Національна академія медичних наук України
Державна установа «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М. І. Ситенка Національної академії медичних наук України»

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ГОЛЬБАУМ МАКСИМ БОРИСОВИЧ

УДК 616-007.43:721.1:711.6-073.75-089.17.87-001.82

ДИСЕРТАЦІЯ
«ПЕРЕДОПЕРАЦІЙНЕ ПЛАНУВАННЯ МЕТОДУ ПЕРКУТАННОЇ ЕНДОСКОПІЧНОЇ ДИСКЕКТОМІЇ ГРИЖІ L5-S1 МІЖХРЕБЦЕВОГО ДИСКА»

спеціальність 222 «Медицина»,
спеціалізація «Травматологія та ортопедія»

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

М. Б. Гольбаум

Наукові керівники: Піонтковський Валентин Костянтинович, доктор медичних наук, професор

Колесніченко Віра Анатоліївна, доктор медичних наук, старший науковий співробітник

Харків – 2026

АНОТАЦІЯ

Гольбаум М. Б. Передопераційне планування методу ендоскопічної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска — Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 222 — Медицина, 22 — Охорона здоров'я. — Державна установа «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М. І. Ситенка НАМН України», Харків 2026.

Перкутанна ендоскопічна трансформамінальна дискектомія грижі L_V–S_I міжхребцевого диска є одним із ефективних та малотравматичних методів хірургічного лікування. Проте за певних структурних особливостей попереково-тазової ділянки (диспластичні/дегенеративні деформації суглобових і поперечних відростків L_V, S_I хребців, високе розташування гребеня клубової кістки, зниження висоти L_V–S_I диска) виконання трансформамінальної дискектомії технічно ускладнюється і може призводити до низки післяопераційних ускладнень. У літературі відсутній комплексний підхід до досліджень структурно-функціональних особливостей попереково-крижової ділянки, які можуть ускладнити виконання трансформамінального доступу. Виходячи з цього, метою роботи стало обгрунтування, розроблення, апробація та впровадження методу передопераційного планування способу перкутанної ендоскопічної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска на основі послідовного прогностичного аналізу структурно-функціональних особливостей попереково-тазової ділянки.

Матеріал дослідження — протоколи клініко-рентгенологічного обстеження 94 пацієнтів (63 (67 %) чоловіки; 31 (33 %) жінка) віком 16–76 років із первинною успішною дискектомією грижі L_V–S_I міжхребцевого диска. Основну групу склав 41 хворий після трансформамінальної ендоскопічної дискектомії (група ТЕД); до першої

групи порівняння були включені 30 пацієнтів після інтерламінарної ендоскопічної дискектомії (група ІЕД); у другій групі порівняння було 23 хворих після відкритої мікродискектомії (група ВМДЕ). Методи дослідження — клінічні з вивченням ортопедичного статусу, інтенсивності больового синдрому за VAS, індексу дисабілітації ODI; рентгенологічний із визначенням типу висоти гребеня клубової кістки; рентгенометричний із визначенням міжпоперечної висоти й ширини, крижово-клубового кута, висоти клубової кістки, висоти міжхребцевого диска, індексу висоти диска, висоти й ширини міжхребцевого отвору, величини поперекового лордозу й нахилу крижів; МРТ із встановленням характеру випинання матеріалу L_V–S_I диска, ступінь дегенеративних змін за типом Modic і класифікацією Pfirrmann; статистичні.

Критерії включення у дослідження — первинна малоінвазивна дискектомія ізольованої грижі L_V–S_I міжхребцевого диска. Критерії виключення — полісегментарні грижі міжхребцевих дисків нижньопоперекового відділу хребта; повторна дискектомія грижі L_V–S_I диска; клінічно значущі нестабільність/спондилоартроз/стеноз (центральний, форамінальний) в нижньопоперекових сегментах; спондилолістез L_{IV}, L_V хребців; попередні операції на хребті.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що вперше рентгенологічно встановлено, що за перкутанної ендоскопічної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска традиційний трансформінальний доступ під кутом 20º–45º здійснюється за умов розташування гребеня клубової кістки нижче середини ніжки L_V хребця, за умов горизонтальної орієнтації поперечних відростків L_V відносно крижів, більш овальної форми міжхребцевого отвору зі збільшеним горизонтальним діаметром; уперше за даними МРТ-сканів встановлено, що традиційний трансформінальний доступ до грижі L_V–S_I міжхребцевого диска виконується в разі фронтальної орієнтації дуговідросткових суглобів на рівні L_V–S_I із розташуванням латерального краю верхньої суглобової фасетки S_I хребця в межах проєкції

тіла L_V хребця; уперше за даними кореляційного аналізу встановлено сильний позитивний взаємний вплив типу висоти гребеня клубової кістки, а також висоти, ширини та форми міжхребцевого отвору й міжпоперечної висоти в пацієнтів з успішною трансформамінальною ендоскопічною дискектомією грижі L_V–S_I міжхребцевого диска; уперше за даними секвенційного статистичного аналізу встановлені найбільш інформативні прогностичні клінічні, рентгенологічні та МРТ-ознаки на користь трансформамінальної ендоскопічної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска; уточнені типи висоти розташування гребеня клубової кістки відносно L_V хребця з визначенням типів Іа та Іб, розташованих відповідно нижче і вище горизонтальної лінії, яка проходить через середину ніжки L_V хребця — межі для використання традиційного супраіліального трансформамінального доступу.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що розроблено метод передопераційного планування способу мінімально інвазивного хірургічного лікування грижі L_V–S_I міжхребцевого диска, впроваджено в практику охорони здоров'я обгрунтований алгоритм вибору перкутанної ендоскопічної дискектомії та відкритої мікродискектомії; розроблено алгоритм вибору способу мінімально інвазивної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска з використанням обчислювальної таблиці з найбільш достовірними клінічними, рентгенологічними, рентгенометричними й МРТ-ознаками, що дозволяє об'єктивізувати вибір хірургічної техніки й уникнути помилок на етапі передопераційного планування; виявлено найбільшу інформативність, достовірність, величину прогностичного коефіцієнта виділеного типу Іа висоти розташування гребеня клубової кістки відносно середини ніжки L_V хребця, що дозволяє розглядати тип Іа як один із критеріїв супраіліального задньолатерального доступу в разі трансформамінальної ендоскопічної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска.

Результати дисертаційної роботи впроваджено в клінічну роботу: Державної установи «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М. І. Ситенка Національної академії медичних наук України», Державної установи «Інститут загальної та невідкладної хірургії ім. В. Т. Зайцева Національної академії медичних наук України», Рівненської обласної клінічної лікарні ім. Юрія Семенюка, у лекційний курс кафедри фундаментальних медичних досліджень другого медичного факультету Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, кафедри екстренної та невідкладної медичної допомоги, ортопедії, травматології та протезування Харківського національного медичного університету.

У групі ТЕД із урахуванням помилок на етапі передопераційного планування хворі були розподілені на 2 групи: група ТЕД1 (n = 37; 90 %) із традиційною методикою ТЕД та група ТЕД2 (n = 4; 10 %), яка містила випадки конверсії ендоскопічної дискектомії у відкриту мікродискектомію (n = 3) та інтраопераційну дискографію з метою топічної діагностики грижі міжхребцевого диска (n = 1). Кількість пацієнтів у групі ТЕД2 (n = 4) недостатня для проведення достовірних статистичних досліджень, тому виявлені відмінності між показниками носили характер тенденцій. За результатами рентгенологічної оцінки позиційних взаємовідносин гребеня клубової кістки (ГКК) й L_{IV}, L_V хребців тип I розташування ГГК був розподілений на типи Ia (нижче горизонтальної лінії, яка проходила через середину ніжки L_V хребця) і Iб (між горизонтальною лінією середини ніжки L_V хребця та горизонтальною лінією верхнього краю ніжки L_V). Таким чином, у групі ТЕД1 тип Ia спостерігався достовірно частіше порівняно з типом 1б ($p < 0{,}001$); тип III не був виявлений жодного разу. У групі ТЕД2 простежувалася протилежна тенденція з переважанням частоти типу 1б порівняно з типом Ia.

У групі ТЕД1 відстань суглобова фасетка-тіло хребця (СФ-ТХ) на рівні $L_V–S_I$ із іпсілатеральної сторони відносно грижі диска незначно перевищувала показник із контралатеральної сторони. У 24 % випадків

позитивного значення СФ-ТХ обсяг парціальної фасетектомії був збільшений до половини суглобової фасетки; в інших спостереженнях декомпресія обмежувалася 1/4 суглобової фасетки. У групі ТЕД2 простежувалася тенденція до суттєвого переважання відстані СФ-ТХ, особливо з іпсілатеральної сторони, порівняно з групою ТЕД1.

Порівняльний аналіз рентгенологічних параметрів LV–SI сегмента в групах ТЕД1 та ІЕД виявив достовірну різницю міжпоперечної висоти ((0,23 ± 0,1) см та (0,12 ± 0,1) см відповідно; $p < 0,05$); висоти гребеня клубової кістки ((1,21 ± 0,17) см та (1,86 ± 0,16) см відповідно; $p < 0,05$); типів висоти гребеня клубової кістки: у групі ТЕД1 зустрічалися достовірно частіше типи 1а ($p < 0,001$), II ($p < 0,001$) та III ($p < 0,001$). Усі інші рентгенометричні параметри відрізнялися в групах ТЕД1 і ІЕД без статистичної достовірності. У групі ТЕД1 порівняно з групою ІЕД відстань між основою поперечного відростка L_V хребця та крилами крижів була більшою; ширина поперечного відростка L_V меншою, кут його нахилу також був меншим; висота й ширина міжхребцевого отвору більшими, а міжхребцевий отвір — більш круглим, висота й індекс диска більшими. Ці результати дозволили встановити, що в разі задньолатерального доступу в сегменті L_V–S_I спостерігалися потенційно сприятливі умови для трансфораміналього видалення грижі люмбосакрального диска. Більш широкий робочий канал із пологішим кутом положення ендоскопа, порівняно з даними з групи ІЕД, був забезпечений достовірно ($p < 0,05$) більш низьким проєкційним розташуванням гребеня клубової кістки, меншим кутом нахилу, більш коротким і достовірно ($p < 0,05$) більш високим положенням поперечного відростка L_V хребця відносно крил крижів, меншою міжламінарною шириною L_V хребця, більшою величиною міжхребцевого отвору. У разі гіпертрофії верхнього суглобового відростка S_I хребця виконувалася обмежена парціальна фасетектомія, яка рідко супроводжувалася кровотечею та не призводила до критичної втрати кісткової тканини і, відповідно, до зниження опороспроможності сегмента.

Основною відмінністю структурних показників попереково-тазової ділянки в групах ТЕД1 та ВМДЕ виявилося достовірно більш високе розташування гребеня клубової кістки в пацієнтів із групи ТЕД1 ($p < 0,001$).

Показник міжпоперечної висоти в групі ТЕД1 був достовірно більшим ($p < 0,05$) аналогічного показника в групі ВМДЕ. Міжпоперечна ширина в групі ТЕД2 перевищувала аналогічний показник у групі ВМДЕ, проте без статистично значимої різниці. Тип міжпоперечного проміжку $L_V–S_I$ був майже ідентичним в обох цих групах. Параметри висоти й ширини міжхребцевого отвору майже не відрізнялися один від одного, проте показник типу міжхребцевого отвору виявився більшим у групі ТЕД1: 0,54 ± 0,39 порівняно з 0,30 ± 0,11 у групі ВМДЕ. Такі результати відображають більш круглу форму міжхребцевого отвору в групі ТЕД1 і більш овальну — у групі ВМДЕ. Сагітальний контур попереково-крижового відділу хребта в обох групах очікувано був майже ідентичним. Такий результат пояснюється наявністю в обох групах пацієнтів із грижею $L_V–S_I$ міжхребевого диска, клінічна картина якої характеризується розвитком анталгічних міотонічних реакцій довгої паравертебральної мускулатури з формуванням анталгічного кіфозу або кіфосколіозу.

Проведений кореляційний аналіз за Пірсоном лінійного взаємозв’язку рентгенологічних параметрів і віку у групах ТЕД1, ІЕД та ВМДЕ дозволив виявити, що очікувано найсильніші кореляції простежувалися між взаємопов’язаними анатомічними параметрами. Проте в групі ТЕД1 кількість таких кореляцій була найменшою; взаємозв’язок відмічався між типом висоти гребеня клубової кістки відносно ніжки L_V хребця та висотою розташування клубової кістки відносно верхньої замикальної пластинки S_I хребця ($r = 0,76$; $p < 0,001$), міжпоперечною висотою (МПВ) та міжпоперечним проміжком (МПП) ($r = 0,89$; $p < 0,001$), висотою (ВМО), шириною (ШМО) й формою міжхребцевого отвору (ФМО) ($r = 0,79$; $p < 0,001$ для ВМО та ШМО; $r = 0,81$; $p < 0,001$ для ВМО і ФМО; $r = 0,69$;

$p < 0,001$ для ШМО та ФМО), величиною поперекового лордозу LL та нахилу крижів SS ($r = 0,67$; $p < 0,001$).

За результатами секвенційного статистичного аналізу були вивчені найбільш інформативні й достовірні прогностичні ознаки щодо вибору методу ендоскопічної дискектомії грижі $L_V–S_I$ міжхребцевого диска на користь трансформамінальної дискектомії: тип Іа висоти гребеня клубової кістки (ПК = 3; I = 0,88; $p < 0,001$) та величина крижово-клубового кута, яка є менше 23º (ПК = 3; I = 0,41; $p < 0,001$); висота міжхребцевого отвору на рівні $L_V–S_I \geq 6$ мм (ПК = 3; I = 0,37; $p < 0,01$), висота гребеня клубової кістки ≤ 13 мм (ПК = 2; I = 0,36; $p < 0,01$) та наявність латеральної грижі $L_V–S_I$ диска (ПК = 2; I = 0,30; $p < 0,05$).

Найбільш інформативними й достовірними прогностичними ознаками щодо вибору методу мінімально інвазивної дискектомії грижі $L_V–S_I$ міжхребцевого диска на користь трансформамінальної дискектомії виявилися Іа тип висоти гребеня клубової кістки (ПК = 7; I = 2,37; $p < 0,001$); величина крижово-клубового кута $\geq$ 24º (ПК = 6; I = 0,87; $p < 0,001$), відношення ВМО/ШМО на рівні $L_V–S \geq 1,1$ (ПК = 5; I = 0,77; $p < 0,01$), II ступінь дегенерації $L_{IV}–L_V$ міжхребцевого диска за Pfirrmann (ПК = 4; I = 0,67; $p < 0,01$) висота гребеня клубової кістки ≥ 17 мм (ПК = 5; I = 0,61; $p < 0,01$) та III ступінь дегенерації $L_V–S_I$ міжхребцевого диска за Pfirrmann (ПК = 10; I = 0,52; $p < 0,01$).

Розроблено науково обгрунтований метод передопераційного планування техніки перкутанної ендоскопічної дискектомії грижі $L_V–S_I$ міжхребцевого диска на основі результатів проведених комплексних доопераційних клінічних, рентгенологічних і МРТ-досліджень 94 пацієнтів, яким було виконано успішну мінімально інвазивну дискектомію грижі $L_V–S_I$ диска. У процесі створення методу передопераційного планування техніки перкутанної ендоскопічної дискектомії грижі $L_V–S_I$ міжхребцевого диска також використовувались дані інформаційно-аналітичного дослідження релевантної науково-медичної інформації.

Розроблений метод передопераційного планування включає зокрема оптимізовану нами схему обстеження пацієнтів із грижею $L_V–S_I$ міжхребцевого диска, яким планується перкутанна ендоскопічна однопортальна одностороння дискектомія, та результати секвенційного статистичного аналізу у вигляді прогностичних обчислювальних таблиць для прийняття рішення на користь обраного способу мінімально інвазивної дискектомії: ендоскопічної трансфорамінальної дискектомії, або ендоскопічної інтерламінарної дискектомії, або відкритої мікродискектомії.

Ключові слова: грижа $L_V–S_I$ диска; ендоскопічна трансфорамінальна дискектомія; ендоскопічна інтерламінарна дискектомія; відкрита мікродискектомія; передопераційне оцінювання рентгенологічних параметрів $L_V–S_I$ сегмента і таза.

