О. О.** (2019). Помилки та ускладнення транспедикулярної фіксації в хірургії грудного та поперекового відділів хребта. *Збірник наукових праць XVIII з'їзду ортопедів-травматологів*, (9-11 жовтня, с. 127-128). Івано-Франківськ.

28. Радченко, В. О., **Барков, О. О.**, Хмизов, С. О., Гриценко, А. В. & Колесніченко, Ю. Е. (2020). Індивідуальне хірургічне лікування аномалій та деформацій хребта у дітей та підлітків із застосуванням 3D навігації та нейромоніторингу. *Актуальні питання патології суглобів та*

ендопротезування: матеріали П'ятої науково-практичної конференції, (3–5 вересня, сс. 73-75). Запоріжжя.

29. Барков, О. О., Нікольченко, О. А., Мальцева, В. Є. & Данищук, З. М. (2024). Розробка експериментальної моделі на щурах для дослідження ускладнень у хірургії поперекового відділу хребта. *Матеріали наукової конференції «Вертебрологія на сучасному етапі», присвячена 100-річчю з дня народження видатного вченого ортопеда-травматолога академіка О.О. Коржа*, (19 квітня, сс. 4-6). Харків.

30. Барков, О. О. & Дуплій, Д. Р. (2024). Інформативність модальностей інтраопераційного моніторингу у хворих з різною патологією хребта. *Матеріали науково-практичної конференції «Слобожанська конференція з анестезіології та інтенсивної терапії: професійний розвиток попри війну»*, (28 червня, с. 2.). Харків.

Додаток В

Апробація результатів дослідження

Результати дослідження оприлюднено на:

1. III міжнародному конгресі України «Впровадження сучасних досягнень медичної науки в практику охорони здоров'я України», Київ, 14–16 жовтня.
2. 13-му Міжнародному симпозиумі «Minimal invasive and instrumented surgery of the spine», Львів, 30 травня 2015 р..
3. XVII з'їзді ортопедів-травматологів України, Київ, 5-7 жовтня 2016 р.
4. 15-му Міжнародному симпозиумі «Minimal invasive and instrumented surgery of the spine», Харків, 27 травня 2017 р.
5. Науково-практичній конференції з міжнародною участю «Сучасні дослідження в ортопедії та травматології» Харків, 4-5 жовтня 2018 р.
6. Науково-практичній конференції з міжнародною участю «Сучасні дослідження в ортопедії та травматології» (наукові читання, присвячені пам'яті акад. О. О. Коржа), Харків 4-5 жовтня 2018 р.
7. X ювілейному міжнародному медичному форумі України, 17-19 квітня 2019 р.
8. 17-у Міжнародному симпозиумі «Minimal invasive and instrumented surgery of the spine», Харків, 25 травня 2019 р.
9. 16-у Міжнародному симпозиумі «Minimal invasive and instrumented surgery of the spine», Харків, 26 травня 2018 р.
10. 17-му Міжнародному симпозиумі «Minimal invasive and instrumented surgery of the spine», Харків 25 травня 2019 р.
11. Симпозиумі «Ukraine-Turkey Spine Days», Запоріжжя, 8 листопада 2019 р.
12. 4-й науковій зустрічі Північноамериканського товариства спинальних хірургів (NASS), Міжнародного товариства мінімального

втручання в хірургії хребта (ISMISS) та Індонезійського товариства спинальних хірургів (ISS), Джакарта (Індонезія), 23-24 серпня 2019 р.

13. 18-му Міжнародному симпозиумі «Minimal invasive and instrumented surgery of the spine», Харків, 05 грудня 2020 р.

14. 19-му Міжнародному симпозиумі «Minimal invasive and instrumented surgery of the spine», Харків, 04 грудня 2021 р.

15. VII з'їзді Української асоціації нейрохірургів, Одеса, 16-18 вересня 2021 р.

16. Науково-практичній конференції «Бойова травма», Харків, 21 грудня 2023 р.

17. Науково-практичній конференції «Вертебрологія на сучасному етапі», присвяченій 100-річчю з дня народження видатного вченого ортопеда-травматолога академіка О.О. Коржа, Харків, 19 квітня 2024 р.

18. 20-му Міжнародному симпозиумі «Minimal invasive and instrumented surgery of the spine», Рівне, 1-2 червня 2024 р.

19. 21-му Міжнародному симпозиуму «Minimal invasive and instrumented surgery of the spine», Івано-Франківськ, 31 травня – 1 червня 2025 р.

Додаток Г

АКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Генеральний директор ОКНП
«Чернівецька лікарня швидкої медичної
допомоги» Олександр ГРУШКО
“ 12 ” 05 2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Методика хірургічного лікування великих та ригідних деформацій хребта з використанням транспедикулярної фіксації.

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ПІХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Барков О.О., Радченко В.О., Кацалап Є.С., Федотова І.Ф.

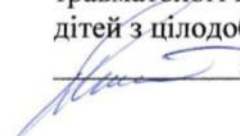
(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Барков, О. О., Радченко, В. О., Кацалап, Є. С., & Федотова, І. Ф. (2023). Двохетапне хірургічне лікування великих і ригідних деформацій хребта (передня мобілізація викривлення та задня інструментація хребта). Ортопедія, травматологія та протезування, (4(633)), 22–30. <https://doi.org/10.15674/0030-59872023422-30>

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса
ОКНП «Чернівецька лікарня швидкої медичної допомоги», 58023, м. Чернівці,
вул. Фастівська, 2**5. Строки впровадження з** ____ січня ____ 2024 ____ по ____ квітень ____ 2025 ____ р.**6. Загальна кількість спостережень –** ____ 2 ____ хворих**7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна) ретельно виконана передня мобілізація з подальшим використанням системи витягнення пацієнта в ліжку дає змогу збільшити мобільність хребта й поступово адаптувати тканини і спинний мозок до наступної задньої корекції хребта, що значно зменшує ризики неврологічних ускладнень, а також отримати максимально задовільні результати корекції.****8. Зауваження, пропозиції:** Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для зменшення розвитку неврологічних ускладнень при корекції великих та ригідних деформацій хребта з використанням транспедикулярної фіксації.Відповідальна за впровадження особа
(посада, підпис, прізвище, ініціали)Зав. обласного ортопедо-
травматологічного відділення для
дітей з цілодобовим травмпунктом

“ 12 ” 05 2025 р.

 Андрій МАРТИНОВ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Генеральний директор ОКНП
«Чернівецька лікарня швидкої медичної
допомоги»

Олександр ГРУШКО
“12” 05 2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Оцінка специфічності та чутливості модальностей інтраопераційного нейромоніторингу в процесі операції транспедикулярної фіксації хребців у грудному та поперековому відділах хребта при деформаціях та захворюваннях хребта за змінами значень амплітуд моторно викликаних потенціалів після введення транспедикулярних гвинтів та корекції деформації.

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ІПХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Барков О.О., Дуплій Д.Р.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Барков О.О., Дуплій Д.Р. Практичні аспекти інтраопераційного нейромоніторингу у хворих із різною патологією хребта. Ортопедія, травматологія та протезування. – 2021. – № 4(625). – С. 5–12. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-5987202145-12>

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса ОКНП «Чернівецька лікарня швидкої медичної допомоги», 58023, м. Чернівці, вул. Фастівська, 2

5. Строки впровадження з ____ січня ____ 2023 ____ по ____ квітень ____ 2025 ____ р.

6. Загальна кількість спостережень – ____ 2 ____ хворих

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна) використання інтраопераційного нейромоніторингу при транспедикулярної фіксації хребців у пацієнтів із деформаціями та захворюваннями хребта дозволяє інтраопераційно оцінювати коректність введення транспедикулярних гвинтів, що знижує ризик неврологічних ускладнень, що сприяє ефективності хірургічного лікування.

8. Зауваження, пропозиції: Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для зменшення розвитку неврологічних ускладнень транспедикулярної фіксації при хірургічному лікуванні захворювань, деформацій та травматичних ушкоджень хребта.