Список публікацій здобувача

1. Radchenko, V., Piontkovskyi, V., Kolesnichenko, V., **Holbaum, M.**, Chernyshov, O., & Palkin, O. (2024). Epidemiologicalrisk factors of recurrence of lumbar intervertebral disc herniation after primary discectomy (literature review). *Orthopaedics traumatology and prosthetics*, (4), 128–132. https://doi.org/10.15674/0030-598720234128-132

2. Kolesnichenko, V., Piontkovskyi, V., **Holbaum, M.,** Chernyshov, O., Palkin, O., & Palkin, B. (2025). Risk factors of recurrence lumbar intervertebral disc herniation after primary endoscopic transforaminal discectomy. part 1 (literature review). *Orthopaedics traumatology and prosthetics*, (2), 92–98. https://doi.org/10.15674/0030-59872025292-98

3. Piontkovskyi, V., Kolesnichenko, V., & **Holbaum, M.** (2026). Risk factors of recurrence lumbar disc herniation after primary endoscopic transforaminal discectomy. part 2. *Orthopaedics traumatology and prosthetics,* (1), 101–108. https://doi.org/10.15674/0030-598720261101-108

4. Piontkovskyi V. K., & **Holbaum, M. B.** (2026). Differences in preoperative radiographic parameters of the lumbosacral segment and pelvis in the case of transforaminal and interlaminar discectomy of L5-S1 intervertebral disc herniation. *Bulletin of problems biology and medicine*, 1(180), 318-327. http://dx.doi.org/10.29254/2077-4214-2026-1-180-318-327

5. Piontkovskyi V. K., & **Holbaum**, M. B. (2026). Comparative analysis of the results of radiographic parameters of the transverse-pelvic region and radiographic morphometry of the L5-S1 segment. *Kharkiv Surgical School*, (1), 77-82. https://doi.org/10.37699/2308-7005.1.2026.11

6. Piontkovskyi, V. K., Kolesnichenko, V. A., & **Golbaum, M. B.** (2026). Evaluation of imaging parameters of the lower lumbar segments and pelvis for preoperative planning of transforaminal endoscopic discectomy of L5-S1 intervertebral disc herniation (pilot study). *The Journal of V. N. Karazin Kharkiv*

National University. Series Medicine, 34(2(59), 203–217. https://doi.org/10.26565/2313-6693-2026-59-03

7. Piontkovskyi, V. K., Kolesnichenko, V. A., Marchuk O. F. & **Holbaum, M. B.** (2026) Preoperative planning of minimally invasive discectomy for L5-S1 intervertebral disc herniation using sequential statistical analysis. Kharkiv Surgical School, (2), 70-76. https://doi.org/10.37699/2308-7005.1.2026.12

8. Гольбаум М. Б. Структурні зміни поперекових сегментів у хворих з грижами LIV-LV, LV-SI міжхребцевих дисків. *Актуальні питання сучасної медицини* : тези доп. XXI міжнар. наук.-практ. конф. м. Харків, 18–19 квітня 2024 р. / Харків, 2024. С. 79.

9. Гольбаум М. Б. Первісна оцінка параметрів рухового стереотипу у хворих з грижами поперекових міжхребцевих дисків. *Фізична культура, спорт і здоров'я* : зб. тез XXIV міжнар. науково-практ. конф. м. Харків, 4 грудня, 2024 р. / Харків, 2024. С. 269-270.

10. Піонтковський В. К., **Гольбаум М. Б.**, Колесніченко В. А. Клінічні фактори ризику незадовільних результатів перкутанної ендоскопічної трансформінальної дискектомії гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта. *Сучасні технології лікування і реабілітації захворювань і бойових пошкоджень опорно-рухової систем :* міжнар. науково-практ. конф., присвячена 140-річчю від дня народження проф. М. І. Ситенка. м. Харків, 4 грудня, 2025р. / Харків. 2025. С. 144-146.

11. Колесніченко В. А., Тяжелов О. А., Карпінська О. Д., **Гольбаум М. Б**. Вплив змін сагітальних викривлень поперекового відділу хребта на силу м'язів спини і передньої стінки живота. *Сучасні технології лікування і реабілітації захворювань і бойових пошкоджень опорно-рухової системи : м*іжнар. науково-практ. конф., присвячена 140-річчю від дня народження проф. М. І. Ситенка. м. Харків, 4 грудня, 2025 р. /Харків. 2025. С. 144-146.

ABSTRACT

Holbaum M. B. Preoperative planning for percutaneous endoscopic discectomy of L5-S1 intervertebral disc herniation. — Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation for the Doctor of Philosophy degree in specialty 222 — Medicine, 22 — Health Care. — Government Agency «Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kharkiv 2026.

Percutaneous endoscopic transforaminal discectomy of L_V–S_I intervertebral disc herniation is one of the effective and less traumatic methods of surgical treatment. However, with certain structural features of the lumbopelvic region (dysplastic/degenerative deformations of the articular and transverse processes of L_V, S_I vertebrae, high location of the iliac crest, reduced height of the L_V–S_I disc), performing transforaminal discectomy is technically complicated and can lead to a number of postoperative complications. The literature lacks a comprehensive approach to studying the structural and functional features of the lumbosacral region, which can complicate the implementation of transforaminal access. Based on this, the aim of the work was to develop, test and implement the method for preoperative planning of the method of percutaneous endoscopic discectomy of L_V–S_I intervertebral disc herniation based on a sequential prognostic analysis of the structural and functional features of the lumbopelvic region.

The study material - clinical and radiological examination protocols of 94 patients (63 (67 %) men; 31 (33 %) women) aged 16–76 years with primary successful discectomy of L_V–S_I intervertebral disc herniation. The main group consisted of 41 patients after transforaminal endoscopic discectomy (TED group); the first comparison group included 30 patients after interlaminar endoscopic discectomy (IED group); the second comparison group included 23 patients after open microdiscectomy (VMDE group). Research methods — clinical with the

study of orthopedic status, pain intensity according to VAS, ODI disability index; radiological with the determination of the type of iliac crest height; radiographic with assessment of intervertebral height and intervertebral width, sacroiliac angle, iliac bone height, intervertebral disc height, disc height index, height and width of the intervertebral foramen, lumbar lordosis and sacral tilt; MRI with determination of the nature of the protrusion of the L_V–S_I disc material, the degree of degenerative changes according to the Modic type and Pfirrmann classification; statistical.

Inclusion criteria in the study: primary minimally invasive discectomy of isolated herniated L_V–S_I intervertebral disc. Exclusion criteria from the study: polysegmental herniated intervertebral discs of the lower lumbar spine; repeated discectomy of herniated L_V–S_I disc; clinically significant instability/spondyloarthrosis/stenosis (central, foraminal) in the lower lumbar segments; spondylolisthesis of L_{IV}, L_V vertebrae; previous spinal surgeries.

The scientific novelty of the obtained results is that: for the first time, it was established radiologically that during percutaneous endoscopic discectomy of L_V–S_I intervertebral disc herniation, traditional transforaminal access at an angle of 20º–45º is performed under the conditions of the location of the iliac crest below the middle of the L_V vertebral pedicle, horizontal orientation of the L_V transverse processes relative to the sacrum, and a more oval shape of the intervertebral foramen with an increased horizontal diameter; for the first time, according to MRI scans, it was established that traditional transforaminal access to L_V–S_I intervertebral disc herniation is performed in the case of frontal orientation of the facet joints at the L_V–S_I level with the location of the lateral edge of the upper articular facet of the S_I vertebra within the projection of the L_V vertebral body; For the first time, a correlation analysis has established a strong positive mutual influence of the type of iliac crest height, as well as the height, width and shape of the intervertebral foramen and intertransverse height in patients with successful transforaminal endoscopic discectomy of L_V–S_I intervertebral disc herniation; For the first time, a sequential statistical analysis has established the most informative

prognostic clinical, radiological and MRI signs in favor of transforaminal endoscopic discectomy of L_V–S_I intervertebral disc herniation; The types of iliac crest height relative to the L_V vertebra have been clarified with the definition of types Ia and Ib, located respectively below and above the horizontal line passing through the middle of the L_V vertebra pedicle — the limits for using the traditional suprailiac transforaminal access.

The practical significance of the results obtained is that: a method of preoperative planning of the method of minimally invasive surgical treatment of L_V–S_I intervertebral disc herniation has been developed, a substantiated algorithm for choosing percutaneous endoscopic discectomy and open microdiscectomy has been introduced into healthcare practice; an algorithm for choosing the method of minimally invasive discectomy of L_V–S_I intervertebral disc herniation has been developed using a calculation table with the most reliable clinical, radiological, radiometric and MRI signs, which allows objectifying the choice of surgical technique and avoiding errors at the stage of preoperative planning; The greatest informativeness, reliability, and predictive coefficient of the selected type Ia of the height of the iliac crest relative to the middle of the L_V vertebrae were found, which allows us to consider type Ia as one of the criteria for suprailiac posterolateral access in transforaminal endoscopic discectomy of L_V–S_I intervertebral disc herniation.

The results of the dissertation work have been implemented in clinical work: State Institution «Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», State Institution «Institute of General and Emergency Surgery named after V. T. Zaitsev of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Rivne Regional Clinical Hospital named after Yuriy Semenyuk, in the lecture course of the Department of Fundamental Medical Research, Second Medical Faculty, V. N. Karazin Kharkiv National University, Department of Emergency and Emergency Medical Care, Orthopedics, Traumatology and Prosthetics of Kharkiv National Medical University.

In the TED group, taking into account errors at the stage of preoperative planning, patients were divided into 2 groups: group TED1 (n = 37; 90 %) with the traditional TED technique and group TED2 (n = 4; 10 %), which included cases of conversion of endoscopic discectomy to open microdiscectomy (n = 3) and intraoperative discography for the purpose of topical diagnosis of intervertebral disc herniation (n = 1). The number of patients in the TED2 group (n = 4) is insufficient for conducting reliable statistical studies, therefore the differences between the indicators were of a trend nature. According to the results of radiological assessment of the positional relationships of the iliac crest (ICC) and L_{IV}, L_V vertebrae, type I of the location of the IHC was divided into types Ia (below the horizontal line passing through the middle of the L_V vertebra pedicle) and Ib (between the horizontal line of the middle of the L_V vertebra pedicle and the horizontal line of the upper edge of the L_V pedicle). Thus, in the TED1 group, type Ia was observed significantly more often compared to type 1b ($p < 0.001$); type III was not detected at all. In the TED2 group, the opposite trend was observed with a predominance of the frequency of type 1b compared to type Ia.

In the TED1 group, the facet-body distance (BF-TB) at the $L_V–S_I$ level on the ipsilateral side relative to the disc herniation slightly exceeded the indicator on the contralateral side. In 24 % of cases with a positive value of the BF-TB, the volume of partial facetectomy was increased to half of the BF; in other cases, decompression was limited to 1/4 of the BF. In the TED2 group, there was a tendency for the BF-TB distance to be significantly greater, especially on the ipsilateral side, compared to the TED1 group.

Comparative analysis of the radiological parameters of the $L_V–S_I$ segment in the TED1 and IED groups revealed a significant difference in the intertransverse height ((0.23 ± 0.1) cm and (0.12 ± 0.1) cm, respectively; $p < 0.05$); iliac crest height ((1.21 ± 0.17) cm and (1.86 ± 0.16) cm, respectively; $p < 0.05$); types of iliac crest height: in the TED1 group, types 1a ($p < 0.001$), II ($p < 0.001$) and III ($p < 0.001$) were significantly more common. All other radiographic parameters differed in the TED1 and IED groups without statistical

significance. In the TED1 group, compared to the IED group, the distance between the base of the transverse process of the L_V vertebra and the wings of the sacrum was greater; the width of the L_V transverse process was smaller, its angle of inclination was also smaller; the height and width of the intervertebral foramen were greater, and the intervertebral foramen was more round, and the height and index of the disc were greater. These results allowed us to establish that under the conditions of posterolateral access in the L_V–S_I segment, potentially favorable conditions for transforaminal removal of a lumbosacral disc herniation were observed. A wider working channel with a more gentle angle of the endoscope, compared with the data from the IED group, was provided by a significantly ($p < 0.05$) lower projection location of the iliac crest, a smaller angle of inclination, a shorter and significantly ($p < 0.05$) higher position of the transverse process of the L_V vertebra relative to the wings of the sacrum, a smaller interlaminar width of the L_V vertebra, and a larger size of the intervertebral foramen. In the case of hypertrophy of the upper articular process of the S_I vertebra, a limited partial facetectomy was performed, which was rarely accompanied by bleeding and did not lead to critical loss of bone tissue and, accordingly, to a decrease in the supporting capacity of the segment.

The main difference in structural parameters of the lumbopelvic region in the TED1 and VMDE groups was a significantly higher location of the iliac crest in patients from the TED1 group ($p < 0.001$).

The intertransverse height in the TED1 group was significantly higher ($p < 0.05$) than the similar indicator in the VMDE group. The intertransverse width in the TED1 group exceeded the similar indicator in the VMDE group, but without a statistically significant difference. The type of the L_V–S_I intertransverse gap was almost identical in both groups. The parameters of the height and width of the intervertebral foramen were almost the same, but the index of the type of intervertebral foramen was higher in the TED1 group: 0.54 ± 0.39 compared to 0.30 ± 0.11 in group VMDE. These results reflect a more round shape of the intervertebral foramen in group TED1 and a more oval one in group VMDE. The

sagittal contour of the lumbosacral spine in both groups was, as expected, almost identical. This result is explained by the presence in both groups of patients with L_V–S_I intervertebral disc herniation, the clinical picture of which is characterized by the development of antalgic myotonic reactions of the long paravertebral muscles with the formation of antalgic kyphosis or kyphoscoliosis.

Pearson correlation analysis of the linear relationship between radiological parameters and age in the TED1, IED and VMDE groups allowed us to establish that, as expected, the strongest correlations were observed between interconnected anatomical parameters. However, in the TED1 group, the number of such correlations was the smallest; The relationship was noted between the type of height of the iliac crest relative to the L_V vertebral body and the height of the iliac bone relative to the upper endplate of the S_I vertebra ($r = 0.76$; $p < 0.001$), the intertransverse height of the MVP and the intertransverse gap of the MVP ($r = 0.89$; $p < 0.001$), the height, width and shape of the intervertebral foramen ($r = 0.79$; $p < 0.001$ for VMO and SMO; $r = 0.81$; $p < 0.001$ for VMO and FMO; $r = 0.69$; $p < 0.001$ for SMO and FMO), the size of the lumbar lordosis LL and the slope of the sacrum SS ($r = 0.67$; $p < 0.001$).

According to the results of sequential statistical analysis, the most informative and reliable prognostic signs regarding the choice of the method of endoscopic discectomy for L_V–S_I intervertebral disc herniation in favor of transforaminal discectomy were studied: type Ia of the iliac crest height ($PC = 3$; $I = 0.88$; $p < 0.001$) and the value of the sacroiliac angle, which is less than 23º ($PC = 3$; $I = 0.41$; $p < 0.001$); height of the intervertebral foramen at the L_V–S_I level ≥ 6 mm ($PC = 3$; $I = 0.37$; $p < 0.01$), height of the iliac crest ≤ 13 mm ($PC = 2$; $I = 0.36$; $p < 0.01$) and the presence of lateral herniation of the L_V–S_I disc ($PC = 2$; $I = 0.30$; $p < 0.05$).

The most informative and reliable prognostic signs regarding the choice of the method of minimally invasive discectomy for L_V–S_I intervertebral disc herniation in favor of transforaminal discectomy were type Ia of the iliac crest

height (PC = 7; I = 2.37; $p < 0.001$); sacroiliac angle ≥ 24º (PC = 6; I = 0.87; $p < 0.001$), intervertebral foramen height/intervertebral foramen width ratio at L_V–$S_I \geq 1.1$ (PC = 5; I = 0.77; $p < 0.01$), Pfirrmann grade II L_{IV}–L_V intervertebral disc degeneration (PC = 4; I = 0.67; $p < 0.01$), iliac crest height ≥ 17 mm (PC = 5; I=0.61; $p < 0.01$) and Pfirrmann grade III L_V–S_I intervertebral disc degeneration (PC = 10; I = 0.52; $p < 0.01$).

A scientifically sound method for preoperative planning of the technique of percutaneous endoscopic discectomy of L_V–S_I intervertebral disc herniation was developed based on the results of comprehensive preoperative clinical, radiological and MRI examinations of 94 patients who underwent successful minimally invasive discectomy of L_V–S_I intervertebral disc herniation. In the process of creating the method for preoperative planning of the technique of percutaneous endoscopic discectomy of L_V–S_I intervertebral disc herniation, data from an information-analytical study of relevant scientific and medical information were also used.

The developed method of preoperative planning includes, among other things, our optimized scheme of examination of a patient with a herniated L_V–S_I intervertebral disc, who is scheduled for percutaneous endoscopic single-portal unilateral discectomy, and the results of sequential statistical analysis in the form of prognostic calculation tables for making a decision in favor of the selected method of minimally invasive discectomy: endoscopic transforaminal discectomy, or endoscopic interlaminar discectomy, or open microdiscectomy.

Keywords: herniated L_V–S_I disc; endoscopic transforamnal discectomy; endoscopic interlaminar discectomy; open microdiscectomy; preoperative assessment of radiological parameters of the L_V–S_I segment and pelvis.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць вимірювання, скорочень……..... 22

Терміни..... 24

Вступ..... 25

Розділ 1 Сучасні методи мінімально інвазивної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска (аналітичний огляд літератури).... 38

1.1 Епідеміологія та соціально-економічний тягар грижі міжхребцевого диска поперекового відділу хребта 38

1.2 Класифікація гриж міжхребцевих дисків..... 40

1.3 Мінімально інвазивні хірургічні техніки дискектомії грижі міжхребцевого диска 46

1.4 Фактори ризику незадовільних результатів первинної перкутанної ендоскопічної дискектомії у хворих із грижею L_V–S_I міжхребцевого диска..... 59

1. 5 Резюме 68

Розділ 2 Матеріал і методи дослідження..... 71

2.1 Матеріал дослідження..... 71

2.2 Методи дослідження..... 72

2.2.1 Клінічні дослідження..... 72

2.2.2 Методи візуалізації нижньопоперекового відділу хребта..... 73

2.3 Статистичні долсідження..... 78

2.3.1 Секвенційний (послідовний) статистичний аналіз……..... 78

2.3.2 Статистичні дослідження..... 84

Розділ 3 Результати клініко-рентгенологічних досліджень..... 85

3.1 Обгрунтування методики рентгенометрії попереково-крижового відділу хребта і морфометрії L_V–S_I сегмента..... 85

3.2 Результати клініко-рентгенологічних досліджень..... 87

3.2.1 Результати клініко-рентгенологічних досліджень у групах ТЕД1 і ТЕД2..... 88

3.2.2 Порівняльний аналіз результатів клініко-рентгенологічних досліджень у групах ТЕД1 та ІЕД..... 99

3.2.3 Порівняльний аналіз результатів клініко-рентгенологічних досліджень у групах ТЕД1 та ВМДЕ….. 109

3.3 Кореляційний аналіз взаємного впливу рентгенологічних і МРТ параметрів нижньопопереково-тазової ділянки пацієнтів із групи мінімально інвазивної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска..... 116

3.3.1 Кореляційний аналіз взаємного впливу рентгенологічних і МРТ параметрів нижньопопереково-тазової ділянки пацієнтів групи ТЕД1..... 116

3.3.2 Кореляційний аналіз взаємного впливу рентгенологічних і МРТ параметрів нижньопопереково-тазової ділянки пацієнтів групи ІЕД..... 119

3.3.3 Кореляційний аналіз взаємного впливу рентгенологічних і МРТ параметрів нижньопопереково-тазової ділянки пацієнтів групи ВМДЕ..... 123

3.4 Резюме..... 125

Розділ 4 Результати секвенційного статистичного аналізу..... 128

Резюме..... 138

Розділ 5 Метод передопераційного планування способу перкутанної ендоскопічної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска..... 140

Резюме..... 148

Розділ 6 Узагальнення результатів дослідження..... 150

Висновки..... 161

Практичні рекомендації..... 164

Перелік посилань..... 165
Додаток А..... 196
Додаток Б..... 199
Додаток В..... 204
Додаток Д..... 227

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ

ВД — висота міжхребцевого диска;
ВКК — висота клубової кістки;
ВМДЕ — відкрита мікродискектомія;
ВМО — висота міжхребцевого отвору;
ШМО — ширина міжхребцевого отвору;
ВМО/ШМО — відношення висоти міжхребцевого отвору до його ширини;
ДВС — дуговідростковий суглоб;
ЗП — замикальна пластинка;
ІВД — індекс висоти міжхребцевого диска;
ІЕД — інтерламінарна ендоскопічна дискектомія;
ККТ — крижово-клубовий кут;
КТ — комп'ютерна томографія;
МПВ/МПШ — відношення міжпоперечної висоти до міжпоперечної ширини;
МПВ — міжпоперечна ширина;
МПШ — міжпоперечна висота;
МРТ — магнітно-резонансна томографія;
МХД — міжхребцевий диск;
МХО — міжхребцевий отвір;
ПВХ — поперековий відділ хребта;
ПЕД — перкутанна ендоскопічна дискектомія;
ПК — прогностичний коефіцієнт;
СФ — суглобова фасетка;
СФ-ТХ — відстань між суглобовою фасеткою та краєм тіла хребця;
ТЕД — трансформамінальна ендоскопічна дискектомія;
Тип ВКК — тип висоти гребеня клубової кістки;
I — інформативність ознаки;
I_j^i — інформативність діапазону (градації) ознаки;
LL — величина поперекового лордозу;
n — кількість спостережень (обсяг вибірки);
ODI — індекс дисабілітації Oswestry;
ODI_1 — індекс дисабілітації Oswestry до операції;

ODI_2 — індекс дисабілітації Oswestry після операції;
p — значимість статистичної відмінності;
$P(x_i^j$ /ТЕД) — відносна ймовірність і-ої градації j-ої ознаки для методу трансформамінальної дискектомії;
$P(x_i^j$ /ІЕД — відносна ймовірність і-ої градації j-ої ознаки для методу інтерламінарної дискектомії;
$P(x_i^j$ /ВМДЕ — відносна ймовірність і-ої градації j-ої ознаки для методу відкритої мікродискектомії;
$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД) — згладжена відносна ймовірність і-ої градації j-ої ознаки для методу трансформамінальної дискектомії;
$\bar{P}(x_i^j$ /ІЕД — згладжена відносна ймовірність і-ої градації j-ої ознаки для методу інтерламінарної дискектомії;
$\bar{P}(x_i^j$ /ВМДЕ — згладжена відносна ймовірність і-ої градації j-ої ознаки для методу відкритої мікродискектомії;
R_i — ранговий номер у разі рангової кореляції;
r — коефіцієнт кореляції;
SPRT — Sequential Probability Ratio Test, тест відносин ймовірностей послідовного типу;
SS — величина нахилу крижів;
TESSYS — Transforaminal Endoscopic Surgical System — трансформамінальна ендоскопічна хірургічна система;
VAS — візуальна аналогова шкала;
VAS1 — інтенсивність поперекового болю за візуальною аналоговою шкалою до операції;
VAS2 — інтенсивність поперекового болю за візуальною аналоговою шкалою після операції;
x_j^i — і-й діапазон (градація) ознаки x_i;
YESS — Yeung's Endoscopic Surgery System — хірургічна ендоскопічна система Юінга.

ТЕРМІНИ

Відношення правдоподібності — це відношення ймовірності отримання конкретного результату прогностичного тесту в пацієнта з несприятливим перебігом захворювання до ймовірності такого самого результату у хворого зі сприятливим перебігом.

QALY (quality-adjusted life years) — кількість якісних років життя, отриманих унаслідок медичного втручання, з корекцією на високу якість життя протягом цього часу. QALY виражається числом від 1,0 (повне здоров’я) до 0 (смерть). Один рік якісного життя оцінюється як 1,0.

YLDs (years lived with disability) — кількість років життя, прожитих з інвалідністю через травму або захворювання.

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження

Грижа міжхребцевого диска поперекового відділу хребта є однією з найчастіших причин радикулалгії [15], реєструється переважно в працездатному віці [52], суттєво знижує функціональні можливості опорно-рухової системи, здатність до самообслуговування та якість життя [72]. Через біль у поперековому відділі хребта — майже постійний симптом грижі міжхребцевого диска (ГМД) — у 2020 році було зафіксовано глобально 69,0 млн (47,9–88,9) років, прожитих з інвалідністю (YLD); стандартизований за віком показник YLD на 100 000 населення склав 832,0 (578,0-1070,0) [52].

ГМД реєструється у 5–20 випадках на 1000 дорослих на рік, найчастіше у третій-п’ятій декаді життя [143], і у 60–90 % спостережень вдається досягти регресу клінічної симптоматики в разі консервативної терапії [72].

«Золотим стандартом» сучасного хірургічного лікування гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта (ПВХ) є відкрита мікродискектомія. Порівняно з традиційними методами видалення грижі поперекового міжхребцевого диска, за відкритої мікродискектомії відзначається менша інтраопераційна травма паравертебральних м’язів і менша крововтрата, більш обмежена резекція елементів заднього опорного комплексу, що сприяє швидшому післяопераційному функціональному відновленню і знижує ризик розвитку нестабільності оперованого сегмента [19, 21, 43, 54–56]. Одним із найчастіших недоліків відкритої мікродискектомії і традиційних хірургічних технік усунення диск-радикулярного конфлікту є формування епідурального фіброзу [19, 128, 147, 150] з іммобілізацією нервових структур, їхнім механічним стресом під час екстензійних навантажень із наступною клінічною маніфестацією

рубцевого спинального стенозу [101], який може формуватися внаслідок фізіологічної гіпертрофії післяопераційного рубця [42], яку потенціюють асептичне запалення в зоні епідуральної гематоми [63], а також аутоімунне запалення задньої частини фіброзного кільця, жовтої зв'язки, задньої поздовжньої зв'язки та поверхні крижово-спінального м'яза, що прилягає до твердої мозкової оболонки [101] — тканин, травмованих у процесі інтраопераційного доступу.

Останнім часом як новий «золотий стандарт» у хірургії хребта розглядаються ендоскопічні техніки [69] і, зокрема, перкутанна (повна) ендоскопічна дискектомія гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта [69, 103, 104, 197, 204, 210]. Ендоскопічні техніки видалення гриж міжхребцевого диска поперекового відділу хребта, порівняно з мікрохірургічною дискектомією мають низку переваг: менше травмування паравертебральних м'якотканинних структур [160], менша інтраопераційна крововтрата [76, 97], менша інтенсивність післяопераційного болю з відповідним зниженням дози опіоїдних анальгетиків після хірургічної інтервенції, коротший період функціонального відновлення [27] з більш раннім поверненням до повсякденної діяльності [54, 56, 84, 175] та високою задоволеністю пацієнтів, та потребують відносно низьких хірургічних витрат [76].

Існують два основних методи перкутанного ендоскопічного видалення гриж дисків: трансформамінальний та інтерламінарний. Традиційно екстракція гриж L_I–L_{IV} міжхребцевих дисків виконувалася зі застосуванням трансформамінального доступу, гриж на рівні L_V–S_I — з використанням методу інтерламінарної дискектомії. Ефективність цих двох методів схожа, проте технічно трансформамінальна ендоскопічна дискектомія (ТЕД) більш складна як порівняти з інтерламінарною ендоскопічною дискектомією [90, 91]. У той самий час у методики ТЕД є низка унікальних переваг, які роблять її найменш інвазивною з усіх технік дискектомії: задні структури хребтового сегмента менше травматизуються

[78, 79, 84]; завдяки задньолатеральному доступу над верхівкою суглобового відростка мінімізується ризик ушкодження нервових структур і твердої мозкової оболонки; у пацієнтів похилого віку з грижею диска в поєднанні з форамінальним стенозом міжхребцевий отвір може бути одночасно розширено та сформовано за допомогою форамінопластики або парціальної фасетектомії [174]. Під час використання інтерламінарного доступу в післяопераційному періоді частіше відзначаються чутливі транзиторні розлади (парестезії); більш висока ймовірність ушкодження нерва, який виходить, унаслідок неправильного розміщення канюлі або некоректна ідентифікація жовтої зв'язки у випадках, коли в якості останньої (жовтої зв'язки) визначалися кісти дуговідросткових суглобів, паравертебральні м'язи [19, 137, 180].

Фахівці, які використовували методику ТЕД ендоскопічної системи Yeung (YESS), дотримувалися думки, що трансфораміальний доступ застосовується в разі задньолатеральної (форамінальної або екстрафораміальної), а також за внутрішньоканальної грижі міжхребцевого диска та протипоказаний за великих центральних та екстралігаментарних гриж [12, 13, 193]. Із удосконаленням ендоскопічних систем покази до застосування ТЕД було розширено. Вважалося, що ця методика показана майже за всіх типів гриж міжхребцевих дисків [103, 106, 116], зокрема і мігруючих екструзій [181], оскільки трансфораміальний доступ дозволяє повністю контролювати нервові структури й оцінювати повноту їхньої декомпресії. Відносним протипоказом технічного характеру вважалася наявність центральної грижі міжхребцевого диска великого розміру через труднощі під час її повної екстракції [193]. Крім цього, у випадках високого стояння гребеня клубової кістки та невеликого розміру міжхребцевого отвору резекція грижі L_V–S_I міжхребцевого диска з трансфораміального доступу пов'язана зі значними технічними труднощами [28, 41, 140]. У таких пацієнтів дискектомія виконується з інтерламінарного доступу.

В останні роки для ендоскопічного видалення грижі L_V–S_I міжхребцевого диска все ширше використовується трансформамінальна дискектомія. Проте в такому разі задньолатеральний доступ може бути утрудненим через особливості анатомії люмбосакрального сегмента: гіпертрофію поперечних і суглобових відростків, високе стояння гребеня клубової кістки, звуження міжхребцевого отвору та інклінацію суглобових відростків через зниження висоти міжхребцевого диска [189]. Щоб уникнути цих обмежень, не жертвуючи перевагами ТЕД, були розроблені численні методики фасетектомії й форамінопластики, а також запропонований метод трансіліальної трансформамінальної ендоскопічної дискектомії [131, 140]. Остання процедура не набула широкого клінічного застосування через підвищену інвазивність, додаткову крововтрату, обмежений клінічний досвід [28, 56] та більш круту криву навчання порівняно з інтерламінарною ендоскопічною дискектомією [41, 82].

Проте наразі покази до ТЕД у разі грижі L_V–S_I міжхребцевого диска уточнюються через високу частоту рецидивів і ревізійних втручань (до 8,9 %) порівняно з відкритою мікродискектомією. Основна причина більшості реоперацій полягає в обмеженому трансформамінальному доступі з утрудненою належною візуалізацією хребтового каналу й неможливістю контролю повноти декомпресії задіяних нервових структур [88, 153]. За даними H. Wu та співавт., 2022, у переважній більшості випадків (9 із 11 хворих) невдача трансформамінальної ендоскопічної дискектомії визначалася виключно неадекватністю трансформамінального доступу. Результати магнітно-резонансної томографії (МРТ) у цих пацієнтів виявили особливості анатомії нижньої частини міжхребцевого отвору в зоні передбачуваного входу ендоскопа у вигляді зменшення висоти міжхребцевого отвору за рахунок значного зниження висоти міжхребцевого диска та зміщення верхівки верхнього суглобового відростка в зону доступу [185]. Отже, недоліки в передопераційному плануванні методу ендоскопічної дискектомії грижі L_V–S_I диска з некоректною оцінкою

взаємовідносин анатомічних особливостей L_V–S_I сегмента й таза призводять до неадекватної нейродекомпресії з рецидивом грижі диска, інтраопераційного ушкодження верхньої замикальної пластинки S_I хребця, конверсії ТЕД у відкриту мікродискектомію [188].

Існує певний взаємозв'язок між результатами дискектомій та тривалістю «грижового катамнезу». Іншими словами, ступінь дегенерації оперованого міжхребцевого диска може впливати на довгостроковий результат хірургічного лікування. Проте в доступній літературі зустрічаються поодинокі публікації, в яких виражена дегенерація кісткових структур поперекового відділу та зміни міжхребцевого диска за класифікацією Modic розглядаються як фактори ризику, які потенціюють повторне оперативне втручання після дискектомії [24, 104]. Це питання вимагає подальшого вивчення.

Методика ТЕД потребує ретельного передопераційного планування з урахуванням рентгенанатомічних характеристик люмбосакрального сегмента й клубової кістки, які визначають трансформінальний доступ, ураховуючи обмежену візуалізацію операційного поля та вузьке операційне вікно [138]. У літературі обговорюються окремі особливості операційного доступу до L_V–S_I міжхребцевого диска залежно від анатомічних деталей трикутника Kambin [124, 135, 178], позиційних взаємовідносин висоти гребеня клубової кістки й кісткових елементів L_V хребця [131, 168, 169], ступеня дегенерації міжхребцевих дисків [173], величини суглобових фасеток дуговідросткових суглобів [80, 168] у разі дискектомії форамінальних й екстрафорамінальних гриж люмбосакрального міжхребцевого диска. Проте інормації щодо комплексної передопераційної рентгенанатомічної, зокрема рентгенометричної й МРТ-оцінки морфометрії L_V–S_I сегмента, позиційних взаємовідносин L_V хребця й гребеня клубової кістки в доступній літературі не виявлено. На вирішення цих та деяких інших питань спрямоване це дослідження.

Мета роботи — розробити метод передопераційного планування способу перкутанної ендоскопічної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска на основі послідовного прогностичного аналізу структурно-функціональних особливостей попереково-тазової ділянки.

Завдання роботи:

1. Вивчити на основі інформаційно-аналітичного дослідження основні сучасні методи мінімально інвазивної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска.
2. Провести порівняльний аналіз передопераційних структурно-функціональних особливостей попереково-тазової ділянки пацієнтів, яким було проведено успішну перкутанну ендоскопічну дискектомію та відкриту мікродискектомію грижі L_V–S_I міжхребцевого диска.
3. Дослідити кореляційні зв’язки параметрів морфометрії L_V–S_I сегмента й таза пацієнтів із грижею L_V–S_I міжхребцевого диска.
4. Дослідити прогностичну інформативність і виявити кількісні критерії прогнозу вибору техніки перкутанної ендоскопічної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска на основі секвенційного статистичного аналізу.
5. Науково обгрунтувати, розробити й апробувати метод передопераційного планування способу перкутанної ендоскопічної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска.

Об’єкт дослідження — передопераційне планування способу перкутанної ендоскопічної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска.

Предмет дослідження — способи перкутанної ендоскопічної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска; параметри морфометрії L_V–S_I сегмента і таза; послідовний прогностичний аналіз.

Методи дослідження — клінічні з дослідженням ортопедичного статусу, характеру анталгічних деформацій тулуба; динаміки інтенсивності

болю за візуальною аналоговою шкалою VAS та рівня дисабілітації ODI за опитувальником Oswestry до та після операції; візуалізації попереково-крижового відділу хребта, зокрема зі застосуванням стандартної поперекової спондилографії, рентгенометрії параметрів L_V–S_I сегмента й таза, магнітно-резонансной томографії з визначенням ступеня дегенерації нижньопоперекових хребтових сегментів за класифікаціями Modic та Pfirrmann, параметрів сагітального контуру попереково-крижового відділу хребта, кореляційного аналізу за Пірсоном, секвенційного статистичного аналізу.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота виконана згідно з планом науково-дослідних робіт ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України» «Розробити методику фізичної реабілітації після ендоскопічного лікування гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта для цивільних осіб та військовослужбовців за умов різних варіантів клінічного перебігу та різних зовнішніх навантажень на опорно-рухову систему» (номер державної реєстрації 0124U000397, шифр ЦФ.2024.4.НАМНУ).

У межах зазначеної теми автором проведено підбір, клініко-рентгенологічне обстеження пацієнтів із проспективної групи, а також ретроспективний аналіз результатів ендоскопічної дискектомії гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта.

Наукова новизна отриманих результатів

Уперше рентгенологічно встановлено, що в разі перкутанної ендоскопічної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска традиційний трансформамінальний доступ під кутом 20º–45º здійснюється за умов розташування гребеня клубової кістки нижче середини ніжки L_V хребця, горизонтальної орієнтації поперечних відростків L_V відносно крижів, більш овальної форми міжхребцевого отвору зі збільшеним горизонтальним діаметром.

Уперше за даними МРТ-сканів встановлено, що традиційний трансформамінальний доступ до грижі L_V–S_I міжхребцевого диска виконується в разі фронтальної орієнтації дуговідросткових суглобів на рівні L_V–S_I із розташуванням латерального краю верхньої суглобової фасетки S1 хребця в межах проєкції тіла L_V хребця.