Відповідальна за впровадження особа
(посада, підпис, прізвище, ініціали)

Зав. обласного ортопедо-
травматологічного відділення для
дітей з цілодобовим травмпунктом

“12” 05 2025 р. Андрій МАРТИНОВ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Генеральний директор ОКНП
«Чернівецька лікарня швидкої медичної
допомоги»
Олександр ГРУШКО
“04” 09 2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Оцінка вірогідності післяопераційних ускладнень після транспедикулярної фіксації хребців у грудному та поперековому відділі хребта при дегенеративних захворюваннях та деформаціях хребта за змінами значень маркерів запалення у сироватці крові пацієнтів до оперативного лікування

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ІПХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Туляков В.О., Барков О.О.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Tuliakov, V. & Barkov, O. (2024). Biomarkers of inflammation in the blood of patients with the degenerative lumbar spine disease and complications after transpedicular fixation. *Wiad Lek.* 77(12), 2412-2418. DOI: 10.36740/WLek/195545

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса ОКНП «Чернівецька лікарня швидкої медичної допомоги», 58023, м. Чернівці, вул. Фастівська, 2

5. Строки впровадження з січня 2025 по серпень 2025 р.

6. Загальна кількість спостережень – 15 хворих

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна) комплексне передопераційне дослідження біохімічних маркерів запалення у сироватці крові хворих із дегенеративними захворюванням, травмами та деформаціями грудного та поперекового відділів хребта дозволяє виділяти пацієнтів із підвищеною вірогідністю розвитку післяопераційних запальних ускладнень транспедикулярної фіксації хребців, що сприяє скороченню числа ускладнень, зменшенню тривалості та перебування пацієнтів у стаціонарі, підвищує надійність і економічну ефективність лікування.

8. Зауваження, пропозиції: Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для попередження розвитку запальних ускладнень транспедикулярної фіксації при хірургічному лікуванні захворювань, деформацій та травматичних ушкоджень хребта.

Відповідальна за впровадження особа
(посада, підпис, прізвище, ініціали)
Зав. травматологічного відділення для
дорослих, к.м.н.

“04” 09 2025 р.

Дмитро ЯКИМ'ЮК

ЗАТВЕРДЖУЮ
Генеральний директор ОКНП
«Чернівецька лікарня швидкої медичної
допомоги»

Олександр ГРУШКО
“ 12 ” 05 20 25 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Оцінка вірогідності післяопераційних ускладнень після транспедикулярної фіксації хребців у грудному та поперековому відділі хребта при дегенеративних захворюваннях та деформаціях хребта за змінами значень біохімічних показників у сироватці крові пацієнтів до оперативного лікування
(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ІПХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Барков О.О., Туляков В.О., Аплевич В.М.
(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Барков О.О., Туляков В.О., Аплевич В.М. Використання лабораторних критеріїв для оцінювання ризику післяопераційних ускладнень після транспедикулярної фіксації поперекового відділу хребта. Ортопедія, травматологія та протезування. – 2024. – № 1(634). – С. 19–26. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872024119-26>

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса
ОКНП «Чернівецька лікарня швидкої медичної допомоги», 58023, м. Чернівці, вул. Фастівська, 2

5. Строки впровадження з березня 2024 **по** квітня 2025 **р.**

6. Загальна кількість спостережень – 19 **хворих**

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна)
комплексне передопераційне дослідження біохімічних показників у сироватці крові хворих із дегенеративними захворюваннями та деформаціями грудного та поперекового відділів хребта дозволяє виділяти пацієнтів із підвищеною вірогідністю розвитку післяопераційних ускладнень транспедикулярної фіксації хребців, що сприяє скороченню числа ускладнень, зменшенню тривалості та перебування пацієнтів у стаціонарі, підвищує надійність і економічну ефективність лікування.

8. Зауваження, пропозиції: Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для попередження розвитку запальних ускладнень транспедикулярної фіксації при хірургічному лікуванні захворювань, деформацій та травматичних ушкоджень хребта.

Відповідальна за впровадження особа
(посада, підпис, прізвище, ініціали)
Зав. травматологічного відділення для
дорослих, к.м.н.

“ 12 ” 05 20 25 р.

Дмитро ЯКИМ'ЮК

ЗАТВЕРДЖУЮ

Генеральний директор
КП «Рівненська обласна клінічна лікарня
ім. Ю. Семенюка» РОР

Віктор ТКАЧ

“03” 09 2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Оцінка вірогідності післяопераційних ускладнень після транспедикулярної фіксації хребців у грудному та поперековому відділі хребта при дегенеративних захворюваннях та деформаціях хребта за змінами значень маркерів запалення у сироватці крові пацієнтів до оперативного лікування
(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ІПХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Туляков В.О., Барков О.О.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Tuliakov, V. & Barkov, O. (2024). Biomarkers of inflammation in the blood of patients with the degenerative lumbar spine disease and complications after transpedicular fixation. *Wiad Lek.* 77(12), 2412-2418. DOI: 10.36740/WLek/195545

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса

КП «Рівненська обласна клінічна лікарня ім. Ю. Семенюка» РОР, 33007, м. Рівне, вул. Київська, 78-г

5. Строки впровадження з січня 2025 **по** серпень 2025 **р.**

6. Загальна кількість спостережень – 16 **хворих**

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна)
комплексне передопераційне дослідження біохімічних маркерів запалення у сироватці крові хворих із дегенеративними захворюванням, травмами та деформаціями грудного та поперекового відділів хребта дозволяє виділяти пацієнтів із підвищеною вірогідністю розвитку післяопераційних запальних ускладнень транспедикулярної фіксації хребців, що сприяє скороченню числа ускладнень, зменшенню тривалості та перебування пацієнтів у стаціонарі, підвищує надійність і економічну ефективність лікування.

8. Зауваження, пропозиції: Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для попередження розвитку запальних ускладнень транспедикулярної фіксації при хірургічному лікуванні захворювань, деформацій та травматичних ушкоджень хребта.

Відповідальна за впровадження особа
(посада, підпис, прізвище, ініціали)

Завідувач обласного центру
ортопедії, травматології та
вертебрології

Юрій ШЕВЧУК

“03” 09 2025 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Генеральний директор
КП «Рівненська обласна клінічна лікарня
ім. Ю. Семенюка» РОР
Віктор ПКАЧ
“02” 05 2025 р.



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Методика хірургічного лікування великих та ригідних деформацій хребта з використанням транспедикулярної фіксації.

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ІПХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Барков О.О., Радченко В.О., Кацалап Є.С., Федотова І.Ф.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. **Джерело інформації:** Барков, О. О., Радченко, В. О., Кацалап, Є. С., & Федотова, І. Ф. (2023). Двохетапне хірургічне лікування великих і ригідних деформацій хребта (передня мобілізація викривлення та задня інструментація хребта). Ортопедія, травматологія та протезування, (4(633)), 22–30. <https://doi.org/10.15674/0030-59872023422-30>

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. **Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса**
КП «Рівненська обласна клінічна лікарня ім. Ю. Семенюка» РОР, 33007, м. Рівне, вул. Київська, 78-г

5. **Строки впровадження** з січня 2024 по квітень 2025 р.

6. **Загальна кількість спостережень** – 4 хворих

7. **Ефективність впровадження** (клінічна, наукова, соціальна, економічна) ретельно виконана передня мобілізація з подальшим використанням системи витягнення пацієнта в ліжку дає змогу збільшити мобільність хребта й поступово адаптувати тканини і спинний мозок до наступної задньої корекції хребта, що значно зменшує ризики неврологічних ускладнень, а також отримати максимально задовільні результати корекції.

8. **Зауваження, пропозиції:** Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для зменшення розвитку неврологічних ускладнень при корекції великих та ригідних деформацій хребта з використанням транспедикулярної фіксації.

Відповідальна за впровадження особа
(посада, підпис, прізвище, ініціали)
Завідувач обласного центру
ортопедії, травматології та
вертебрології

“02” 05 2025 р.



Юрій ШЕВЧУК

ЗАТВЕРДЖУЮ
Генеральний директор
КП «Рівненська обласна клінічна лікарня
ім. Ю. Семенюка» РОР
Віктор ТКАЧ
“ 02 ” 05 2025 р.



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Оцінка специфічності та чутливості модальностей інтраопераційного нейромоніторингу в процесі операції транспедикулярної фіксації хребців у грудному та поперековому відділах хребта при деформаціях та захворюваннях хребта за змінами значень амплітуд моторно викликаних потенціалів після введення транспедикулярних гвинтів та корекції деформації.

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ПХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Барков О.О., Дуплій Д.Р.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Барков О.О., Дуплій Д.Р. Практичні аспекти інтраопераційного нейромоніторингу у хворих із різною патологією хребта. Ортопедія, травматологія та протезування. – 2021. – № 4(625). – С. 5–12. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-5987202145-12>

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса
КП «Рівненська обласна клінічна лікарня ім. Ю. Семенюка» РОР, 33007, м. Рівне, вул. Київська, 78-г

5. Строки впровадження з ____ січня ____ 2022 ____ **по** ____ квітень ____ 2025 ____ **р.**

6. Загальна кількість спостережень – ____ 27 ____ **хворих**

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна)
використання інтраопераційного нейромоніторингу при транспедикулярної фіксації хребців у пацієнтів із деформаціями та захворюваннями хребта дозволяє інтраопераційно оцінювати коректність введення транспедикулярних гвинтів, що знижує ризик неврологічних ускладнень, що сприяє ефективності хірургічного лікування.