Уперше за даними кореляційного аналізу встановлено сильний позитивний взаємний вплив типу висоти гребеня клубової кістки, а також висоти, ширини та форми міжхребцевого отвору й міжпоперечної висоти в пацієнтів з успішною трансформамінальною ендоскопічною дискектомією грижі L_V–S_I міжхребцевого диска.

Уперше за даними секвенційного статистичного аналізу встановлені найбільш інформативні прогностичні клінічні, рентгенологічні та МРТ-ознаки на користь трансформамінальної ендоскопічної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска.

Уточнені типи висоти розташування гребеня клубової кістки відносно L_V хребця з визначенням типів Іа та Іб, розташованих відповідно нижче і вище горизонтальної лінії, яка проходить через середину ніжки L_V хребця — межі для використання традиційного супраіліального трансформамінального доступу.

Практичне значення отриманих результатів

Розроблено методики передопераційного планування способу мінімально інвазивного хірургічного лікування грижі L_V–S_I міжхребцевого диска, упроваджено в практику охорони здоров’я обгрунтований метод вибору перкутанної ендоскопічної дискектомії та відкритої мікродискектомії.

Розроблено алгоритм вибору способу мінімально інвазивної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска з використанням обчислювальної таблиці з найбільш достовірними клінічними, рентгенологічними, рентгенометричними й МРТ-ознаками, що дозволяє

об’єктивізувати вибір хірургічної техніки й уникнути помилок на етапі передопераційного планування.

Виявлено найбільшу інформативність, достовірність, величину прогностичного коефіцієнта виділеного типу Іа висоти розташування гребеня клубової кістки відносно середини ніжки L_V хребця, що дозволяє розглядати тип Іа як один із критеріїв супраіліального задньолатерального доступу за трансформамінальної ендоскопічної дискектомії грижі $L_V–S_I$ міжхребцевого диска.

Результати дисертаційної роботи впроваджені в клінічну роботу ДУ «Інститут загальної та невідкладної хірургії ім. В. Т. Зайцева НАМН України», Рівненської обласної клінічної лікарні ім. Юрія Семенюка, у лекційний курс кафедри екстренної та невідкладної медичної допомоги, ортопедії, травматології та протезування Харківського національного медичного університету.

Особистий внесок здобувача

Дисертаційна робота є самостійною завершеною науковою працею. Сумісно з науковими керівниками автор обрав тему дисертаційної роботи, визначив мету, завдання та програму досліджень. Особисто автор провів інформаційно-патентний пошук з аналізом стану досліджуваної наукової проблеми. Автором особисто визначено методи ретроспективного дослідження, розроблено методику клінічного, рентгенологічного, рентгенометричного й МРТ-дослідження, виконано секвенційний статистичний аналіз. Метод передопераційного планування способу перкутанної ендоскопічної дискектомії грижі $L_V–S_I$ міжхребцевого диска розроблено автором особисто. Усі клінічні, рентгенологічні та статистичні дослідження автор виконав особисто. Автором особисто написані всі розділи дисертації, сформульовані висновки та практичні рекомендації, підготовлені до друку наукові праці.

Участь співавторів відображено у відповідних спільних публікаціях:

1. Radchenko, V., Piontkovskyi, V., Kolesnichenko, V., **Holbaum, M.**, Chernyshov, O., & Palkin, O. (2024). Epidemiologicalrisk factors of recurrence of lumbar intervertebral disc herniation after primary discectomy (literature review). *Orthopaedics traumatology and prosthetics*, (4), 128–132. https://doi.org/10.15674/0030-598720234128-132 (*Особистий внесок — проведено пошук науково-інформаційної літератури, відібрані та проаналізовані релевантні літературні джерела*).

2. Kolesnichenko, V., Piontkovskyi, V., **Holbaum, M.,** Chernyshov, O., Palkin, O., & Palkin, B. (2025). Risk factors of recurrence lumbar intervertebral disc herniation after primary endoscopic transforaminal discectomy. part 1 (literature review). *Orthopaedics traumatology and prosthetics*, (2), 92–98. https://doi.org/10.15674/0030-59872025292-98 (*Особистий внесок — проведено пошук науково-інформаційної літератури, відібрані та проаналізовані релевантні літературні джерела*).

3. Piontkovskyi, V., Kolesnichenko, V., & **Holbaum, M.** (2026). Risk factors of recurrence lumbar disc herniation after primary endoscopic transforaminal discectomy. part 2. Orthopaedics traumatology and prosthetics, (1), 101–108. https://doi.org/10.15674/0030-598720261101-108 (*Особистий внесок — проведено пошук науково-інформаційної літератури, відібрані та проаналізовані релевантні літературні джерела*).

4. Piontkovskyi V. K., & Holbaum, M. B. (2026). Differences in preoperative radiographic parameters of the lumbosacral segment and pelvis in the case of transforaminal and interlaminar discectomy of L5-S1 intervertebral disc herniation. *Bulletin of problems biology and medicine*, 1(180), 318-327. http://dx.doi.org/10.29254/2077-4214-2026-1-180-318-327 (*Особистий внесок — ретроспективний аналіз клінічного матеріалу, статистична обробка та інтерпретування отриманих даних*).

5. Piontkovskyi V. K., & **Holbaum**, M. B. (2026). Comparative analysis of the results of radiographic parameters of the transverse-pelvic region and

radiographic morphometry of the L5-S1 segment. *Kharkiv Surgical School*, (1), 77-82. https://doi.org/10.37699/2308-7005.1.2026.11 (*Особистий внесок — ретроспективний аналіз клінічного матеріалу, статистична обробка та інтерпретування отриманих даних*).

6. Piontkovskyi, V. K., Kolesnichenko, V. A., & **Golbaum, M. B.** (2026). Evaluation of imaging parameters of the lower lumbar segments and pelvis for preoperative planning of transforaminal endoscopic discectomy of L5-S1 intervertebral disc herniation (pilot study). The Journal of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series Medicine, 34(2(59), 203–217. https://doi.org/10.26565/2313-6693-2026-59-03 (*Особистий внесок — ретроспективний аналіз клінічного матеріалу, статистична обробка та інтерпретування отриманих даних*).

7. Piontkovskyi, V. K., Kolesnichenko, V. A., & **Golbaum, M. B**. (2026). Evaluation of imaging parameters of the lower lumbar segments and pelvis for preoperative planning of transforaminal endoscopic discectomy of L5-S1 intervertebral disc herniation (pilot study). *The Journal of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series Medicine*, 34(2(59), 203–217. https://doi.org/10.26565/2313-6693-2026-59-03 (*Особистий внесок — проведення секвенційного статистичного аналізу та інтерпретування отриманих даних*).

8. Гольбаум М. Б. Структурні зміни поперекових сегментів у хворих з грижами LIV-LV, LV-SI міжхребцевих дисків. Актуальні питання сучасної медицини : тези доп. XXI міжнар. наук.-практ. конф. м. Харків, 18—19 квітня 2024 р. / Харків, 2024. С. 79.

9. Гольбаум М. Б. Первісна оцінка параметрів рухового стереотипу у хворих з грижами поперекових міжхребцевих дисків. Фізична культура, спорт і здоров’я : зб. тез XXIV міжнар. науково-практ. конф. м. Харків, 4 грудня, 2024 р. / Харків, 2024. С. 269-270.

10. Піонтковський В. К., **Гольбаум М. Б.**, Колесніченко В. А. Клінічні фактори ризику незадовільних результатів перкутанної

ендоскопічної трансформамінальної дискектомії гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта. Сучасні технології лікування і реабілітації захворювань і бойових пошкоджень опорно-рухової систем : міжнар. науково-практ. конф., присвячена 140-річчю від дня народження проф. М. І. Ситенка. м. Харків, 4 грудня, 2025р. / Харків. 2025. С. 144-146. (*Особистий внесок — набір клінічного матеріалу, статистична обробка та інтерпретування отриманих даних*).

11. Колесніченко В. А., Тяжелов О. А., Карпінська О. Д., **Гольбаум М. Б.** Вплив змін сагітальних викривлень поперекового відділу хребта на силу м'язів спини і передньої стінки живота. Сучасні технології лікування і реабілітації захворювань і бойових пошкоджень опорно-рухової системи : міжнар. науково-практ. конф., присвячена 140-річчю від дня народження проф. М. І. Ситенка. м. Харків, 4 грудня, 2025 р. /Харків. 2025. С. 144-146. (*Особистий внесок — зібрано та проаналізовано літературні джерела, підготовлено матеріал до друку*).

Апробація матеріалів дисертації

Результати та основні положення роботи викладено в доповідях на: Міжнародних симпозіумах «Minimal invasive and instrumented surgery of the spine» (м. Івано-Франковськ, 2025; м. Каменець-Подольский, 2026); міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні технології лікування і реабілітації захворювань і бойових ушкоджень опорно-рухової системи» (м. Харків, 2025); міжнародній науково-практичній конференції «Фізична культура, спорт і здоров'я» (Харків, 2024); міжнародній науково-практичній конференції студентів, молодих вчених і фахівців «Актуальні питання сучасної медицини» (Харків, 2024).

Публікації

За матеріалами дисертації опубліковано 11 наукових праць: 7 статтей у наукових фахових виданнях України, серед яких 4 статті індексовані Scopus, 4 публікації — у матеріалах вітчизняних наукових і міжнародних наукових конгресів, з'їздів і конференцій.

Структура та обсяг дисертації

Робота містить вступ, аналітичний огляд літератури, розділ «Матеріал і методи», 3 розділи власних досліджень, висновки, практичні рекомендації, список використаної літератури зі 211 джерелами (6 кирилицею та 205 — латиницею), додатки. Робота викладена на 195 сторінках машинописного тексту, містить 9 таблиць, 32 рисунки.

РОЗДІЛ 1
СУЧАСНІ МЕТОДИ МІНІМАЛЬНО ІНВАЗИВНОЇ ДИСКЕКТОМІЇ ГРИЖІ L_V–S_1 МІЖХРЕБЦЕВОГО ДИСКА (АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ОІТЕРАТУРИ)

1.1 Епідеміологія та соціально-економічний тягар грижі міжхребцевого диска поперекового відділу хребта

Грижа міжхребцевого диска поперекового відділу хребта є однією з найпоширеніших причин болю в попереку та радикулопатії, вражаючи значну частину працездатного населення у всьому світі. Симптоматична грижа міжхребцевого диска не лише погіршує фізичну функцію, а й робить істотний внесок у соціально-економічний тягар суспільства, включаючи втрату продуктивності праці та збільшення витрат на охорону здоров'я [52].

Поширеність ГМД коливається від 0,5 % [14] до 5 % у дорослих у віці 30 років і старше [14, 72, 133] зі щорічним зростанням захворюваності через старіння населення, зміни характеру роботи і дедалі більш малорухливий спосіб життя [29]. У осіб віком від 25 до 55 років 95 % симптоматичних гриж міжхребцевих дисків виникають на рівнях L_{IV}–L_V та L_V–S_I [15]. Така ситуація пов'язана з рівнем повсякденних стресових біомеханічних навантажень, який є найвищим у нижньопоперековому відділі хребта [92].

Хоча демографічні показники даної категорії пацієнтів варіюють залежно від регіону, фізичної активності, способу життя, етнічної приналежності тощо [143], у більшості повідомлень відмічається превалювання пацієнток переважно середнього віку (49–59 років) [17, 72, 127]. В окремих дослідженнях незначно переважають хворі чоловічої статі [138, 205]. Порівняно з пацієнтами з іншими дегенеративними захворюваннями хребта (спинальний стеноз, дегенеративний спондилолістез), вік хворих із ГМД молодший (середній вік 41 рік порівняно зі середнім віком 50 років відповідно). Пацієнтів із грижею

міжхребцевого диска також відрізняють такі більш високі початкові показники: інтенсивність больового синдрому, індекс дисабілітації та суттєво більший рівень використання консервативних заходів лікування [117, 167].

Щорічна захворюваність у загальній популяції складає приблизно 5–20 випадків на 1 000 дорослих [143], 0,2-2,5 на 1 000 осіб, 13,4 на 1 000 населення [72]. Серед пацієнтів, яким здійснили хирургічне лікування, щорічна частота виникнення грижі міжхребцевого диска з радикулопатією варіювала від 0,04 до 2,5 на 1 000 осіб. У військовослужбовців реєструється більш висока щільність захворювання на ГМД порівняно зі загальною популяцією: 7,8 на 1 000 людино-років у госпіталізованих у Фінляндії; від 4,1 до 26,6 на 1 000 людино-років серед госпіталізованих військових Сполучених Штатів Америки та Південної Кореї [72]. Довічний ризик виникнення грижі міжхребцевого диска становить приблизно 30 % [21, 23]. У 60–90 % пацієнтів із грижею міжхребцевого диска спостерігається позитивний ефект після консервативного лікування. Серед хворих із ГМД після хірургічного лікування ризик рецидиву грижі міжхребцевого диска становить 9,1 %, при цьому 38 % рецидивують протягом року після індексної операції [72].

Слід зазначити, що точна частота симптоматичних гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта залишається неясною через відсутність консенсусу щодо визначення клінічно значимої грижі (наприклад, лише біль у поперековому відділі хребта, тільки корінцевий біль або поєднання того й іншого) [35]. Поширеність поперекового болю серед дорослих протягом усього життя досягає 60–80 %, а поширеність болю в разі ішіасу, найчастіше спричинена грижею міжхребцевого диска, що триває не менше двох тижнів, становить 1,6 % [14, 40].

Суттєва різниця у витратах на лікування ГМД поперекового відділу хребта виявлена на етапі очікування хірургічного лікування в пацієнтів із коротким (< 60 днів) та тривалим (≥ 60 днів) часом очікування [39]. Раніше

проведення дискектомії грижі міжхребцевого диска поперекового відділу хребта передбачало економію непрямих витрат у розмірі 11 234,89 доларів США на пацієнта. Економія витрат здебільшого полягала в зниженні кількості пропусків роботи через короткий час очікування операції. У той самий час у цій групі були додаткові прямі витрати у розмірі 518,21 дол. США на одного пацієнта, що було пов'язано з великою кількістю відвідувань медичних закладів, сеансів фізіотерапії та виконанням додаткових МРТ. Слід зазначити, що в пацієнтів із групи з коротким часом очікування операції відзначалися вищі початкові показники інтенсивності болю та індексу дисабілітації, що потенційно пояснює збільшення використання медичних послуг і скорочення часу очікування операції [39].

1.2 Класифікація гриж міжхребцевих дисків

Згідно з визначенням Північноамериканського товариства хірургії хребта (Noth America Spine Surgery, NASS), грижа є локалізованим зміщенням матеріалу міжхребцевого диска за межі нормальних меж міжхребетного простору [51]. Радикулопатія зазвичай є результатом диск-радикулярного конфлікту зі здавленням або натягом корінця спинномозкового нерва з відповідним неврологічним дефіцитом у чутливій, рефлекторній, руховій сферах і наслідками інструментальної візуалізації (МРТ, КТ), які корелюють із клінічними проявами [51, 119].

Грижа міжхребцевого диска є одним із найпоширеніших діагнозів серед дегенеративних захворювань поперекового відділу хребта [17, 32, 72, 143]. Проте через дуже складний і взаємозалежний зв'язок між дегенерацією та грижею міжхребцевого диска їхня взаємодія залишається неясною. Численні літературні джерела зазначають, що грижа та дегенерація спричиняють порівняльні морфологічні, гістологічні та композиційні зміни в диску, включаючи зниження вмісту протеогліканів та води, неоваскуляризацію та посилення іннервації фіброзного кільця та його

тріщин [85], деградацію колагену позаклітинного матриксу, активацію шляхів дегенеративного ремоделювання (наприклад, апоптоз клітин і експресія матриксної металопротеїнази) [85, 111, 199, 201]. Дегенерацію, таким чином, можна вважати фактором ризику розвитку грижі міжхребцевого диска.

Одним із основних симптомів дегенеративних змін у міжхребцевому диску є поперековий та/або відображений біль у нижню кінцівку. На сьогодні пропонується 2 механізми виникнення відображеного болю в нижній кінцівці. Перша теорія включає механічний вплив (здавлення, натяг, зміщення) на корінець спинномозкового нерва фрагментом міжхребцевого диска [59]. Цей стан є диск-радикулярним конфліктом, що лікується шляхом хірургічного видалення фрагмента диска, який виступає, (як правило, драглистого ядра) і усунення нейрокомпресії. Здебільшого біль усувається або його інтенсивність суттєво знижується практично одразу після завершення операції. Друга теорія виникнення відображеного болю в нижній кінцівці пов’язана з розвитком імунологічних реакцій і асептичного запалення в міжхребцевому диску з подальшим подразненням волокон синувертебрального нерва біологічно активними речовинами, що утворилися, і прозапальними цитокінами [155, 164, 166]. Об’єктом цього дослідження є саме диск-радикулярний конфлікт через механічну компресію корінця спинномозкового нерва елементом міжхребцевого диска.

Існують різні класифікації ступеня дегенеративних змін у міжхребцевих дисках. Згідно з версією 2.0 номенклатури міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта Північноамериканського товариства спінальних хірургів (NASS), Американського товариства спінальної радіології (ASSR та Американського товариства нейрорадіологів (ASNR), дегенеративні зміни міжхребцевих дисків поділяються на кільцеві тріщини, дегенерацію та грижу [51]. Кільцева тріщина — це роз’єднання волокон фіброзного кільця або сепарація його волокон від гіалінової замикальної

пластинки хребця. Існує 3 варіанти тріщин фіброзного кільця, а саме: концентрична, радіальна (вертикальна або коса) та поперечна, яка є горизонтально орієнтованою радіальною тріщиною [51].