8. Зауваження, пропозиції: Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для зменшення розвитку неврологічних ускладнень транспедикулярної фіксації при хірургічному лікуванні захворювань, деформацій та травматичних ушкоджень хребта.

Відповідальна за впровадження особа
(посада, підпис, прізвище, ініціали)

Завідувач обласного центру
ортопедії, травматології та
вертебрології

“ 02 ” 05 2025 р.



Юрій ШЕВЧУК

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Генеральний директор
 КП «Рівненська обласна клінічна лікарня
 ім. Ю. Семенюка» РОР
 Віктор ЕКАЧ
 “ 02 ” 05 2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Оцінка вірогідності післяопераційних ускладнень після транспедикулярної фіксації хребців у грудному та поперековому відділі хребта при дегенеративних захворюваннях та деформаціях хребта за змінами значень біохімічних показників у сироватці крові пацієнтів до оперативного лікування
 (назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ПІХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Барков О.О., Туляков В.О., Аплевич В.М.
 (установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Барков О.О., Туляков В.О., Аплевич В.М. Використання лабораторних критеріїв для оцінювання ризику післяопераційних ускладнень після транспедикулярної фіксації поперекового відділу хребта. Ортопедія, травматологія та протезування. – 2024. – № 1(634). – С. 19–26. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872024119-26>

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса
 КП «Рівненська обласна клінічна лікарня ім. Ю. Семенюка» РОР, 33007, м. Рівне, вул. Київська, 78-г

5. Строки впровадження з березня 2024 по квітень 2025 р.

6. Загальна кількість спостережень – 26 хворих

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна) комплексне передопераційне дослідження біохімічних показників у сироватці крові хворих із дегенеративними захворюваннями та деформаціями грудного та поперекового відділів хребта дозволяє виділяти пацієнтів із підвищеною вірогідністю розвитку післяопераційних ускладнень транспедикулярної фіксації хребців, що сприяє скороченню числа ускладнень, зменшенню тривалості та перебування пацієнтів у стаціонарі, підвищує надійність і економічну ефективність лікування.

8. Зауваження, пропозиції: Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для попередження розвитку запальних ускладнень транспедикулярної фіксації при хірургічному лікуванні захворювань, деформацій та травматичних ушкоджень хребта.

Відповідальна за впровадження особа
 (посада, підпис, прізвище, ініціали)

Завідувач обласного центру
 ортопедії, травматології та
 вертебрології

Юрій ШЕВЧУК

“ 02 ” 05 2025 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Директор
 ТОВ «МЦ «Клініка Святого Луки»
 4424586 Ганна ЖАР
 “09” 09 2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Оцінка вірогідності післяопераційних ускладнень після транспедикулярної фіксації хребців у грудному та поперековому відділі хребта при дегенеративних захворюваннях та деформаціях хребта за змінами значень маркерів запалення у сироватці крові пацієнтів до оперативного лікування

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ІПХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Туляков В.О., Барков О.О.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Tuliakov, V. & Barkov, O. (2024). Biomarkers of inflammation in the blood of patients with the degenerative lumbar spine disease and complications after transpedicular fixation. *Wiad Lek.* 77(12), 2412-2418. DOI: 10.36740/WLek/195545

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса
 ТОВ «МЦ «Клініка Святого Луки», 60522, Чернівецька обл., Чернівецький р-н, Вознесенське урочище, 1а

5. Строки впровадження з січня 2025 по серпень 2025 р.

6. Загальна кількість спостережень – 17 хворих

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна) комплексне передопераційне дослідження біохімічних маркерів запалення у сироватці крові хворих із дегенеративними захворюванням, травмами та деформаціями грудного та поперекового відділів хребта дозволяє виділяти пацієнтів із підвищеною вірогідністю розвитку післяопераційних запальних ускладнень транспедикулярної фіксації хребців, що сприяє скороченню числа ускладнень, зменшенню тривалості та перебування пацієнтів у стаціонарі, підвищує надійність і економічну ефективність лікування.

8. Зауваження, пропозиції: Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для попередження розвитку запальних ускладнень транспедикулярної фіксації при хірургічному лікуванні захворювань, деформацій та травматичних ушкоджень хребта.

Відповідальна за впровадження особа
 (посада, підпис, прізвище, ініціали)

Лікар ортопед-травматолог
 хірургічного відділення, к.м.н.

Олександр БРАГАР

“09” 09 2025 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Директор
 ТОВ «МЦ «Клініка Святого Луки»
 Ганна ЖАР
 “06” 05 2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Оцінка специфічності та чутливості модальностей інтраопераційного нейромоніторингу в процесі операції транспедикулярної фіксації хребців у грудному та поперековому відділах хребта при деформаціях та захворюваннях хребта за змінами значень амплітуд моторно викликаних потенціалів після введення транспедикулярних гвинтів та корекції деформації.

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ІПХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Барков О.О., Дуплій Д.Р.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Барков О.О., Дуплій Д.Р. Практичні аспекти інтраопераційного нейромоніторингу у хворих із різною патологією хребта. Ортопедія, травматологія та протезування. – 2021. – № 4(625). – С. 5–12. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-5987202145-12>

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса
 ТОВ «МЦ «Клініка Святого Луки», 60522, Чернівецька обл., Чернівецький р-н, Вознесенське урочище, 1а

5. Строки впровадження з ____ січня ____ 2023 ____ по ____ квітень ____ 2025 ____ р.

6. Загальна кількість спостережень – ____ 5 ____ хворих

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна)
використання інтраопераційного нейромоніторингу при транспедикулярної фіксації хребців у пацієнтів із деформаціями та захворюваннями хребта дозволяє інтраопераційно оцінювати коректність введення транспедикулярних гвинтів, що знижує ризик неврологічних ускладнень, що сприяє ефективності хірургічного лікування.

8. Зауваження, пропозиції: Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для зменшення розвитку неврологічних ускладнень транспедикулярної фіксації при хірургічному лікуванні захворювань, деформацій та травматичних ушкоджень хребта.

Відповідальна за впровадження особа
 (посада, підпис, прізвище, ініціали)

Лікар ортопед-травматолог
 хірургічного відділення, к.м.н.

Олександр БРАГАР

“06” 05 2025 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор
ТОВ «МЦ «Клініка Святого Луки»
Ганна ЖАР
“ 06 ” 4421586 05 20 25 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Оцінка вірогідності післяопераційних ускладнень після транспедикулярної фіксації хребців у грудному та поперековому відділі хребта при дегенеративних захворюваннях та деформаціях хребта за змінами значень біохімічних показників у сироватці крові пацієнтів до оперативного лікування

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ІПХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Барков О.О., Туляков В.О., Аплевич В.М.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Барков О.О., Туляков В.О., Аплевич В.М. Використання лабораторних критеріїв для оцінювання ризику післяопераційних ускладнень після транспедикулярної фіксації поперекового відділу хребта. Ортопедія, травматологія та протезування. – 2024. – № 1(634). – С. 19–26. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872024119-26>

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса
ТОВ «МЦ «Клініка Святого Луки», 60522, Чернівецька обл., Чернівецький р-н, Вознесенське урочище, 1а

5. Строки впровадження з березня 2024 по квітня 2025 р.

6. Загальна кількість спостережень – 24 хворих

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна)
комплексне передопераційне дослідження біохімічних показників у сироватці крові хворих із дегенеративними захворюваннями та деформаціями грудного та поперекового відділів хребта дозволяє виділяти пацієнтів із підвищеною вірогідністю розвитку післяопераційних ускладнень транспедикулярної фіксації хребців, що сприяє скороченню числа ускладнень, зменшенню тривалості та перебування пацієнтів у стаціонарі, підвищує надійність і економічну ефективність лікування.

8. Зауваження, пропозиції: Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для попередження розвитку запальних ускладнень транспедикулярної фіксації при хірургічному лікуванні захворювань, деформацій та травматичних ушкоджень хребта.

Відповідальна за впровадження особа
(посада, підпис, прізвище, ініціали)
Лікар ортопед-травматолог
хірургічного відділення, к.м.н.

Олександр БРАГАР

“ 06 ” 05 20 25 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор
ТОВ «МЦ «Клініка Святого Луки»
Ганна ЖАР
“ 06 ” 05 2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Методика хірургічного лікування великих та ригідних деформацій хребта з використанням транспедикулярної фіксації.

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ІПХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Барков О.О., Радченко В.О., Кацалап Є.С., Федотова І.Ф.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Барков, О. О., Радченко, В. О., Кацалап, Є. С., & Федотова, І. Ф. (2023). Двохетапне хірургічне лікування великих і ригідних деформацій хребта (передня мобілізація викривлення та задня інструментація хребта). Ортопедія, травматологія та протезування, (4(633)), 22–30. <https://doi.org/10.15674/0030-59872023422-30>

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса
ТОВ «МЦ «Клініка Святого Луки», 60522, Чернівецька обл., Чернівецький р-н, Вознесенське урочище, 1а

5. Строки впровадження з ____ січня ____ 2024 ____ по ____ квітень ____ 2025 ____ р.

6. Загальна кількість спостережень – ____ 5 ____ хворих

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна) ретельно виконана передня мобілізація з подальшим використанням системи витягнення пацієнта в ліжку дає змогу збільшити мобільність хребта й поступово адаптувати тканини і спинний мозок до наступної задньої корекції хребта, що значно зменшує ризики неврологічних ускладнень, а також отримати максимально задовільні результати корекції.

8. Зауваження, пропозиції: Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для зменшення розвитку неврологічних ускладнень при корекції великих та ригідних деформацій хребта з використанням транспедикулярної фіксації.

Відповідальна за впровадження особа
(посада, підпис, прізвище, ініціали)

Лікар ортопед-травматолог
хірургічного відділення, к.м.н.

“ 06 ” 05 2025 р.

Олександр БРАГАР

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Директор
 ТОВ «МЦ «Клініка Святого Луки»
 44765863 Ганна ЖАР
 « 01 » 05 2026 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Практичні рекомендації щодо діагностики та попередження розвитку післяопераційних ускладнень транспедикулярної фіксації хребців при хірургічному лікуванні пацієнтів із дегенеративними захворюваннями, травмами та деформаціями грудного та поперекового відділів хребта
 (назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ПХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Бондаренко С.Є., Барков О.О., Туляков В.О.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Рекомендації щодо попередження розвитку післяопераційних ускладнень транспедикулярної фіксації у пацієнтів з патологією хребта/ Бондаренко С.Є., Барков О.О., Туляков В.О. //Ортопедія, травматологія та протезування. – 2026. – № 1(642). – С. 53-60. DOI:https://doi.org/10.15674/0030-59872026153-60

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса
 ТОВ «МЦ «Клініка Святого Луки», 60522, Чернівецька обл., Чернівецький р-н, Вознесенське урочище, 1а

5. Строки впровадження з 01 березня 2026 по 05 квітень 2026 р.

6. Загальна кількість спостережень – 7 хворих

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна)
застосування рекомендацій щодо діагностики та попередження розвитку післяопераційних ускладнень транспедикулярної фіксації хребців при хірургічному лікуванні пацієнтів із дегенеративними захворюваннями, травмами та деформаціями грудного та поперекового відділів хребта сприяє скороченню числа ускладнень, зменшенню тривалості та перебування пацієнтів у стаціонарі, підвищує надійність і економічну ефективність лікування.

8. Зауваження, пропозиції: Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для попередження розвитку ускладнень транспедикулярної фіксації при хірургічному лікуванні захворювань, деформацій та травматичних ушкоджень хребта.

Відповідальна за впровадження особа
 (посада, підпис, прізвище, ініціали)
 Лікар ортопед-травматолог
 хірургічного відділення, к.м.н.

« 01 » 05 2026 р.

Олександр БРАГАР

ЗАТВЕРДЖУЮ

Генеральний директор
 Комунального некомерційного
 підприємства «Міська багатoproфільна
 клінічна лікарня ім. проф. М.Ф. Руднева
 Дніпровської міської ради»
 Ігор МАКЕДОНСЬКИЙ
 “ 12 ” 05 2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Оцінка специфічності та чутливості модальностей інтраопераційного нейромоніторингу в процесі операції транспедикулярної фіксації хребців у грудному та поперековому відділах хребта при деформаціях та захворюваннях хребта за змінами значень амплітуд моторно викликаних потенціалів після введення транспедикулярних гвинтів та корекції деформації.

2. ДУ «ІПХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Барков О.О., Дуплій Д.Р.

3. Джерело інформації: Барков О.О., Дуплій Д.Р. Практичні аспекти інтраопераційного нейромоніторингу у хворих із різною патологією хребта. Ортопедія, травматологія та протезування. – 2021. – № 4(625). – С. 5–12. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-5987202145-12>

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса
 Комунальне некомерційне підприємство «Міська багатoproфільна клінічна лікарня ім. проф. М.Ф. Руднева Дніпровської міської ради», 749006, м. Дніпро, пр. Лесі Українки, 26

5. Строки впровадження з ____ січня ____ 2023 ____ по ____ квітень ____ 2025 ____ р.

6. Загальна кількість спостережень – ____ 43 ____ хворих

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна)
використання інтраопераційного нейромоніторингу при транспедикулярної фіксації хребців у пацієнтів із деформаціями та захворюваннями хребта дозволяє інтраопераційно оцінювати коректність введення транспедикулярних гвинтів, що знижує ризик неврологічних ускладнень, що сприяє ефективності хірургічного лікування.

8. Зауваження, пропозиції: Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для зменшення розвитку неврологічних ускладнень транспедикулярної фіксації при хірургічному лікуванні захворювань, деформацій та травматичних ушкоджень хребта.

Відповідальна за впровадження особа
 (посада, підпис, прізвище, ініціали)
 Зав. ортопедо-травматологічним
 відділенням з травмунком у складі
 відділення, д.м.н.

“ 12 ” 05 2025 р.

 Дмитро ПЕТРЕНКО

ЗАТВЕРДЖУЮ
Генеральний директор
Комунального некомерційного
підприємства «Міська багатoproфільна
клінічна лікарня ім. проф. М.Ф. Руднева
Дніпровської міської ради»
Ігор МАКЕДОНСЬКИЙ
“ 05 ” _____ 20 25 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Оцінка вірогідності післяопераційних ускладнень після транспедикулярної фіксації хребців у грудному та поперековому відділі хребта при дегенеративних захворюваннях та деформаціях хребта за змінами значень маркерів запалення у сироватці крові пацієнтів до оперативного лікування

2. ДУ «ІПХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Туляков В.О., Барков О.О.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Tuliakov, V. & Barkov, O. (2024). Biomarkers of inflammation in the blood of patients with the degenerative lumbar spine disease and complications after transpedicular fixation. *Wiad Lek.* 77(12), 2412-2418. DOI: 10.36740/WLek/195545

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса

Комунальне некомерційне підприємство «Міська багатoproфільна клінічна лікарня ім. проф. М.Ф. Руднева Дніпровської міської ради», 749006, м. Дніпро, пр. Лесі Українки, 26

5. Строки впровадження з січня 2025 **по** серпень 2025 **р.**

6. Загальна кількість спостережень – 20 **хворих**

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна) комплексне передопераційне дослідження біохімічних маркерів запалення у сироватці крові хворих із дегенеративними захворюванням, травмами та деформаціями грудного та поперекового відділів хребта дозволяє виділяти пацієнтів із підвищеною вірогідністю розвитку післяопераційних запальних ускладнень транспедикулярної фіксації хребців, що сприяє скороченню числа ускладнень, зменшенню тривалості та перебування пацієнтів у стаціонарі, підвищує надійність і економічну ефективність лікування.

8. Зауваження, пропозиції: Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для попередження розвитку запальних ускладнень транспедикулярної фіксації при хірургічному лікуванні захворювань, деформацій та травматичних ушкоджень хребта.

Відповідальна за впровадження особа
(посада, підпис, прізвище, ініціали)
Зав. ортопедо-травматологічним
відділенням з травмпунком у складі
відділення, д.м.н.

“ 05 ” 09 20 25 р.

Дмитро ПЕТРЕНКО

ЗАТВЕРДЖУЮ
Генеральний директор
Комунального некомерційного
підприємства «Міська багатопрофільна
клінічна лікарня ім. проф. М.Ф. Руднева
Дніпровської міської ради»
Ігор МАКЕДОНСЬКИЙ
“ 05 ” _____ 2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Оцінка вірогідності післяопераційних ускладнень після транспедикулярної фіксації хребців у грудному та поперековому відділі хребта при дегенеративних захворюваннях та деформаціях хребта за змінами значень біохімічних показників у сироватці крові пацієнтів до оперативного лікування

2. ДУ «ІПХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Барков О.О., Туляков В.О., Аплевич В.М.