Дегенерація включає дегідратацію, фіброз міжхребцевого диска, звуження міжтілового простору внаслідок зниження висоти міжхребцевого диска, дифузне випинання фіброзного кільця за його нормальні межі, муцинозну дегенерацію та внутрішньодисковий газ [51]. Супутні наслідки дегенерації диска, такі як утворення обрамляючих остеофітів, субхондральний склероз замикальних пластинок і МРТ-структурні зміни замикальних пластинок, які взаємопов'язані зі ступенем дегенерації міжхребцевого диска [121, 136].

Грижа міжхребцевого диска класифікується як осередкове зміщення матеріалу диска за його нормальні межі. Матеріалом диска може бути будь-який елемент диска: фіброзне кільце, драглисте ядро, апофізарна частина тіла хребця, замикальна пластинка або комбінація перерахованого. Нормальна межа міжхребцевого диска визначається замикальними пластинками тіла хребця в краніальному та каудальному напрямі та зовнішнім краєм кільцеподібних апофізів, виключаючи остеофіти [51].

Згідно з класифікацією АО, призначеною для хірургів-вертебрологів, розрізняють шість різних типів патологій міжхребцевого диска:

1) випинання (без грижі диска);

2) протрузія (пролапс): зміщений за нормальні межі матеріал диска менше, ніж основа речовини міжхребцевого диска;

3) обмежена екструзія: витіснений матеріал диска ширший за основу речовини міжхребцевого диска, а волокна фіброзного кільця неушкоджені;

4) необмежена/дефектна екструзія: матеріал диска видавлюється за межі дефекту фіброзного кільця;

5) секвестрована екструзія — розрив зв'язку витісненого матеріалу диска з нативним (материнським) міжхребцевого диска;

6) псевдогрижа — поява випинання диска через спондилолістез; матеріал диска не простягається до заднього краю хребця [176] (рис. 1.1, [176]).

L. Wiltse запропоновано орієнтири, які визначають анатомічну локалізацію грижі міжхребцевого диска поперекового відділу хребта [75, 184]. Анатомічні «зони» та «рівні» визначаються за допомогою наступних орієнтирів: медіальний край суглобових поверхонь; медіальний, латеральний, верхній та нижній краї ніжок хребців; аксіальна та сагітальна площини в центрі диска. У горизонтальній (аксіальній) площині ці орієнтири визначають межі центральної зони, субсуглобової зони (латерального поглиблення), форамінальної зони, екстрафорамінальної зони відповідно. У сагітальній (краніокаудальній) площині вони визначають межі рівня диска: інфрапедикулярного, рівня ніжки хребця та супрапедикулярного відповідно [43, 184].

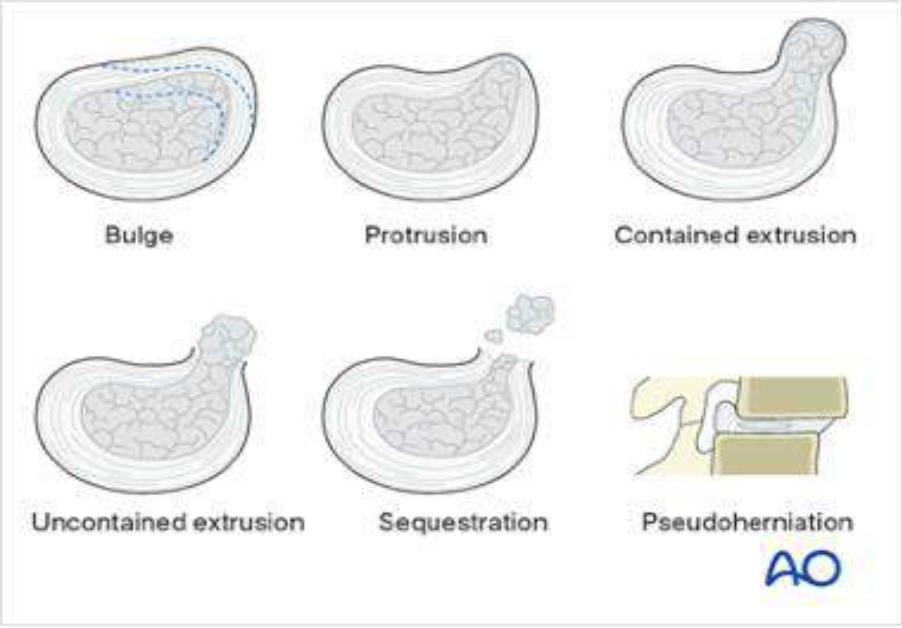


Рис. 1.1. Типи дегенерації міжхребцевого диска поперекового відділу хребта за класифікацією AO [176]

Метод L. Wiltse простий, практичний і широко використовується спінальними хірургами та нейрохірургами. Визначення локалізації грижі міжхребцевого диска за L. Wiltse на МРТ- або КТ-сканах, можливе за умов сучасних технік інструментальної візуалізації (МРТ, КТ), спрощує передопераційне планування методики й обсягу мінімально інвазивної дискектомії.

Під час руху від центрального краю суглобової поверхні до правого латерального краю в аксіальній (горизонтальній) площині розташування грижі міжхребцевого диска може бути визначено як центральне, правоцентральне, правосуглобове, праве форамінальне або праве екстрафорамінальне. Термін «парацентральний» менш точний, ніж визначення «правого центрального» чи «лівого центрального», але корисний для опису груп дисків, які включають обидва типи, або за неформального спілкування, коли сторона не має значення. Під час опису зображень спостережень за конкретним диском термін «правий центральний» або «лівий центральний» повинен замінювати використання терміну «парацентральний». Термін «далекий латеральний» іноді використовується як синонім терміну «екстрафорамінальний» [75, 184] (рис. 1.2).

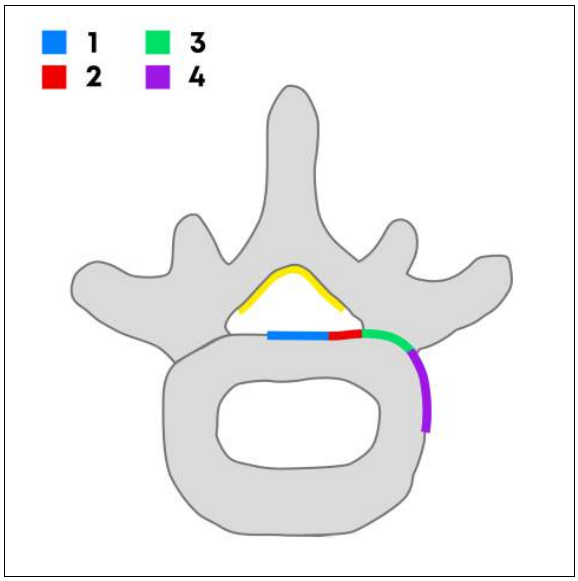


Рис. 1.2. Схематичне зображення типів грижміжхребцевих дисків за L. Wiltse [184], зони: 1 — центральна; 2 — латерального поглиблення; 3 — форамінальна; 4 — екстрафорамінальна (далека латеральна)

У сагітальній площині розташування може бути визначене як дискове, інфрапедикулярне, супрапедикулярне або педикулярне [51, 184].

По відношенню до задньої поздовжньої зв'язки виділяють сублігаментарну, екстралігаментарну, транслігаментарну або перфоровану грижу міжхребцевого диска [51].

D.-J. Hao зі співавт., у 2017 році запропонували свою класифікацію гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта. Вони розробили 6-бальну систему класифікації на основі аналізу клінічних досліджень 1 127 пацієнтів. Критеріями включення були радикулярний біль та ознаки компресії нервового корінця з позитивним симптомом Ласега. Дані обстеження включали історію хвороби, показники ортопедичного та неврологічного статусів. Крім того, було клінічно визначено, що рівень грижі міжхребцевого диска повинен співпадати з рівнем грижі за показниками візуалізації (МРТ або КТ) [68].

За результатами авторів, тяжкість клінічної картини грижі міжхребцевого диска залежить від розміру частини екструзії, яка виступає, розміру хребетного каналу і реакції корінця спинномозкового нерва на механічну компресію. На основі цих критеріїв вони класифікували кожний клінічний випадок як такий, що відноситься до центрального, парамедіанного або форамінального типу грижі міжхребцевого диска поперекового відділу хребта. Із метою стандартизації розробленої класифікації автори як кількісний критерій використовували індекс вимірювання — відношення сагітального діаметра екструзії міжхребцевого диска до сагітального розміру хребетного каналу або нервового корінцевого каналу [68]. Отримані дані дозволили виділити 5 типів гриж міжхребцевих дисків: I, II, III, IV, V та удосконалити покази до консервативного або оперативного дікування.

Класифікація гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта D.-J. Hao зі співавт. [68] розроблена на основі поєднання клінічних, а також рентгенологічних (КТ) та МРТ-ознак. Наразі широко відома також

класифікація C. K. Park із співавт., які проаналізували взаєморозташування зображень задньолатеральної грижі МХД та корінця нерва в разі стенозу латерального рецесусу, отриманих під час контрастної (мієлографія) КТ і МРТ [137].

Класифікації типів гриж міжхребцевих дисків, їхнього взаєморозташування з нервовими корінцями сприяють кращій передопераційній діагностиці локалізації грижі та вибору методу дискектомії, що є особливо актуальним для мінімально інвазивних, зокрема перкутанних ендоскопічних дискектомій.

1.3 Мінімально інвазивні хірургічні техніки дискектомії грижі міжхребцевого диска

Провідним клінічним симптомом грижі міжхребцевого диска поперекового відділу хребта є радикулалгія — відбитий біль у нижню кінцівку, який може супроводжуватися порушеннями в сенсорній, рефлекторній та руховій сферах відповідно до скомпрометованого корінця спинномозкового нерва. За відсутності тяжкого неврологічного дефіциту з радикуломієлоішемією, руховими розладами стандартним методом лікування ГМД ПВХ є консервативний, який складається з фармакотерапії та фізичної реабілітації [54–56, 122]. За результатами метааналізу T. Zou та співавт., опублікованого в 2024 році, в який було включено 31 дослідження зі загальною кількістю 2 233 пацієнти, секвестрацію міжхребцевого диска виявлено в 87,77 % випадків, екструзію міжхребцевого диска — 66,91 %, протрузію міжхребцевого диска — 37,53 %, випинання диска — 13,33 %. Після консервативного лікування відмічено резорбцію міжхребцевого диска в 70,39 % спостережень. Частота резорбції за умов зменшення величини грижі диска на 25 % ≤ 50 %; на ≥ 50 % та резорбція усієї речовини грижі міжхребцевого диска (100 %) становила 40,19 %; 43,62 % та 36,89 % відповідно [211]. Проте ефективність консервативного лікування нижче

порівняно з хірургічною декомпресією скомпрометованого корінця спинномозкового нерва за такими показниками, як ступінь зниження інтенсивності відбитого болю в коротко та середньостроковій перспективі, а також у покращенні якості життя в короткостроковій перспективі та зниженні інвалідності в середньо та довгостроковій перспективі [58, 64, 92, 112]. Показник кількості якісних років життя отриманих після втручання (QALY — quality-adjusted life years) у Великій Британії у пацієнтів після хірургічного лікування гриж міжхребцевих дисків становив 0,78 QALY, а в результаті консервативного лікування — 0,73 QALY. У США ці ж показники виявилися 0,83 QALY та 0,80 QALY відповідно. Для системи охорони здоров'я вартість хірургічного лікування склала 8,997 доларів США, а консервативного — 6,091. Проте під час розрахунку витрат із точки зору економічного тягаря на суспільство вартість хірургічного лікування склала 29,589 доларів США, а консервативного — 29,610 [58, 74]. Отже, незважаючи на більш високі прямі витрати на хірургічне видалення грижі міжхребцевого диска порівняно з консервативним лікуванням, клінічна ефективність результатів втручання вища, а економічний тягар на суспільство нижчий.

Серед методик хірургічного лікування гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта, які широко використовуються наразі, виділяються ендоскопічна дискектомія і відкрита мікродискектомія [54–56, 80, 122, 133, 134] завдяки своїм перевагам: більш короткому часу операції, меншим крововтраті й ушкодженню паравертебральних м'язів, швидшому відновленню функцій та сприятливим клінічним результатам [97, 133, 144]. Вибір між цими хірургічними способами залежить не лише від специфічних характеристик грижі диска та стану пацієнта, а й від переваг і можливостей хірурга [89, 122].

Мінімально інвазивні оперативні техніки на сьогодні є загально прийнятою концепцією в спінальній хірургії [80, 89]. Мінімально інвазивна хірургія хребта (MIXX) спрямована на мінімізацію інтраопераційної травми

нормальних тканин під час хірургічного втручання зі збереженням терапевтичного ефекту, ідентичного результатам традиційної відкритої дискектомії. Після MIXX пацієнт може раніше повернутися до нормальної життєдіяльності з меншими негативними наслідками та підтримувати високу якість життя [106, 202].

Відкрита мікроскопічна дискектомія грижі міжхребцевого диска поперекового відділу хребта проводиться під загальною анестезією. Рівень скомпрометованого міжхребцевого диска уточнюється за допомогою флюороскопії. Виконується парамедіанний розріз; ідентифікується міжхребцева пластинки вищерозташованого хребця, видаляється жовта зв'язка для візуалізації корінця спинномозкового нерва, який виходить, та грижі міжхребцевого диска. Об'єм дегенеративного матеріалу диска, що видаляється, визначається на розсуд хірурга. За необхідності виконується ламінектомія, а також форамінотомія або форамінектомія. За форамінальної грижі мжхребцевого диска застосовується часткова медіальна фасетектомія [47], а екстрафорамінальної — інтраопераційний доступ уздовж фасеток дуговідросткових суглобів. Використання луп чи мікроскопа необов'язкове [32, 54–56].

Запропонований мікрохірургічний латеральний доступ через паравертебральні м'язи і збоку від дуговідросткового суглоба — інвазивний. Відстань від шкіри до екстрафорамінального простору є занадто великою. Проходження через м'язи може спричинити кровотечу, що збільшить інтраопераційну крововтрату, а також утруднить чітку візуалізацію операційного поля. Видалення міжхребцевого диска в поєднанні з частковою резекцією суглобового відростка це фактори ризику розвитку сегментарної нестабільності [66]; у віддаленому післяопераційному періоді можливий розвиток рубцевого форамінального стенозу [154]. Водночас техніка перкутанної ендоскопічної трансфорамінальної дискектомії забезпечує простий спосіб досягнення екстрафорамінального простору зі збереженням дуговідросткового суглоба,

а промивання фізіологічним розчином забезпечує достатній огляд операційного поля.

Слід також зазначити, що видалення жовтої зв'язки під час відкритої мікродискектомії нерідко призводить до розвитку епідурального фіброзу з фомуванням клінічно значущого рубцевого стенозу хребетного каналу. Одним із важливих факторів ризику розвитку епідурального фіброзу є асептичне запалення через епідуральну гематому [19, 145]. Для попередження розвитку епідурального фіброзу через резекцію жовтої зв'язки запропоновано різні методики часткової резекції або її пластики під час інтраопераційного доступу, що дозволяє знизити частоту клінічно значущого епідурального фіброзу [19, 148].

Із метою зменшення інвазивності хірургічного втручання було розроблено методики, які використовують ендоскопи для видалення фрагментів міжхребцевого диска. З урахуванням меншого інтраопераційного ушкодження тканин скомпрометованого хребтового сегмента пацієнти відчувають післяопераційний біль меншої інтенсивності та тривалості, швидше відновлюються після операції та мають коротший термін госпіталізації [32, 54–56].

Існують різні техніки ендоскопічної хірургії хребта, які ґрунтуються на властивостях ендоскопів: повна ендоскопічна (або перкутанна ендоскопічна), мікроендоскопічна, біпортальна ендоскопічна та епідуроскопічна [9, 99, 106]. Найчастіше для видалення грижі міжхребцевого диска поперекового відділу хребта використовується повна ендоскопічна або перкутанна ендоскопічна дискектомія, яка розвивалася в останні роки завдяки удосконаленню оптики, камери високої роздільної здатності, джерела світла, високошвидкісної бормашини та іригаційного насосу [10, 122]. Вона є адекватною альтернативою мікроскопічній техніці [55, 56]. Цей метод має такі загальні характеристики:

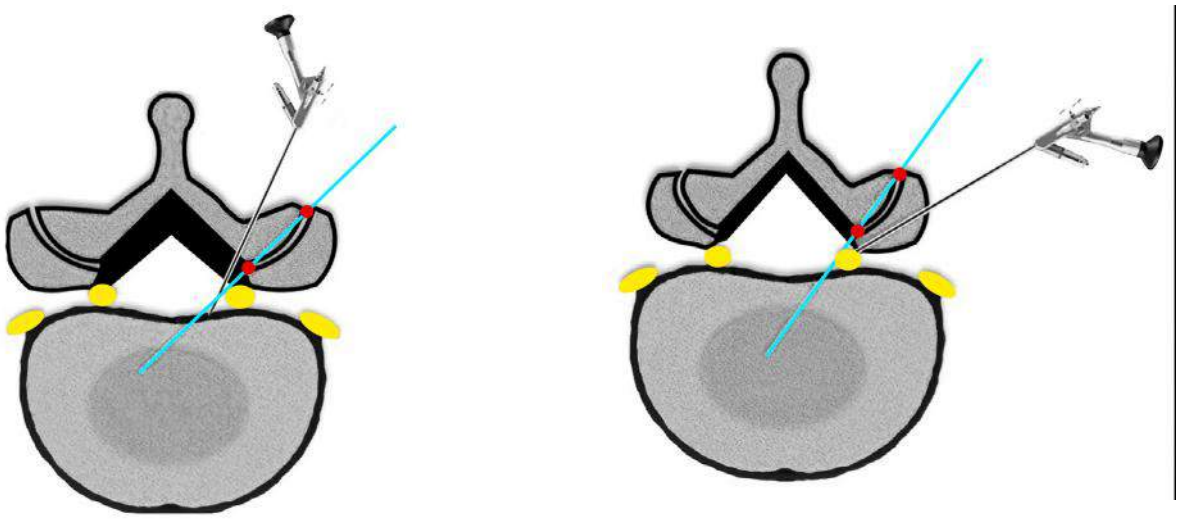
- застосування робочого каналу ендоскопа, що включає оптичну систему та робочий канал у тонкому трубчастому пристрої;

- повне черезшкірне введення з мінімальним розрізом;

- монопортальна процедура, яка виконується під постійною іригацією фізіологічним розчином [9, 99, 106].