3. Джерело інформації: Барков О.О., Туляков В.О., Аплевич В.М. Використання лабораторних критеріїв для оцінювання ризику післяопераційних ускладнень після транспедикулярної фіксації поперекового відділу хребта. Ортопедія, травматологія та протезування. – 2024. – № 1(634). – С. 19–26. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872024119-26>

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса
Комунальне некомерційне підприємство «Міська багатопрофільна клінічна лікарня ім. проф. М.Ф. Руднева Дніпровської міської ради», 749006, м. Дніпро, пр. Лесі Українки, 26

5. Строки впровадження з березня 2024 по серпень 2025 р.

6. Загальна кількість спостережень – 30 хворих

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна) комплексне передопераційне дослідження біохімічних показників у сироватці крові хворих із дегенеративними захворюваннями та деформаціями грудного та поперекового відділів хребта дозволяє виділяти пацієнтів із підвищеною вірогідністю розвитку післяопераційних ускладнень транспедикулярної фіксації хребців, що сприяє скороченню числа ускладнень, зменшенню тривалості та перебування пацієнтів у стаціонарі, підвищує надійність і економічну ефективність лікування.

8. Зауваження, пропозиції: Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для попередження розвитку запальних ускладнень транспедикулярної фіксації при хірургічному лікуванні захворювань, деформацій та травматичних ушкоджень хребта.

Відповідальна за впровадження особа
(посада, підпис, прізвище, ініціали)
Зав. ортопедо-травматологічним
відділенням з травмунком у складі
відділення, д.м.н.

“ 05 ” 09 2025 р.

Дмитро ПЕТРЕНКО

ЗАТВЕРДЖУЮ
Генеральний директор
Комунального некомерційного
підприємства «Міська багатопрофільна
клінічна лікарня ім. проф. М.Ф. Руднева
Дніпровської міської ради»
Ігор МАКЕДОНСЬКИЙ
“ 05 ” 09 2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Методика хірургічного лікування великих та ригідних деформацій хребта з використанням транспедикулярної фіксації.

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ІПХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Барков О.О., Радченко В.О., Кацалап Є.С., Федотова І.Ф.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Барков, О. О., Радченко, В. О., Кацалап, Є. С., & Федотова, І. Ф. (2023). Двохетапне хірургічне лікування великих і ригідних деформацій хребта (передня мобілізація викривлення та задня інструментація хребта). Ортопедія, травматологія та протезування, (4(633)), 22–30. <https://doi.org/10.15674/0030-59872023422-30>

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса

Комунальне некомерційне підприємство «Міська багатопрофільна клінічна лікарня ім. проф. М.Ф. Руднева Дніпровської міської ради», 749006, м. Дніпро, пр. Лесі Українки, 26

5. Строки впровадження з ____ січня ____ 2024 ____ по ____ серпень ____ 2025 ____ р.

6. Загальна кількість спостережень – ____ 7 ____ хворих

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна) ретельно виконана передня мобілізація з подальшим використанням системи витягнення пацієнта в ліжку дає змогу збільшити мобільність хребта й поступово адаптувати тканини і спинний мозок до наступної задньої корекції хребта, що значно зменшує ризики неврологічних ускладнень, а також отримати максимально задовільні результати корекції.

8. Зауваження, пропозиції: Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для зменшення розвитку неврологічних ускладнень при корекції великих та ригідних деформацій хребта з використанням транспедикулярної фіксації.

Відповідальна за впровадження особа

(посада, підпис, прізвище, ініціали)

Зав. ортопедо-травматологічним
відділенням з травмунком у складі
відділення, д.м.н.

“ 05 ” 09 2025 р.

____ Дмитро ПЕТРЕНКО



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор
ТОВ «МЕДЛОН»

Юрій ЛОНТКОВСЬКИЙ

05 2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Оцінка вірогідності післяопераційних ускладнень після транспедикулярної фіксації хребців у грудному та поперековому відділі хребта при дегенеративних захворюваннях та деформаціях хребта за змінами значень біохімічних показників у сироватці крові пацієнтів до оперативного лікування
(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ІПХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Барков О.О., Туляков В.О., Аплевич В.М.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Барков О.О., Туляков В.О., Аплевич В.М. Використання лабораторних критеріїв для оцінювання ризику післяопераційних ускладнень після транспедикулярної фіксації поперекового відділу хребта. Ортопедія, травматологія та протезування. – 2024. – № 1(634). – С. 19–26. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872024119-26>

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса
ТОВ «МЕДЛОН», 32302, м. Кам'янець-Подільський, вул. Степана Бандери, 63, офіс, 5

5. Строки впровадження з березня 2024 **по** квітень 2025 **р.**

6. Загальна кількість спостережень – 20 **хворих**

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна) комплексне передопераційне дослідження біохімічних показників у сироватці крові хворих із дегенеративними захворюваннями та деформаціями грудного та поперекового відділів хребта дозволяє виділяти пацієнтів із підвищеною вірогідністю розвитку післяопераційних ускладнень транспедикулярної фіксації хребців, що сприяє скороченню числа ускладнень, зменшенню тривалості та перебування пацієнтів у стаціонарі, підвищує надійність і економічну ефективність лікування.

8. Зауваження, пропозиції: Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для попередження розвитку запальних ускладнень транспедикулярної фіксації при хірургічному лікуванні захворювань, деформацій та травматичних ушкоджень хребта.

Відповідальна за впровадження особа
(посада, підпис, прізвище, ініціали)

Директор ТОВ «МЕДЛОН», к.м.н.

Юрій ЛОНТКОВСЬКИЙ

“ 06 ” 05 2025 р.



ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор
ТОВ «МЕДЛОН»

Юрій ЛОНТКОВСЬКИЙ
05 20 25 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Методика хірургічного лікування великих та ригідних деформацій хребта з використанням транспедиккулярної фіксації.

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ІПХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Барков О.О., Радченко В.О., Кацалап Є.С., Федотова І.Ф.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Барков, О. О., Радченко, В. О., Кацалап, Є. С., & Федотова, І. Ф. (2023). Двохетапне хірургічне лікування великих і ригідних деформацій хребта (передня мобілізація викривлення та задня інструментація хребта). Ортопедія, травматологія та протезування, (4(633)), 22–30. <https://doi.org/10.15674/0030-59872023422-30>

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса
ТОВ «МЕДЛОН», 32302, м. Кам'янець-Подільський, вул. Степана Бандери, 63, офіс, 5

5. Строки впровадження з ____ січня ____ 2024 ____ по ____ квітень ____ 2025 ____ р.

6. Загальна кількість спостережень – 2 хворих

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна) ретельно виконана передня мобілізація з подальшим використанням системи витягнення пацієнта в ліжку дає змогу збільшити мобільність хребта й поступово адаптувати тканини і спинний мозок до наступної задньої корекції хребта, що значно зменшує ризики неврологічних ускладнень, а також отримати максимально задовільні результати корекції.

8. Зауваження, пропозиції: Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для зменшення розвитку неврологічних ускладнень при корекції великих та ригідних деформацій хребта з використанням транспедиккулярної фіксації.

“ 02 ” 05 20 25 р.



Відповідальна за впровадження особа
(посада, підпис, прізвище, ініціали)
Директор ТОВ «МЕДЛОН», к.м.н.
Юрій ЛОНТКОВСЬКИЙ



Юрій ЛОНТКОВСЬКИЙ

20 09 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Оцінка вірогідності післяопераційних ускладнень після транспедикулярної фіксації хребців у грудному та поперековому відділі хребта при дегенеративних захворюваннях та деформаціях хребта за змінами значень маркерів запалення у сироватці крові пацієнтів до оперативного лікування
(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ІПХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Туляков В.О., Барков О.О.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Tuliakov, V. & Barkov, O. (2024). Biomarkers of inflammation in the blood of patients with the degenerative lumbar spine disease and complications after transpedicular fixation. *Wiad Lek.* 77(12), 2412-2418. DOI: 10.36740/WLek/195545

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса
ТОВ «МЕДЛОН», 32302, м. Кам'янець-Подільський, вул. Степана Бандери, 63, офіс, 5

5. Строки впровадження з січня 2025 **по** серпень 2025 **р.**

6. Загальна кількість спостережень – 14 **хворих**

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна)
комплексне передопераційне дослідження біохімічних маркерів запалення у сироватці крові хворих із дегенеративними захворюванням, травмами та деформаціями грудного та поперекового відділів хребта дозволяє виділяти пацієнтів із підвищеною вірогідністю розвитку післяопераційних запальних ускладнень транспедикулярної фіксації хребців, що сприяє скороченню числа ускладнень, зменшенню тривалості та перебування пацієнтів у стаціонарі, підвищує надійність і економічну ефективність лікування.

8. Зауваження, пропозиції: Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для попередження розвитку запальних ускладнень транспедикулярної фіксації при хірургічному лікуванні захворювань, деформацій та травматичних ушкоджень хребта.

Відповідальна за впровадження особа
(посада, підпис, прізвище, ініціали)

Директор ТОВ «МЕДЛОН», к.м.н.

Юрій ЛОНТКОВСЬКИЙ

“ 01 ” 09 20 25 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Директор КНП «Ужгородська міська
 багатопрофільна клінічна лікарня» УМР:
 ВП «Клінічна лікарня з невідкладних
 станів та екстреної медичної допомоги»
 Олег ГОЛУБ
 «05» 2025 р.



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Методика хірургічного лікування великих та ригідних деформацій хребта з використанням транспедикулярної фіксації.

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ІПХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Барков О.О., Радченко В.О., Кацалап Є.С., Федотова І.Ф.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Барков, О. О., Радченко, В. О., Кацалап, Є. С., & Федотова, І. Ф. (2023). Двохетапне хірургічне лікування великих і ригідних деформацій хребта (передня мобілізація викривлення та задня інструментація хребта). Ортопедія, травматологія та протезування, (4(633)), 22–30. <https://doi.org/10.15674/0030-59872023422-30>

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса КНП «Ужгородська міська багатопрофільна клінічна лікарня» УМР: ВП «Клінічна лікарня з невідкладних станів та екстреної медичної допомоги» 88000, м. Ужгород, вул. І. Коршинського, 20Б

5. Строки впровадження з ____ січня ____ 2024 ____ по ____ квітень ____ 2025 ____ р.

6. Загальна кількість спостережень – __3__ хворих

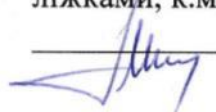
7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна) ретельно виконана передня мобілізація з подальшим використанням системи витягнення пацієнта в ліжку дає змогу збільшити мобільність хребта й поступово адаптувати тканини і спинний мозок до наступної задньої корекції хребта, що значно зменшує ризики неврологічних ускладнень, а також отримати максимально задовільні результати корекції.

8. Зауваження, пропозиції: Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для зменшення розвитку неврологічних ускладнень при корекції великих та ригідних деформацій хребта з використанням транспедикулярної фіксації.

Відповідальна за впровадження особа
 (посада, підпис, прізвище, ініціали)
 Лікар ортопед-травматолог відділення
 травматології з нейрохірургічними
 ліжками, к.мед.н.

«04» 05 2025 р.

Олександр ШМАНЬКО



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор КНП «Ужгородська міська
багатопрофільна клінічна лікарня» УМР:
ВП «Клінічна лікарня з невідкладних
станів та екстреної медичної допомоги»

Олег ГОЛУБ

05 20 25 р.



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Оцінка специфічності та чутливості модальностей інтраопераційного нейромоніторингу в процесі операції транспедикулярної фіксації хребців у грудному та поперековому відділах хребта при деформаціях та захворюваннях хребта за змінами значень амплітуд моторно викликаних потенціалів після введення транспедикулярних гвинтів та корекції деформації.

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ІПХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Барков О.О., Дуплій Д.Р.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Барков О.О., Дуплій Д.Р. Практичні аспекти інтраопераційного нейромоніторингу у хворих із різною патологією хребта. Ортопедія, травматологія та протезування. – 2021. – № 4(625). – С. 5–12. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-5987202145-12>

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса

КНП «Ужгородська міська багатопрофільна клінічна лікарня» УМР: ВП «Клінічна лікарня з невідкладних станів та екстреної медичної допомоги» 88000, м. Ужгород, вул. І. Коршинського, 20Б

5. Строки впровадження з ____ січня ____ 2022 ____ по ____ квітень ____ 2025 ____ р.

6. Загальна кількість спостережень – ____ 3 ____ хворих

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна) використання інтраопераційного нейромоніторингу при транспедикулярної фіксації хребців у пацієнтів із деформаціями та захворюваннями хребта дозволяє інтраопераційно оцінювати коректність введення транспедикулярних гвинтів, що знижує ризик неврологічних ускладнень, що сприяє ефективності хірургічного лікування.

8. Зауваження, пропозиції: Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для зменшення розвитку неврологічних ускладнень транспедикулярної фіксації при хірургічному лікуванні захворювань, деформацій та травматичних ушкоджень хребта.

Відповідальна за впровадження особа
(посада, підпис, прізвище, ініціали)

Лікар ортопед-травматолог відділення
травматології з нейрохірургічними
ліжками, к.мед.н.

Олександр ШМАНЬКО

“ 07 ” 05 20 25 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Оцінка вірогідності післяопераційних ускладнень після транспедикулярної фіксації хребців у грудному та поперековому відділі хребта при дегенеративних захворюваннях та деформаціях хребта за змінами значень біохімічних показників у сироватці крові пацієнтів до оперативного лікування

2. ДУ «ІПХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Барков О.О., Туляков В.О., Аплевич В.М.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Барков О.О., Туляков В.О., Аплевич В.М. Використання лабораторних критеріїв для оцінювання ризику післяопераційних ускладнень після транспедикулярної фіксації поперекового відділу хребта. Ортопедія, травматологія та протезування. – 2024. – № 1(634). – С. 19–26. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872024119-26> (назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса
КНП «Ужгородська міська багатопрофільна клінічна лікарня» УМР: ВП «Клінічна лікарня з невідкладних станів та екстреної медичної допомоги» 88000, м. Ужгород, вул. І. Коршинського, 20Б

5. Строки впровадження з березня 2024 по квітня 2025 р.

6. Загальна кількість спостережень – 18 хворих

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна)
комплексне передопераційне дослідження біохімічних показників у сироватці крові хворих із дегенеративними захворюваннями та деформаціями грудного та поперекового відділів хребта дозволяє виділяти пацієнтів із підвищеною вірогідністю розвитку післяопераційних ускладнень транспедикулярної фіксації хребців, що сприяє скороченню числа ускладнень, зменшенню тривалості та перебування пацієнтів у стаціонарі, підвищує надійність і економічну ефективність лікування.

8. Зауваження, пропозиції: Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для попередження розвитку запальних ускладнень транспедикулярної фіксації при хірургічному лікуванні захворювань, деформацій та травматичних ушкоджень хребта.

Відповідальна за впровадження особа
(посада, підпис, прізвище, ініціали)
Лікар ортопед-травматолог відділення
травматології з нейрохірургічними
ліжками, к.мед.н.

“ 07 ” 05 2025 р.

Олександр ШМАНЬКО



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор КНП «Ужгородська міська багатопрофільна клінічна лікарня» УМР

Олег ГОЛУБ

09 20 25 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Оцінка вірогідності післяопераційних ускладнень після транспедикулярної фіксації хребців у грудному та поперековому відділі хребта при дегенеративних захворюваннях та деформаціях хребта за змінами значень маркерів запалення у сироватці крові пацієнтів до оперативного лікування
(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ПІХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Туляков В.О., Барков О.О.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Tuliakov, V. & Barkov, O. (2024). Biomarkers of inflammation in the blood of patients with the degenerative lumbar spine disease and complications after transpedicular fixation. *Wiad Lek.* 77(12), 2412-2418. DOI: 10.36740/WLek/195545

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса

КНП «Ужгородська міська багатопрофільна клінічна лікарня» УМР: ВП «Клінічна лікарня з невідкладних станів та екстреної медичної допомоги» 88000, м. Ужгород, вул. І. Коршинського, 20Б

5. Строки впровадження з січня 2025 **по** серпень 2025 **р.**

6. Загальна кількість спостережень – 10 **хворих**

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна) комплексне передопераційне дослідження біохімічних маркерів запалення у сироватці крові хворих із дегенеративними захворюванням, травмами та деформаціями грудного та поперекового відділів хребта дозволяє виділяти пацієнтів із підвищеною вірогідністю розвитку післяопераційних запальних ускладнень транспедикулярної фіксації хребців, що сприяє скороченню числа ускладнень, зменшенню тривалості та перебування пацієнтів у стаціонарі, підвищує надійність і економічну ефективність лікування.