Відомо два найчастіше використовуваних методи повної однопортальної ендоскопічної дискектомії грижі міжхребцевого диска: трансформамінальна ендоскопічна дискектомія (ТЕД) та інтерламінарна ендоскопічна дискектомія (ІЕД) [125, 180].

ІЕД характеризується черезшкірним заднім, або інтерламінарним доступом до епідурального простору чи патологічного вогнища міжхребцевого диска. Інтерламінарний доступ добре знайомий хірургам-вертебрологам, оскільки він аналогічний відкритій мікроскопічній декомпресії поперекового відділу хребта. Процеси декомпресії також аналогічні процесам відкритої мікроскопічної декомпресії [9] (рис. 1.3, а). Можна сказати, що інтерламінарна ендоскопічна дискектомія — це майже відкрита мікродискектомія в мінімально інвазивному виконанні.



а б

Рис. 1.3 Схема інтраопераційного доступу під час ендоскопічної дискектомії грижі міжхребцевого диска: а — інтерламінарний; б — трансформамінальний

ТЕД виконується шляхом трансформамінального (задньолатерального) черезшкірного доступу до міжхребцевого диска або епідурального простору через форамінальний отвір зі збереженням нормальних кістково-м’язових структур заднього опорного комплексу попереового хребтового сегмента [126, 186, 193]. Найбільш важливою перевагою цього методу є те, що він може забезпечити прямий доступ до патологічної ділянки без необхідності великого шкірного розрізу з широкою ретракцією паравертебральних м’язів. У разі використання трансформамінальної дискектомії зазвичай не потрібна резекція кісткових структур (верхівки суглобового відростка), а також загальна анестезія [9] (рис. 1.3, б). Важливим етапом виконання ТЕД є точне позиціонування робочої канюлі в безпечній зоні трикутника Kambin [178, 186], розташованого між низхідним корінцем спинномозкового нерва і корінцем нерва, який виходить, на рівні хірургічного втручання [55, 122, 193].

Трикутник Kambin — це природний анатомічний «коридор» через міжхребцевий отвір, який є безпечною робочою зоною для доступу до задньолатеральної ділянки міжхребцевого диска [50, 69, 126, 135, 186]. Трикутник Kambin є прямокутним трикутником, в якому нижня межа (нижній катет) утворена верхньою замикальною пластинкою нижче розташованого тіла хребця, задньою межею (заднім катетом) є латеральний край верхнього суглобового відростка нижче розташованого хребця, передньою (гіпотенузою) служить корінець відповідного спинномозкового нерва під час його виходу з міжхребцевого отвора [126, 135, 186] (рис. 1.4). Деякі автори розглядають не трикутник Kambin, а призму Kambin, додаючи четверту сторону — тверду мозкову оболонку, розташовану медіально за корінцем спинномозкового нерва, який виходить [50, 127]. Проте в літературі залишилося традиційне позначення цього анатомічного утворення — трикутник Kambin. Останній, крім доступу до міжхребцевого диска, використовується також для трансформамінальної епідуральної ін’єкції кортикостероїдних гормонів,

діагностичній дискографії та ендоскопічного спондилодезу [83, 94, 124, 186].

Трикутник Kambin вважається безпечною робочою зоною і є поширеним доступом для багатьох ендоскопічних процедур на поперековому відділі хребта. У той самий час за результатами МРТ-досліджень [124, 126, 170, 186] та експерементів на трупному матеріалі [94] виявлено наявність варіантів його (трикутника Kambin) будови, які необхідно враховувати під час операції. Площа трикутника збільшується в дистальному напрямі від L_I до L_V, досягаючи максимуму на рівні L_V–S_I [124, 126, 170, 186]. Також у літературі повідомлялося про значні індивідуальні відмінності в розмірі площі трикутника: лише у 6 із 34 обстежених пацієнтів був класичний трикутник Kambin, тоді як в інших спостереженнях простір усередині трикутника був звужений або навіть відсутній [178]. Крім варіацій розміру трикутника, реєструється також атипова анатомія розташування критично важливих судин: нерідко всередині трикутника виявлялися гілки міжхребцевих і висхідних поперекових вен [94], а також артеріальний вміст, включаючи артерію Адамкевича, яка була виявлена у 20 % випадків [163]. Слід, проте зазначити, що артерія Адамкевича зазвичай проходить вище L_{III} хребця і виявляється лише у 2 % випадків: якщо для позначення меж всіх відповідних анатомічних структур використовується визначення призми Kambin [50].

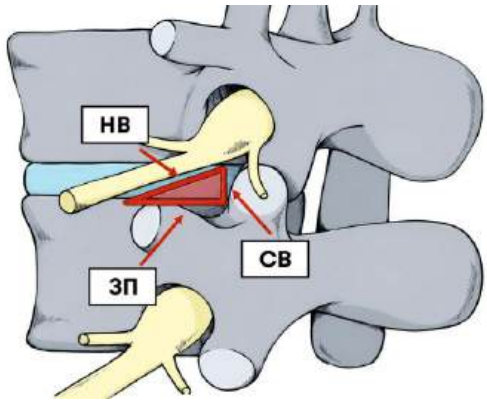


Рис. 1.4 Схематичне зображення трикутника Kambin (виділений червоним кольором): НВ —

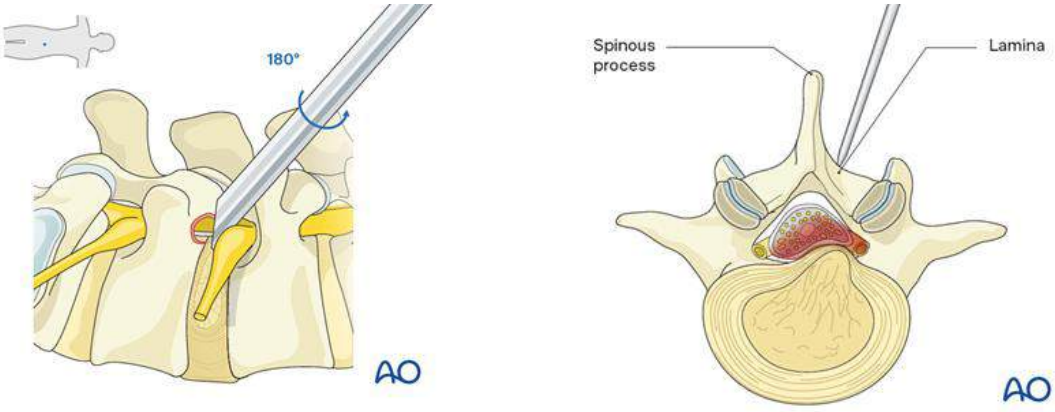
корінець спинномозкового нерва, який виходить; СВ — суглобовий відросток; ЗП — замикальна пластинка тіла хребця

Одним із частих ускладнень трансформінальної ендоскопічної дискектомії є ушкодження корінця спинномозкового нерва, який виходить [126, 186]. Для зменшення ймовірності його травмування, вкрай важливо точно визначити анатомічне співвідношення між цим корінцем нерва, що виходить, та верхнім суглобовим відростком у трикутнику Kambin поперекового міжхребцевого отвору [83].

Дискусія щодо переваг і недоліків застосування кожного з методів ендоскопічної однопортальної односторонньої дискектомії грижі міжхребцевого диска на різних рівнях поперекового відділу хребта є однією з найбільш жвавих у фаховій літературі [5, 9, 21, 28, 48, 49, 57, 80, 89, 105, 122, 125, 161, 204]. Можна вважати майже одностайною думкою, що трансформінальна ендоскопічна дискектомія є зазвичай кращою технікою на більш високих рівнях поперекового відділу хребта, де високе стояння гребеня клубової кістки не має суттєвого значення під час виконання задньолатерального доступу, тоді як дискектомія грижі диска шляхом інтерламінарного доступу частіше використовується на рівнях, які розташовані нижче, особливо на рівні L_V–S_I, де завдяки достатньо широкій міжламінарній відстані полегшується виконання нейродекомпресії. Оскільки частота ускладнень і тривалість перебування у стаціонарі в разі використання однопортальних односторонніх ендоскопічних методик дискектомії ГМД схожі, під час планування операції необхідно віддавати пріоритет якості декомпресії, раціональному використанню променевої терапії та ефективності операційної [180]. Водночас у поодиноких дослідженнях щодо порівняння ефективності цих ендоскопічних технік зазначається, що дискектомію з трансформінального доступу відрізняє як більш тривалий час операції, так і значна кількість рентгенконтролю положення канюлі. За застосування інтерламінарної ендоскопічної дискектомії в післяопераційному періоді частіше відзначаються чутливі

транзиторні розлади (парестезії); більш висока ймовірність ушкодження нерва через неправильне розміщення канюлі [161, 185] або порушення ідентифікації жовтої зв'язки такими структурами, як кісти дуговідросткових суглобів, м'язи та зв'язки [19, 137, 180].

Клінічні результати використання обох перкутанних ендоскопічних технік дискектомії грижі міжхребцевого диска виявилися сприятливими, проте їхня ефективність у разі видалення різних типів ГМД залишається предметом досліджень, що продовжуються. Трансформінальна ендоскопічна техніка забезпечує доступ до грижі диска через міжхребцевий отвір, що дозволяє видаляти фрагменти диска без значного ушкодження задніх структур хребетного стовпа. Застосування трансформінальної дискектомії, з урахуванням кута введеня ендоскопа в межах 20º-40º через міжхребцевий отвір, найбільш ефективне і безпечне в разі форамінальних та екстрафорамінальних гриж (рис. 1.5, а). Водночас використання ТЕД може бути технічно ускладненим на певних рівнях, особливо на рівні L_V–S_I, через високе розташування гребеня клубової кістки або звужений форамінальний простір, що змушує хірурга встановлювати ендоскоп під більш крутим кутом [12, 99, 195].



а б

Рис. 1.5 Схеми операційних доступів для перкутанної ендоскопічної дискектомії гриж міжхребцевих дисків різної локалізації: а) трансформінальна дискектомія форамінальних та екстрафорамінальних

гриж міжхребцевих дисків [177]; б) інтерламінарна дискектомія для центральних і латеральних гриж дисків [176]

Під час інтерламінарної ендоскопічної дискектомії в процесі інтраопераційного доступу використовується природне анатомічне «вікно» — відстань між сусідніми пластинками тіла хребця, що забезпечує майже прямий шлях до центральних і парацентральних гриж [13, 88, 107, 180] (рис. 1.5, б). Хоча обидві методики є мінімально інвазивними, покази до їх застосування, криві навчання, профіль ускладнень і довгострокові функціональні результати можуть значно відрізнятися [180].

Поперековий відділ хребта на рівні $L_V–S_I$ має низку анатомічних особливостей, включаючи високий гребінь клубової кістки, відносно вузький міжхребцевий отвір та широку міжламінарну відстань, що створює технічні складнощі під час виконання трансформамінального доступу. Тому для лікування грижі міжхребцевого диска $L_V–S_I$ обиралася інтерламінарна дискектомія. Проте Yeung і співавт. [193] продемонстрували, що ТЕД може успішно використовуватися для лікування гриж міжхребцевих дисків практично на всіх поперекових рівнях, включаючи $L_V–S_I$.

Ідеальною є ситуація, коли хірург володіє як інтерламінарною, так і трансформамінальною ендоскопічною технікою, щоб обрати оптимальний доступ й обсяг оперативного видалення грижі міжхребцевого диска з урахуванням структурно-функціональних змін відповідного поперекового сегмента пацієнта. Згідно з експертною консенсною думкою, вибір перкутанної ендоскопічної техніки залежить передусім від таких анатомічних параметрів, як ширина міжламінарної відстані, розміри міжхребцевого отвору, висота розташування гребеня клубової кістки. Виходячи з цього, індивідуально підібраними техніками ендоскопічної дискектомії зазвичай є інтерламінарна дискектомія грижі $L_V–S_I$ міжхребцевого диска за умов широкої міжламінарної відстані L_V хребця. Для видалення гриж вищерозташованих міжхребцевих дисків, де, як правило, міжхребцеві отвори є ширшими, а інтерламінарна відстань

вужчою, доцільнішою є трансформамінальна техніка дискектомії [88, 141]. Цей експертний консенсус підтверджується клінічними спостереженнями щодо рідшого застосування ендоскопічної інтерламінарної дискектомії гриж міжхребцевих дисків вище рівня L_V–S_I [89]. За даними літератури, для інтерламінарних процедур передбачається більш короткий операційний час порівняно з трансформамінальною дискектомією [80, 89, 146]. Прихильники ендоскопічної хірургії часто просувають інтерламінарну техніку через схожість анатомічних параметрів інтраопераційного доступу, які аналогічні таким за відкритої мікродискектомії. Ця схожість полегшує оволодіння інтерламінарною ендоскопічною технікою для хірургів-вертебрологів, які вже добре знайомі з традиційними відкритими процедурами [151].

З іншого боку, трансформамінальний доступ є більш щадним і безпечним завдяки мінімальному натягненню нервових структур і можливості збереження жовтої зв'язки, яка відіграє значну роль у забезпеченні стабільності поперекового хребтового сегмента під час переднавантаження та згинання [183]. Окремі автори вважають, що збереження жовтої зв'язки, крім утримання стабільності оперованого хребтового сегмента, потенційно знижує ризик формування післяопераційного епідурального фіброзу [80]. Цілком імовірно, що післяопераційний біль у поперековому відділі хребта може частково бути результатом сегментарної нестабільності або порушення стабілізуючих структур, які краще зберігаються за трансформамінальної техніки [89].

Важливо відзначити, що крива навчання хірургів, які будуть використовувати трансформамінальну ендоскопічну процедуру, є довшою порівняно з навчанням інтерламінарній техніці. Це пов'язано з технічними умовами виконання задньолатерального доступу — підвищеною точністю введення ендоскопа, що необхідно для проходження в міжхребцевий отвір через достатньо обмежений трикутник Kambin під корінцем нерва, який виходить. Така ситуація може зробити початкове освоєння цієї техніки складнішим для хірургів, особливо для тих, хто не мав попереднього досвіду

виконання перкутанної ендоскопічної дискектомії [26]. Зокрема, вибір оптимальної траєкторії для точного входу в міжхребцевий отвір часто вимагає декількох флюороскопічних зображень під час операції, що призводить до збільшення радіаційного опромінення. Ці спостереження підтверджують необхідність індивідуалізованого, анатомічно обґрунтованого підходу, а не рутинного використання єдиного ендоскопічного робочого коридору [69, 97, 99, 172].

Додатковою відмінністю між перкутанними ендоскопічними техніками є можливість виконання трансформінальної дискектомії під місцевою анестезією в поєднанні з поверхневою седацією. За таких умов пацієнт знаходиться у свідомості, що дозволяє хірургу проводити клінічний моніторинг стану корінця нерва, який виходить, на «робочому» рівні, шляхом зворотного зв'язку: пацієнта неодноразово просять повідомляти про появу посилення болю саме в ділянці іннервації зацікавленого корінця спинномозкового нерва, що вказує на близькість корінця до ендоскопа та необхідність коригування кута введення (ендоскопа) [69].

Інтенсивність інтраопераційної раликулалгії під час задньолатерального доступу може залежати від розташування матеріалу грижі диска відносно корінця нерва, який виходить. Найбільш безпечною з цієї точки зору, із незначною інтенсивністю болю під час доступу, є трансформінальна дискектомія внутрішньоканальної (центральної або субартикулярної) грижі міжхребцевого диска. Проте у випадку форамінальної або екстрафорамінальної грижі диска інтенсивність больових відчуттів під час доступу може посилюватися [12]. На думку авторів, у випадках форамінальної грижі міжхребцевого диска, у міру випинання дискового матеріалу, корінець нерва, який виходить, зазвичай зміщується допереду, що дозволяє зберегти або розширити простір трикутника Kambin, який використовується під час трансформінального доступу. Проте в разі екстрафорамінальної грижі міжхребцевого диска екструдований матеріал диска може безпосередньо чинити бічний тиск на

нервовий корінець, який виходить. Отже, нервовий корінець, який виходить, може розташовуватися посередині траєкторії доступу, що призводить до подальшого звуження зони безпеки. У таких обставинах ризик виникнення болю значної інтенсивності, викликаної ірітацією нервового корінця, може зрости, навіть за обережного доступу «зовні всередину» [12].

Отже, традиційно за наявності центральної або парацентральної грижі міжхребцевого диска поперекового відділу хребта та достатньо широкої міжламінарної відстані методом вибору перкутаннної ендоскопічної дискектомії є інтерламінарний. Трансфораміналь на ендоскопічна дискектомія — це найбільш прийнятний спосіб видалення грижі міжхребцевого диска в пацієнтів із латеральним зміщенням матеріалу диска. Проте під час планування операції доцільніше віддавати пріоритет якості декомпресії, раціональному використанню променевої терапії та ефективності операційної команди [180], оскільки частота ускладнень і тривалість перебування у стаціонарі в разі використання однопортальних односторонніх ендоскопічних методик дискектомії ГМД схожі. Перкутанна ендоскопічна трансфораміналь на дискектомія вважається більш щадним мінімально інвазивним втручанням, оскільки структури заднього опорного комплексу хребтового сегмента залишаються інтактними.

Слід зазначити, що під час обговорення технічних особливостей трансфораміналь ного доступу за гриж L_V–S_I міжхребцевого диска фахівці зазвичай аналізують лише одну анатомічну особливість нижньопоперекового-тазової ділянки, яка може технічно ускладнити виконання ТЕД. Досліджуються або позиційне розташування гребеня клубової кістки відносно L_V–S_I сегмента [90, 125, 140, 168, 169, 171, 189], або розміри поперечних відростків L_V хребця та крил крижів [176], або висота L_V–S_I міжхребцевого диска [87, 128, 129, 145, 155, 167], або морфологія трикутника Kambin [50, 94, 124, 126, 135, 163, 170, 178, 186]. Лише поодинокі повідомлення вивчають низку параметрів, які характеризують

анатомію нижньопоперекового-тазової ділянки [108]. Ми вважаємо, що для оптимального передопераційного планування перкутанної ендосокпічної дискектомії грижі $L_V–S_I$ міжхребцевого диска є необхідним комплесний підхід з урахуванням анатомічних особливостей і трикутника Kambin, і позиції крил таза, і морфології $L_V–S_I$ сегмента.

1.4 Фактори ризику незадовільних результатів первинної перкутанної ендоскопічної дискектомії у хворих із грижею $L_V–S_I$ міжхребцевого диска

Фактори ризику незадовільних результатів первинної дискектомії, яка виконувалася хворим із грижею $L_V–S_I$ міжхребцевого диска, як робочі гіпотези, можна розділити на загальні та локальні. Слід відзначити, що в цілому і загальні, і локальні можуть впливати на результат хірургічного лікування незалежно від рівня грижі міжхребцевого диска. Концентруючись на чинниках, які потенціюють незадовільний результат перкутанної ендоскопічної трансфорамінальної дискектомії саме $L_V–S_I$ міжхребцевого диска, відзначимо такі загальні фактори ризику, як демографічні, катамнестичні, клінічні. Локальні фактори ризику — це структурно-функціональні особливості нижньопоперекових рухових сегментів і таза. Ці фактори ризику мають принципове значення під час передопераційного планування обсягу та методу перкутанної ендоскопічної дискектомії. Отже, диспластичні або дегенеративні деформації елементів люмбосакрального сегмента (розмір міжхребцевого отвору, розмір суглобових відростків L_V хребця і крижів, орієнтація дуговідросткових суглобів, висота $L_V–S_I$ міжхребцевого диска і, відповідно, відстань між поперечними відростками L_V хребця і крилами крижів тощо), проєкційне розташування гребеня клубової кістки відносно L_V хребця будуть впливати на вибір методу видалення грижі $L_V–S_I$ міжхребцевого диска — відкрита мікродискектомія,

перкутанна ендоскопічна трансфорамінальна чи інтерламінарна дискектомія.

Серед незадовільних результатів первинних дискектомій найбільше клінічне значення має рецидив грижі міжхребцевого диска. Його частота варіює залежно від методу первинної дискектомії та тривалості післяопераційного періоду. У перший рік спостереження частота рецидиву ГМД складає: за відкритої дискектомії — 1–12 %; мікроендоскопічної — 1–10,8 %; перкутанної — 5,5–9,6 %; ламінектомії — 6 % та відкритої мікродискектомії — 9,2 % [153]. Загальна частота рецидиву грижі міжхребцевого диска поперекового відділу хребта в перший рік після декомпресійних втручань становить 5,2 % порівняно з 0,0 % після декомпресійно-стабілізуючих операцій [21]. Суттєве зниження ризику повторного утворення ГМД після спондилодезу автори пояснюють зменшенням механічного напруження в збереженому скомпрометованому міжхребцевому диску за рахунок усунення рухів у відповідному хребтовому сегменті, а також відсутністю речовини диска у випадках виконання майже повної дискектомії [21, 200].

У віддаленому післяопреаційному періоді (5 років після первинної дискектомії) загальна частота ревізійної дискектомії становила 13,4 %, поступово зростаючи з терміном спостереження. Так, частота реоперацій після первинної дискектомії склала 5,4 % через 3 місяці, 7,4 % через рік, 9 % через 2 роки, 10,5 % через 3, 12,1 % через 4 та 13,4 % через 5 років. Частота повторних операцій становила (у %): 18,6; 14,7; 13,8; 12,4 і 11,8 після ламінектомії, нуклеолізу, відкритої дискектомії, ендоскопічної дискектомії та спондилодезу відповідно [153].

Чоловіча стать як фактор ризику рецидиву грижі МХД визнається більшістю дослідників [115, 119]. Рецидив грижі МХД здебільшого реєструються у віці ≥ 50 років [119]. Частота реоперацій після первинної мікродискектомії не пов’язана з віком, але у пацієнтів старше 35 років рецидив грижі міжхребцевого диска виникає в більш ранні терміни

післяопераційного періоду [160]. Більш високу частоту рецидивів ГМД у молодих чоловіків деякі автори пояснюють тим, що розріз, виконаний під час первинної операції, робить оперований диск сприйнятливішим до раптового пролапсу, особливо в умовах механічного навантаження в разі занять спортом або підняття важкого [183]. Водночас у поодиноких повідомленнях вік пацієнтів не розглядається як фактор ризику рецидиву грижі міжхребцевого диска [115].

Такі ж суперечливі дані стосуються й зв'язку зайвої ваги з рецидивом ГМД [5]: із одного боку, показники індексу Кетле ≥ 25 потенціюють підвищення частоти рецидиву грижі міжхребцевого диска [115, 119, 157], з іншого — росто-ваговий показник пацієнта не впливає на появу цього ускладнення [8].

Із коморбідних станів, які потенціюють підвищену частоту рецидиву грижі міжхребцевого диска, найчастіше згадуються цукровий діабет і серцево-судинні захворювання. Можливим механізмом впливу гіперглікемії є накопичення у тканинах міжхребцевого диску кінцевих продуктів глікації [23, 113], що призводить до дезорганізації мережі колагенових волокон на межі драглистого ядра та фіброзного кільця [113], незворотного збільшення щільності поперечних зв'язків колагену [23] зі зміною біомеханічних властивостей тканин міжхребцевого диска. Крім того, у пацієнтів із цукровим діабетом відбувається зниження включення сульфату в молекули глікозаміногліканів зі зниженням швидкості глікозилювання й ослабленням колагенового матриксу міжхребцевого диска [113].

Взаємозв'язок рецидиву ГМД і серцево-судинних захворювань може полягати в порушенні трофіки та біохімії екстрацелюлярного матриксу драглистого ядра міжхребцевого диска через високий рівень тригліцерідів та холестерину в сироватці крові, а також звуження просвіту судин поперекового відділу хребта атеросклеротичними бляшками [115]. Повторні грижі міжхребцевого диска достовірно частіше виявляються в

пацієнтів із цукровим діабетом порівняно з контрольною групою [23, 115, 119], проте достовірних кореляцій між рецидивом ГМД і серцево-судинними захворюваннями не виявлено [8, 115]. Разом із тим відмічається закономірне зростання ризику цього ускладнення зі збільшенням кількості метаболічних захворювань, тобто з підвищенням індексу коморбідності: у випадках, коли цей показник не перевищує 2, ризик рецидиву грижі міжхребцевого диска зростає на 11,33 %; за індексу коморбідності ≥ 3 — на 15,31 % [165].

Куріння розцінюється як прогностичний фактор рецидиву грижі міжхребцевого диска [115, 149]. Точний механізм впливу тютюнопаління на розвиток рецидив ГМД дотепер до кінця не висвітлений. Вважається, що дефект фіброзного кільця і задньої поздовжньої зв'язки після дискектомії гоїться в нормальних фізіологічних умовах. Проте токсини, які утворюються під час паління цигарок, можуть погіршити або затримати перебіг загоєння цих м'якотканинних структур [60]. Нікотин впливає на трофіку й оксигенацію фіброзного кільця, реплікацію та відновлення пульпозного ядра міжхребцевого диска [123], що прискорює дегенерацію диска зі зміною його біомеханічних властивостей [149]. Несприятлива дія куріння проявляється також підвищенням внутрішньодискового тиску внаслідок надмірного кашлю та порушенням мікроциркуляції [123]. Незважаючи на численні свідоцтва взаємозв'язку куріння з підвищенням частоти рецидиву грижі міжхребцевого диска, в окремих публікаціях не виявлено суттєвого впливу тютюнопаління на появу повторних ГМД [115].

Локальні фактори ризику незадовільних результатів пов'язані переважно з ендоскпічною дискектомією. На сьогодні покази до ендоскопічної трансфораміналної дискектомії уточнюються через більшу частоту рецидивів і ревізійних втручань (до 8,9 %) порівняно з відкритою дискектомією. Основна причина більшості реоперацій полягає в неадекватному доступі до хребетного каналу, унаслідок чого зберігається підзв'язковий та/або секвестрований компонент грижі міжхребцевого

диска. У результаті некоректно виконаного інтраопераційного доступу виникла технічна неможливість адекватної візуалізації хребетного каналу та, як наслідок, неможливість контролю повноти декомпресії зацікавлених нервових структур [33, 88, 153, 188]. У публікації Z. Zhou та співавт., 2021, зазначено, що у переважній більшості випадків невдача трансформінальної ендоскопічної дискектомії визначалася виключно неадекватністю трансформінального доступу. За даними МРТ, у цих пацієнтів були особливості анатомії нижньої частини міжхребтового отвору в зоні передбачуваного входу ендоскопа, переважно у вигляді зменшення висоти міжхребцевого отвору за рахунок значного зниження висоти міжхребцевого диска й інклінації суглобових відростків зі зміщенням верхівки верхнього суглобового відростка в зону доступу [208]. Крім того, технічні труднощі з видаленням фрагментів грижі диска достовірно зростають за умов значного інтраканального зміщення матеріалу диска, який виходить за межі нижнього краю верхньої або нижньої ніжки хребця [77, 159, 190].

У разі використання традиційного трансформінального доступу повна резекція матеріалу грижі диска, яка мігрувала, утруднена через технічні складнощі захвату дистального фрагмента диска [100]. В останній час у таких випадках пропонуються модифіковані оперативні техніки зі застосуванням прицільної пункції та форамінотомії [159], супрапедикулярного ретрокорпорального доступу [33], мобільної техніки «зовні всередину» [86]. Використання більшісті з цих методик є доцільнішим за ПЕТД мігруючих гриж нижньопоперекових міжхребцевих дисків [7, 159].

Ризик рГМД достовірно зростає у разі значних дефектів ФК (≥ 6 мм [45]) [45, 203] з ірітацією нервового корінця з клінічно значущою післяопераційною радикулалгією [120]. Крім того, через дефекти фіброзного кільця можливий контакт запальних медіаторів із корінцями спинномозкових нервів із розвитком хімічного радикуліту [206].

Технічні помилки під час виконання ТЕД центральних гриж дисків поперекового відділу хребта потенціюють рецидив грижі [52, 109]. У минулому наявність центральної грижі диска була протипоказом до застосування ПЕТД через розташування робочої зони близько до задньої серединної лінії з положенням ендоскопа під кутом, за якого ускладнена візуальна диференціація м'яких тканин [109, 130], що могло призводити до ушкодження корінця спинномозкового нерва, а також неповного видалення матеріалу грижі диска [86, 109]. Надалі з удосконаленням техніки ПЕТД, резекція центральної грижі диска виконувалася з використанням форамінопластики. У цьому випадку завдяки новосформованому розширеному міжхребцевому отвору досягається повноцінний огляд центральної грижі диска, прилеглого скомпрометованого нервового корінця, а також, за необхідності, і контралатерльного корінця спинномозкового нерва за принципом «односторонній доступ, двостороння декомпресія» [109]. Наявність ГМД іншої локалізації (форамінальних, екстрафорамінальних), а також мігруючих гриж не впливає на частоту рецидивування після ПЕТД [7, 11, 55, 159].

Як предиктор рецидиву ГМД розглядається динаміка висоти міжхребцевого диска в перед- та післяопераційному періодах. Висота диска (ВД) зменшується приблизно на 0,8 мм після видалення 1 г його тканини під час дискектомії [57], і чим нижче цей показник у найближчому післяопераційному періоді (порівняно з величиною до хірургічного втручання), тим більш агресивною була дискектомія [95]. Частота рецидиву ГМД після обмеженої дискектомії у 2 рази перевищувала частоту рецидивів після агресивної дискектомії [58, 110]. Слід зазначити, що оптимальний об'єм грижі диска, який необхідно видалити для досягнення найкращих клінічних результатів, залишається неясним [95]. Зниження висоти диска в динаміці [120] супроводжується інклінацією, а згодом і гіперплазією суглобових відростків та їх фасеток, що у віддаленому післяопераційному

періоді може призвести до розвитку клінічно значущого спондилоартрозу [34].

Вищі значення індексу висоти диска (ІВД) відповідають помірним дегенеративним змінам у міжхребцевому диску. Гіпоінтенсивний сигнал від драглистого ядра диска, що пролабував, на Т2-зваженому зображенні під час МРТ [25] свідчить про збереження певної кількості гідрофільних глікозаміногліканів в екстрацелюлярному матриксі драглистого ядра [44] й неушкодженого колагену переважно в передній частині фіброзного кільця [192]. Структурно-функціональні властивості міжхребцевого диска частково збережені; тканини диска здатні підтримувати певний онкотичний тиск [209]. Проте наявність структурного дефекту диска спричинює зниження його механічної жорсткості з появою надмірної сегментарної рухливості. Дискектомія в умовах такого «латентно нестабільного сегмента [95]» («сегмента з мікронестабільністю [53]») призводить до прогресування дегенерації диска з розвитком стійкого хронічного больового синдрому [57], рецидиву грижі диска [19, 30, 32, 95], потенціює нестабільність оперованого сегмента [36, 68].

Структурні зміни в тканинах диска з грижею на пізній стадії дегенерації характеризуються збільшенням кількості фіброзно-хрящових і гіпертрофічних клітин у матриксі драглистого ядра, значною втратою об’єму диска, збільшенням загальної товщини пластинок і деградацією шарів фіброзного кільця [22], що візуалізується МРТ-картиною «сірого/чорного диска» [67]. Фібротизація міжхребцевого диска, що формується, супроводжується поступовою втратою рухової функції хребтового сегмента. Рестабілізація сегмента відбувається за умов колапсу диска зі зниженням його висоти більш ніж на 50 %, що корелює з ІВД приблизно 0,15 [95].

Ступінь дегенерації міжхребцевих дисків визначається на МРТ-сканах за типом Modic [121] та класифікацією Pfirrmann [142]. Зміни за типом Modic віддзеркалюють зміни замикальних пластинок (ЗП) та

кісткового мозку тіл хребців, суміжних із ушкодженим міжхребцевим диском, які визначаються на основі зміни інтенсивності сигналу на Т1- та Т2-зважених томограмах і корелюють із гістологічними даними [32] та дегенерацією диска [38, 147]. Зміни типу Modic 1 пов'язані з розшаруванням, мікротріщинами ЗП і набряком кісткового мозку; типу 2 — із жировою дистрофію кісткового мозку [121]; типу Modic 3 — зі склерозом ЗП та субхондральної кістки [81]. У літературі висловлюється практично одностайна думка про достовірнний зв'язок вищої частоти рециливу ГМД у диску з типом Modic 1 [16, 17, 21, 32, 77, 79, 80], який зумовлений тим, що ушкодження замикальної пластинки та набряк кісткового мозку збільшують внутрішньокістковий тиск у тілі хребця [198] з відповідним підвищенням онкотичного тиску в диску, що спричинює переміщення речовини драглистого ядра крізь тріщини фіброзного кільця й ЗП, потенціюючи формування рецидиву ГМД [71].

Класифікація МРТ-оцінки ступеня дегенерації міжхребцевого диска за Pfirrmann на сагітальних Т2-зважених томограмах містить наступні якісні показники: інтенсивність сигналу від драглистого ядра та гомогенність його структури; диференціація зображень драглистого ядра й фіброзного кільця; висота міжхребцевого диска. Розрізняють 5 ступенів дегенерації диска, де I — це МРТ-зобрження диска у нормі, V — пізня стадія дегенерації з втратою структури та колапсом диска [142]. Взаємозв'язок частоти рецидиву грижі диска після ПЕТД зі ступенем дегенерації диска за класифікацією Pfirrmann у літературі визначається неоднозначно. Одні автори не виявили значущої кореляції між цими показниками [7, 32], інші встановили достовірний зв'язок у разі дегенерації диска за Pfirrmann ≥ IV ступеня [17, 70, 85], III ступеня [198] або ≥ III ступеня [191]. Іншими словами, у більшості повідомлень частота рГМД за класифікацією Pfirrmann достовірно більша в диску з пізньою стадією дегенерації, тоді як висота диска, ІВМД і тип Modic корелюють із високою частотою рГМД у разі помірної дегенерації тканин диска. Такі суперечливі результати можна

пояснити недостатньою дискретністю критеріїв Pfirrmann [61, 87] та їх неповною відповідністю морфологічним, зокрема інволютивним ознакам [65, 89, 155], що зазначали і самі автори цієї класифікації [142]. J. F. Griffith зі співавт. розробили модифіковану класифікацію Pfirrmann, яка містить 8 ступенів і базується на інтерпретації сагітальних Т2-зважених томограм за трьома основними критеріями: інтенсивність сигналу від драглистого ядра та внутрішніх волокон фіброзного кільця (1–3 ступені); диференціація зображень внутрішніх і зовнішніх волокон ФК на задньому краю диска (4, 5 ступені); зниження висоти диска (6–8 ступені) [61]. Хоча класифікація Griffith [61] дегенерації міжхребцевого диска більш деталізована, вона не набула широкої розповсюдження.