8. Зауваження, пропозиції: Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для попередження розвитку запальних ускладнень транспедикулярної фіксації при хірургічному лікуванні захворювань, деформацій та травматичних ушкоджень хребта.

Відповідальна за впровадження особа
(посада, підпис, прізвище, ініціали)
Лікар ортопед-травматолог відділення
травматології з нейрохірургічними
ліжками, к.мед.н.

“ 03 ” 09 20 25 р.

Олександр ШМАНЬКО

ЗАТВЕРДЖУЮ

Генеральний директор
Комунального некомерційного
підприємства «Обласна клінічна лікарня
Івано-Франківської обласної ради»

Остап ГРИЦУК
“05” 09 2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Оцінка вірогідності післяопераційних ускладнень після транспедикулярної фіксації хребців у грудному та поперековому відділі хребта при дегенеративних захворюваннях та деформаціях хребта за змінами значень маркерів запалення у сироватці крові пацієнтів до оперативного лікування

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ПХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Туляков В.О., Барков О.О.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Tuliakov, V. & Barkov, O. (2024). Biomarkers of inflammation in the blood of patients with the degenerative lumbar spine disease and complications after transpedicular fixation. *Wiad Lek.* 77(12), 2412-2418. DOI: 10.36740/WLek/195545

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса

Комунальне некомерційне підприємство «Обласна клінічна лікарня Івано-Франківської обласної ради», 76008, м. Івано-Франківськ, вул. Федьковича, 91

5. Строки впровадження з січня 2025 **по** серпень 2025 **р.**

6. Загальна кількість спостережень – 18 **хворих**

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна) комплексне передопераційне дослідження біохімічних маркерів запалення у сироватці крові хворих із дегенеративними захворюванням, травмами та деформаціями грудного та поперекового відділів хребта дозволяє виділяти пацієнтів із підвищеною вірогідністю розвитку післяопераційних запальних ускладнень транспедикулярної фіксації хребців, що сприяє скороченню числа ускладнень, зменшенню тривалості та перебування пацієнтів у стаціонарі, підвищує надійність і економічну ефективність лікування.

8. Зауваження, пропозиції: Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для попередження розвитку запальних ускладнень транспедикулярної фіксації при хірургічному лікуванні захворювань, деформацій та травматичних ушкоджень хребта.

Відповідальна за впровадження особа
(посада, підпис, прізвище, ініціали)

Зав. відділенням НХХіСМ

“05” 09 2025 р.  Сергій БАЛАН

ЗАТВЕРДЖУЮ
Генеральний директор
Комунального некомерційного
підприємства «Обласна клінічна лікарня
Івано-Франківської обласної ради»
Остап ГРИЦУК
“ 05 ” 05 2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Оцінка специфічності та чутливості модальностей інтраопераційного нейромоніторингу в процесі операції транспедикулярної фіксації хребців у грудному та поперековому відділах хребта при деформаціях та захворюваннях хребта за змінами значень амплітуд моторно викликаних потенціалів після введення транспедикулярних гвинтів та корекції деформації.

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ІПХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Барков О.О., Дуплій Д.Р.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Барков О.О., Дуплій Д.Р. Практичні аспекти інтраопераційного нейромоніторингу у хворих із різною патологією хребта. Ортопедія, травматологія та протезування. – 2021. – № 4(625). – С. 5–12. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-5987202145-12>

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса
Комунальне некомерційне підприємство «Обласна клінічна лікарня Івано-Франківської обласної ради», 76008, м. Івано-Франківськ, вул. Федьковича, 91

5. Строки впровадження з __ січня __ 2022 __ по __ квітень __ 2025 __ р.

6. Загальна кількість спостережень – __ 43 __ хворих

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна)
використання інтраопераційного нейромоніторингу при транспедикулярної фіксації хребців у пацієнтів із деформаціями та захворюваннями хребта дозволяє інтраопераційно оцінювати коректність введення транспедикулярних гвинтів, що знижує ризик неврологічних ускладнень, що сприяє ефективності хірургічного лікування.

8. Зауваження, пропозиції: Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для зменшення розвитку неврологічних ускладнень транспедикулярної фіксації при хірургічному лікуванні захворювань, деформацій та травматичних ушкоджень хребта.

Відповідальна за впровадження особа
(посада, підпис, прізвище, ініціали)
Зав. відділенням НХХіСМ

“ 05 ” 05 2025 р.

Сергій БАЛАН

ЗАТВЕРДЖУЮ
Генеральний директор
Комунального некомерційного
підприємства «Обласна клінічна лікарня
Івано-Франківської обласної ради»
Остап ГРИЩУК
“ 05 ” 05 2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Методика хірургічного лікування великих та ригідних деформацій хребта з використанням транспедиккулярної фіксації.

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ІПХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Барков О.О., Радченко В.О., Кацалап Є.С., Федотова І.Ф.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Барков, О. О., Радченко, В. О., Кацалап, Є. С., & Федотова, І. Ф. (2023). Двохетапне хірургічне лікування великих і ригідних деформацій хребта (передня мобілізація викривлення та задня інструментація хребта). Ортопедія, травматологія та протезування, (4(633)), 22–30. <https://doi.org/10.15674/0030-59872023422-30>

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса

Комунальне некомерційне підприємство «Обласна клінічна лікарня Івано-Франківської обласної ради», 76008, м. Івано-Франківськ, вул. Федьковича, 91

5. Строки впровадження з _____ січня _____ 2024 _____ по _____ квітень _____ 2025 _____ р.

6. Загальна кількість спостережень – _____ 3 _____ хворих

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна) ретельно виконана передня мобілізація з подальшим використанням системи витягнення пацієнта в ліжку дає змогу збільшити мобільність хребта й поступово адаптувати тканини і спинний мозок до наступної задньої корекції хребта, що значно зменшує ризики неврологічних ускладнень, а також отримати максимально задовільні результати корекції.

8. Зауваження, пропозиції: Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для зменшення розвитку неврологічних ускладнень при корекції великих та ригідних деформацій хребта з використанням транспедиккулярної фіксації.

Відповідальна за впровадження особа
(посада, підпис, прізвище, ініціали)

Зав. відділенням НХХіСМ

“ 05 ” 05 2025 р.

Сергій БАЛАН

ЗАТВЕРДЖУЮ
Генеральний директор
Комунального некомерційного
підприємства «Обласна клінічна лікарня
Івано-Франківської обласної ради»

“ 05 ” 20 25 р. Остап ГРИЦУК

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Оцінка вірогідності післяопераційних ускладнень після транспедикулярної фіксації хребців у грудному та поперековому відділі хребта при дегенеративних захворюваннях та деформаціях хребта за змінами значень біохімічних показників у сироватці крові пацієнтів до оперативного лікування

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ПХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Барков О.О., Туляков В.О., Аплевич В.М.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Барков О.О., Туляков В.О., Аплевич В.М. Використання лабораторних критеріїв для оцінювання ризику післяопераційних ускладнень після транспедикулярної фіксації поперекового відділу хребта. Ортопедія, травматологія та протезування. – 2024. – № 1(634). – С. 19–26. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872024119-26>

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса

Комунальне некомерційне підприємство «Обласна клінічна лікарня Івано-Франківської обласної ради», 76008, м. Івано-Франківськ, вул. Федьковича, 91

5. Строки впровадження з березня 2024 **по** квітень 2025 **р.**

6. Загальна кількість спостережень – 27 **хворих**

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна) комплексне передопераційне дослідження біохімічних показників у сироватці крові хворих із дегенеративними захворюваннями та деформаціями грудного та поперекового відділів хребта дозволяє виділяти пацієнтів із підвищеною вірогідністю розвитку післяопераційних ускладнень транспедикулярної фіксації хребців, що сприяє скороченню числа ускладнень, зменшенню тривалості та перебування пацієнтів у стаціонарі, підвищує надійність і економічну ефективність лікування.

8. Зауваження, пропозиції: Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для попередження розвитку запальних ускладнень транспедикулярної фіксації при хірургічному лікуванні захворювань, деформацій та травматичних ушкоджень хребта.

Відповідальна за впровадження особа
(посада, підпис, прізвище, ініціали)

Зав. відділенням НХХіСМ

Сергій БАЛАН

“ 05 ” 05 20 25 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. директора ДУ «Інститут патології
хребта та суглобів ім. проф. М. І.
Ситенка НАМН України»,
д.м.н. пр. Інга ФЕДОТОВА

2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Оцінка вірогідності післяопераційних ускладнень після транспедикулярної фіксації хребців у грудному та поперековому відділі хребта при дегенеративних захворюваннях та деформаціях хребта за змінами значень маркерів запалення у сироватці крові пацієнтів до оперативного лікування

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ІПХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Туляков В.О., Барков О.О.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Tuliakov, V. & Barkov, O. (2024). Biomarkers of inflammation in the blood of patients with the degenerative lumbar spine disease and complications after transpedicular fixation. *Wiad Lek.* 77(12), 2412-2418. DOI: 10.36740/WLek/195545

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса
ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», 61024, м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80

5. Строки впровадження з 02 січня 2025 **по** травень 2025 **р.**

6. Загальна кількість спостережень – 30 **хворих**

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна)
комплексне передопераційне дослідження біохімічних маркерів запалення у сироватці крові хворих із дегенеративними захворюванням, травмами та деформаціями грудного та поперекового відділів хребта дозволяє виділяти пацієнтів із підвищеною вірогідністю розвитку післяопераційних запальних ускладнень транспедикулярної фіксації хребців, що сприяє скороченню числа ускладнень, зменшенню тривалості та перебування пацієнтів у стаціонарі, підвищує надійність і економічну ефективність лікування.

8. Зауваження, пропозиції: Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для попередження розвитку запальних ускладнень транспедикулярної фіксації при хірургічному лікуванні захворювань, деформацій та травматичних ушкоджень хребта.

02 червня 2025 р.

Відповідальна за впровадження особа
(посада, підпис, прізвище, ініціали)
Зав. відділенням вертебрології, к.м.н.
Олександр ПАЛКІН

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. директора ДУ «Інститут патології
хребта та суглобів ім. проф. М. І.
Ситенка НАМН України»,
Д.М.Н. Інга ФЕДОТОВА 2025 р.



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Оцінка вірогідності післяопераційних ускладнень після транспедикулярної фіксації хребців у грудному та поперековому відділі хребта при дегенеративних захворюваннях та деформаціях хребта за змінами значень біохімічних показників у сироватці крові пацієнтів до оперативного лікування

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ПХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Барков О.О., Туляков В.О., Аплевич В.М.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Барков О.О., Туляков В.О., Аплевич В.М. Використання лабораторних критеріїв для оцінювання ризику післяопераційних ускладнень після транспедикулярної фіксації поперекового відділу хребта. Ортопедія, травматологія та протезування. – 2024. – № 1(634). – С. 19–26. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872024119-26>

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса

ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», 61024, м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80

5. Строки впровадження з березня 2024 **по** квітня 2025 **р.**

6. Загальна кількість спостережень – 44 **хворих**

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна) комплексне передопераційне дослідження біохімічних показників у сироватці крові хворих із дегенеративними захворюваннями та деформаціями грудного та поперекового відділів хребта дозволяє виділяти пацієнтів із підвищеною вірогідністю розвитку післяопераційних ускладнень транспедикулярної фіксації хребців, що сприяє скороченню числа ускладнень, зменшенню тривалості та перебування пацієнтів у стаціонарі, підвищує надійність і економічну ефективність лікування.

8. Зауваження, пропозиції: Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для попередження розвитку запальних ускладнень транспедикулярної фіксації при хірургічному лікуванні захворювань, деформацій та травматичних ушкоджень хребта.

Відповідальна за впровадження особа
(посада, підпис, прізвище, ініціали)

Зав. відділенням вертебрології, к.м.н.

Олександр ПАЛКІН

“05” Гравня 2025 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. директора ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І.

Ситенка НАМН України»,

д.м.н. Інга ФЕДОТОВА

“05” травня 2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Оцінка специфічності та чутливості модальностей інтраопераційного нейромоніторингу в процесі операції транспедикулярної фіксації хребців у грудному та поперековому відділах хребта при деформаціях та захворюваннях хребта за змінами значень амплітуд моторно викликаних потенціалів після введення транспедикулярних гвинтів та корекції деформації.

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ПХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Барков О.О., Дуплій Д.Р.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Барков О.О., Дуплій Д.Р. Практичні аспекти інтраопераційного нейромоніторингу у хворих із різною патологією хребта. Ортопедія, травматологія та протезування. – 2021. – № 4(625). – С. 5–12. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-5987202145-12>

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса

ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», 61024, м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80

5. Строки впровадження з ____ січня ____ 2022 ____ по ____ квітень ____ 2025 ____ р.

6. Загальна кількість спостережень – ____ 63 ____ хворих

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна) використання інтраопераційного нейромоніторингу при транспедикулярної фіксації хребців у пацієнтів із деформаціями та захворюваннями хребта дозволяє інтраопераційно оцінювати коректність введення транспедикулярних гвинтів, що знижує ризик неврологічних ускладнень, що сприяє ефективності хірургічного лікування.

8. Зауваження, пропозиції: Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для зменшення розвитку неврологічних ускладнень транспедикулярної фіксації при хірургічному лікуванні захворювань, деформацій та травматичних ушкоджень хребта.

Відповідальна за впровадження особа
(посада, підпис, прізвище, ініціали)

Зав. відділенням вертебрології, к.м.н.

Олександр ПАЛКІН

“05” травня 2025 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. директора ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України»,

Д.М.Н. Інґа ФЕДОТОВА

“05” травня 2024 р.



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Методика хірургічного лікування великих та ригідних деформацій хребта з використанням транспедикулярної фіксації.

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ІПХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Барков О.О., Радченко В.О., Кацалап Є.С., Федотова І.Ф.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Барков, О. О., Радченко, В. О., Кацалап, Є. С., & Федотова, І. Ф. (2023). Двохетапне хірургічне лікування великих і ригідних деформацій хребта (передня мобілізація викривлення та задня інструментація хребта). Ортопедія, травматологія та протезування, (4(633)), 22–30. <https://doi.org/10.15674/0030-59872023422-30>

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса

ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», 61024, м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80

5. **Строки впровадження з** ____ січня ____ 2024 ____ **по** ____ квітень ____ 2025 ____ **р.**

6. **Загальна кількість спостережень** – ____ 17 ____ **хворих**

7. **Ефективність впровадження** (клінічна, наукова, соціальна, економічна) ретельно виконана передня мобілізація з подальшим використанням системи витягнення пацієнта в ліжку дає змогу збільшити мобільність хребта й поступово адаптувати тканини і спинний мозок до наступної задньої корекції хребта, що значно зменшує ризики неврологічних ускладнень, а також отримати максимально задовільні результати корекції.

8. **Зауваження, пропозиції:** Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для зменшення розвитку неврологічних ускладнень при корекції великих та ригідних деформацій хребта з використанням транспедикулярної фіксації.

“05” травня 2024 р.

Відповідальна за впровадження особа
(посада, підпис, прізвище, ініціали)

Зав. відділенням вертебрології, к.м.н.

Олександр ПАЛКІН

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. директора ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І.

Ситенка НАМН України»,
д.м.н. Анга ФЕДОТОВА“25” травня 2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Оцінка ефективності використання спінальної навігаційної системи для коректного проведення транспедикулярних гвинтів у грудному та поперековому відділах хребта.

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ІПХС ім.проф.М.І.Ситенка НАМН України», м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80, Радченко В.О., Барков О.О., Скіданов А.Г.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Радченко, В. О., Барков, О. О., & Скіданов А. Г. (2019). П'ятирічний досвід використання навігаційної системи в хірургії хребта. Ортопедія, травматологія та протезування, (1(614)), 5–13. <http://dx.doi.org/10.15674/0030-5987201915-13>.

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження, адреса

ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», 61024, м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 80

5. Строки впровадження з квітня 2019 по квітень 2025 р.**6. Загальна кількість спостережень – 88 хворих****7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна) використання спінальної навігаційної системи, при транспедикулярної фіксації хребців у пацієнтів із деформаціями та захворюваннями хребта, дозволяє точно встановлювати гвинти, що знижує ризик неврологічних ускладнень та сприяє ефективності хірургічного лікування.****8. Зауваження, пропозиції: Матеріали, що подані авторами, мають практичне значення для зменшення розвитку неврологічних ускладнень транспедикулярної фіксації при хірургічному лікуванні захворювань, деформацій та травматичних ушкоджень хребта.**Відповідальна за впровадження особа
(посада, підпис, прізвище, ініціали)

Зав. відділенням вертебрології, к.м.н.

Олександр ПАЛКІН“25” травня 2025 р.