Одним із факторів ризику незадовільних результатів первинної трансформамінальної ендоскопічної дискектомії може бути високе стояння гребеня клубової кістки, що ускладнює адекватний доступ до грижі L_V–S_I міжхребцевого диска і може потенціювати неповне видалення матеріалу грижі диска, а також інтраопераційне ушкодження верхньої замикальної пластинки S_I хребця [90, 131, 140]. Використання більш сучасних технологій ендоскопічної дискектомії (TESSYS) може дозволити застосовувати трансформамінальний доступ за умов грижі L_V–S_I міжхребцевого диска з високим стоянням гребеня клубової кістки за рахунок розширення міжхребцевих отворів за допомогою форамінопластики з результатами, зіставними для дискектомії L_{IV}–L_V диска [73, 124, 182, 184]. Проте ці автори використовували різні методики дискектомії, тому для твердження про клінічну ефективність трансформамінального доступу в поєднанні з форамінопластикою для лікування гриж L_V–S_I диска незалежно від анатомічних особливостей нижньопоперекового відділу хребта й таза необхідні подальші дослідження. Таким чином, перкутанна (повна) ендоскопічна хірургія гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта з використанням інтерламінарного або трансформамінального доступу є методом, що продовжує розвиватися, та

який відвоював місце у сучасного «золотого стандарту» — відкритої мікрохірургічної дискектомії [4, 76, 157]. Застосування ендоскопічних технік дискектомії дозволяє покращити клінічні результати за рахунок як меншої періопераційної крововтрати, так і інтенсивності післяопераційного болю з відповідним зниженням дози опіоїдних анальгетиків після хірургічної інтервенції, більш короткого періоду відновлення з більш раннім поверненням до повсякденної діяльності.

1.5 Резюме

В аналітичному огляді літератури «Сучасні методи мінімально інвазивної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска» розглянуто питання епідеміології та соціально-економічного тягаря грижі міжхребцевого диска поперекового відділу хребта, класифікації ГМД, мінімально інвазивні хірургічні техніки дискектомії грижі міжхребцевого диска та фактори ризику незадовільних результатів первинної перкутанної ендоскопічної дискектомії в даного контингенту хворих.

За даними літератури висвітлена відносно незначна щорічна захворюваність у загальній популяції, яка складає близько 5–20 випадків на 1 000 дорослих. Проте за таких умов непрямі витрати на хірургічне лікування ГМД поперекового відділу хребта на етапі очікування хірургічного лікування ≥ 60 днів досягають 11 234,89 доларів США на пацієнта (переважно за рахунок пропусків роботи) та додаткові прямі витрати у розмірі 518,21 дол. США на одного пацієнта (через значну кількість відвідувань медичних закладів, сеансів фізіотерапії та виконання додаткових МРТ).

У клінічній практиці хірурги найчастіше використовують класифікацію АО, згідно з якою розрізняють шість різних типів патології міжхребцевого диска: від випинання (без грижі диска) до секвестрованої екструзії та псевдогрижі (появи випинання диска внаслідок спондилолістезу; матеріал диска не досягає заднього краю хребця).

Згідно з класифікацією L. Wiltse, розрізняють центральне, парацентральне, суглобове, форамінальне й екстрафорамінальне розташування ГМД в аксіальній площині. У сагітальній площині виділяють дискове, інфрапедикулярне, супрапедикулярне та педикулярне розташування ГМД. По відношенню до задньої поздовжньої зв'язки виділяють сублігаментарну, екстралігаментарну, транслігаментарну або перфоровану грижу міжхребцевого диска.

Серед мінімально інвазивних хірургічних технік ГМД найчастіше використовують відкриту мікродискектомію та перкутанні ендоскопічні однопортальні односторонні процедури: трансфорамінальну та інтерламінарну дискектомії. Відкрита мікродискектомія до теперішнього часу роглядається як «золотий стандарт» мінімально інвазивних хірургії хребта, проте порівняно з інтерламінарною відрізняється більшою траматичністю та крововтратою. Найбільш щадною технікою є трансфорамінальна ендоскопічна дискектомія, під час виконання якої здійснюється задньолатеральний доступ через міжхребцевий отвір, минаючи задні м'язово-зв'язково-кісткові структури.

Фактори ризику незадовільних результатів первинної дискектомії у хворих із грижами міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта були розділені на загальні та локальні. Загальні (демографічні, катамнестичні, клінічні тощо) є однаковими для всіх пацієнтів із ГМД поперекового відділу хребта, незалежно від методу первинної дискектомії — відкритого або перкутанного ендоскопічного. Локальні фактори ризику — це структурно-функціональні особливості скомпрометованого поперекового рухового сегмента і мають суттєве значення для перкутанної ендоскопічної дискектомії. Фахівці окремо досліджують такі параметри, як позиційне розташування гребеня клубової кістки, трикутник Kambin, висота L_V–S_I міжхребцевого диска, розмір крил крижів. Усі ці параметри можуть технічно утруднити виконання традиційної техніки трансфорамінальної дискектомії грижі L_V–S_I диска, а некоректно виконаний задньолатеральний

доступ до грижі крізь безпечну зону трикутника Kambin може супроводжуватися транзиторними або, рідше, стійкими неврологічними розладами. Ми вважаємо, що для розробки методу передопераційного планування вибору техніки перкутанної ендоскопічної дискектомії необхідна методика кількісної оцінки рентгенологічних і МРТ-ознак, яка дозволить об’єктивізувати вибір на користь трансформамінальної або інтерламінарної дискектомії і таким чином знизити кількість або зовсім уникнути діагностичних помилок.

РОЗДІЛ 2
МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Матеріал дослідження

Матеріал дослідження — протоколи клініко-рентгенологічного обстеження склали 94 пацієнти (63 (67 %) чоловіків; 31 (33 %) жінка) віком 16–76 років із первинною мінімально інвазивною дискектомією грижі L_V–S_I міжхребцевого диска. Основну групу склав 41 хворий після трансформамінальної ендоскопічної дискектомії (група ТЕД); до першої групи порівняння були включені 30 пацієнтів після інтерламінарної ендоскопічної дискектомії (група ІЕД); друга група порівняння містила 23 хворих після відкритої мікродискектомії (група ВМДЕ). Віковий і гендерний склад цих груп наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Віковий і гендерний склад обстежених пацієнтів

Показник	Група пацієнтів		
	ТЕД	ІЕД	ВМДЕ
	n = 41; 100 %	n = 30; 100 %	n = 23; 100 %
Середній вік, роки	41,76 ± 3,74	45,47 ± 2,47	38,83 ± 2,92
Стать:			
- чоловіча	31; 76 % **	20; 67 %	12; 52 %
- жіноча	10; 24 %	10; 33 %	11; 48 %

Примітка. ** — $p < 0,01$.

Середній вік пацієнтів у групах ТЕД і ВМДЕ відповідав молодому (до 44 років); у групі ІЕД — нижній межі середнього віку (45–59 років) за класифікацією ВООЗ. Гендерний розподіл хворих показав достовірне

($p < 0,01$) переважання чоловіків порівняно з жінками в групі ТЕД; у групах ІЕД і ВМДЕ також превалювали пацієнти чоловічої статі, але без достовірних відмінностей (табл. 2.1). Щодо відповідності даних нашого дослідження й літературних джерел, слід відмітити, що такі демографічні показники, як вік і стать, у групі пацієнтів із грижами міжхребцевих дисків варіюють у достатньо широких межах. На гендерно-віковий розподіл цієї категорії хворих можуть впливати такі чинники, як регіон проживання, професія, рівень фізичної активності, спосіб життя, етнічна приналежність [143]. Фахівці частіше відмічають превалювання пацієнток переважно середнього віку [17, 72, 118, 127, 129], проте в окремих дослідженнях переважають хворі чоловічої статі [138, 205].

У ДУ «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М. І. Ситенка НАМН України» спостерігалися 11 хворих із групи ТЕД у 2020–2022 р.р. й усі пацієнти групи ВМДЕ у 2023–2025 р.р. Під наглядом у КЗ «Рівненська обласна клінічна лікарня імені Юрія Семенюка» Рівненської обласної ради в 2020 р. були 30 пацієнтів із групи ТЕД та усі хворі з групи ІЕД.

Критерії включення в дослідження: первинна мінімально інвазивна дискектомія ізольованої грижі $L_V–S_I$ міжхребцевого диска.

Критерії виключення з дослідження: полісегментарні грижі міжхребцевих дисків нижньопоперекового відділу хребта; повторна дискектомія грижі $L_V–S_I$ диска; клінічно значущі нестабільність/спондилоартроз/стеноз (центральний, форамінальний) у нижньопоперекових сегментах; спондилолістез L_{IV}, L_V хребців; попередні операції на хребті.

2.2 Методи дослідження

2.2.1 Клінічні дослідження

Під час ретроспективного дослідження реєстрували:

а) тривалість та особливості катамнезу;

б) ортопедичний статус з акцентом на наявність і характер анталгічних деформацій тулуба;

в) неврологічний статус із визначенням компресійного корінцевого синдрому;

г) показники самооцінки хворими:

1) інтенсивності больового синдрому за VAS до (VAS1) та після VAS2) операції (0–10 см);

2) індексу дисабілітації ODI за опитувальником Oswestry до (ODI_1) та після (ODI_2) операції (0–100 балів) — табл. Б2 (додаток Б).

2.2.2 Методи візуалізації нижньопоперекового відділу хребта

Із метою виявлення вірогідних рентгенологічних критеріїв передопераційного планування характеру мінімально інвазивної дискектомії грижі LV–SI міжхребцевого диска проводилася якісне і кількісне оцінювання передопераційних оглядових поперекових спондилограм у 2 проєкціях і МРТ-сканів.

Характер випинання матеріалу L_V–S_I міжхребцевого диска визначали на аксіальних і парасагітальних МРТ-сканах. За наявності латеральної, форамінальної й екстрафорамінальної грижі диска сторона розташування грижі визначалася як іпсілатеральна. У разі виявлення центральної грижі диска за іпсілатеральну приймали праву половину відповідного хребтового сегмента.

На оглядових поперекових спондилограмах у передньо-задній та боковій проєкціях здійснювали якісне оцінювання величини поперечних відростків, верхнього й нижнього суглобових відростків, орієнтацію суглобових фасеток з іпсілатеральної та контралатеральної сторони в L_V–S_I сегменті.

Висоту гребеня клубової кістки аналізували на поперекових спондилограмах у боковій проєкції відносно розташування ніжок L_{IV}, L_V

хребців за методикою J. M. Sousa та співавт., 2023: тип I — висота гребеня клубової кістки нижче горизонтальної лінії верхнього краю ніжки L_V; тип II — висота гребеня проєктується між нижньою крайовою горизонтальною лінією ніжки L_{IV} і верхньою крайової горизонтальною лінією ніжки L_V; тип III — висота гребеня клубової кістки розташована над нижньою крайовою горизонтальною лінією ніжки L_{IV} [169] (рис. 2.1, а).

Під час рентгенометричних досліджень на поперекових спондилограмах на рівнях L_{IV}–L_V, L_V–S_I визначали:

– на передньо-задній проєкції:

1) міжпоперечну висоту МПВ — відстань від середини поперечного відростка L_V хребця до крила крижів (рис. 2.1, б);

2) міжпоперечну ширину МПШ — відстань від основи поперечного відростка L_V до лінії, яка з'єднує вільний кінець поперечного відростка L_V та крило крижів (рис. 2.1, Б);

3) міжпоперечний проміжок МПП — відношення міжпоперечної висоти до її ширини: МПВ/МПШ;

4) крижово-клубовий кут ККТ — кут, утворений дотичною до гребеня клубової кістки та лінією, яка з'єднує найвищу точку гребеня клубової кістки і верхньо-медіальну точку ніжки хребця S_I за методикою K. C. Choi зі співавт. [37] — рис. 2.1, в;

– на боковій проєкції:

5) висота клубової кістки ВКК — вертикальна відстань між найвищою точкою гребеня клубової кістки та серединою верхньої замикальної пластинки S_I за методикою K. C. Choi зі співавт. [44] (рис. 2.1, г);

6) висота міжхребцевого диска ВМД — напівсума вертикальної відстані між нижньою замикальною пластинкою тіла хребця L_V і верхньою замикальною пластинкою крижів у передньому та задньому відділах диска (a + b):2 (рис. 2.1, д);

7) індекс висоти диска ІВД — висота міжхребцевого диска, поділена на ширину вищерозташованого тіла хребця [(a + b):2]:d (рис. 2.1, д);

8) висота міжхребцевого отвору ВМО — вертикальна відстань від нижнього краю ніжки хребця L_V до верхньої задньої замикальної пластинки S_I (рис. 2.1, е);

9) ширина міжхребцевого отвору ШМО — найбільша горизонтальна відстань між заднім краєм тіла хребця L_V та верхньою суглобовою поверхнею S_I (рис. 2.1, е);

10) форма міжхребцевого отвору ФМО — відношення висоти міжпоперечного отвору до його ширини: ВМО/ШМО;

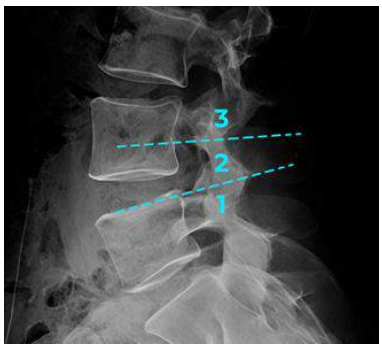
11) величину поперекового лордозу LL за методикою J. R. Cobb [123] на поперекових спондилограмах у боковій проєкції в положенні стоячи. У нормі LL = 61°±10° [38];

12) величину нахилу крижів SS за методикою й G. Duval-Beaupere [45] на поперекових спондилограмах у боковій проєкції в положенні стоячи. У нормі SS = 48°±8° [38]. Параметри LL і SS відображають сагітальний контур попереково-крижового відділу хребта;

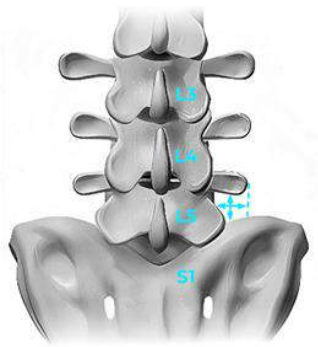
– на аксіальних МРТ-сканах:

13) орієнтацію обох суглобових фасеток (у градусах);

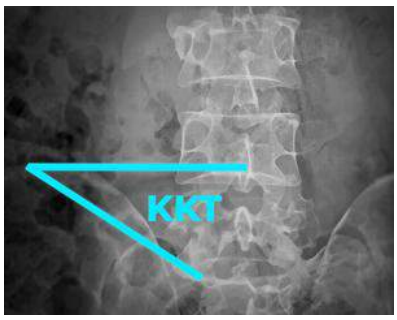
14) відстань між латеральним краєм суглобової фасетки дуговідросткового суглоба й краєм тіла хребця СФ-ТХ. У разі розташування латерального краю суглобової фасетки (СФ) у межах проєкції тіла хребця (ТХ) відстань СФ-ТХ приймали за негативну величину (рис. 2.1, ж); за положення латерального краю СФ за межами проєкції ТХ відстань СФ-ТХ виражали позитивною величиною (рис. 2.1, и). Величина СФ-ТХ може розглядатися як один із показників величини міжхребцевого отвору — робочої зони для ТЕД. Зі збільшенням показника СФ-ТХ величина робочої зони зменшується через гіпертрофію суглобового відростка.



а

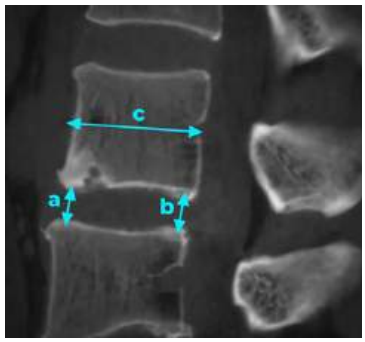


б

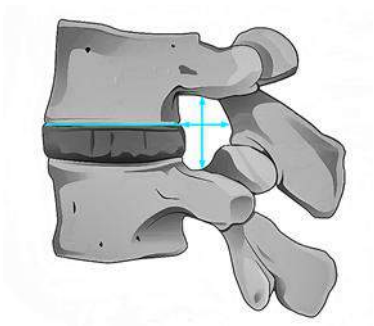


в

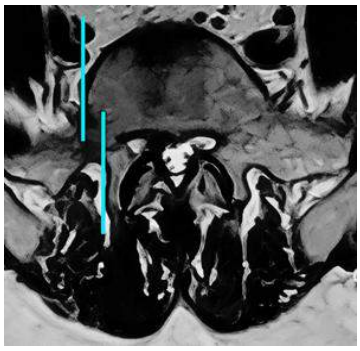
г



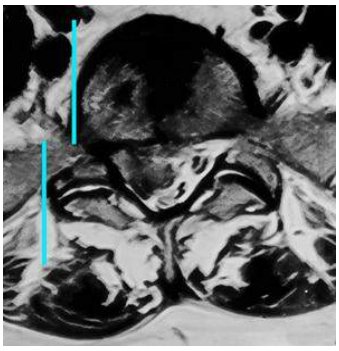
д



е



ж



и

Рис. 2.1 Схеми рентгенометричних досліджень: а — тип висоти гребеня клубової кістки; б — міжпоперечна висота й міжпоперечна ширина; в — крижово-клубовий кут; г — висота клубової кістки; д — висота й індекс висоти міжхребцевого диска; е — висота й ширина міжхребцевого отвору; ж — негативне значення відстані суглобова фасетка-тіло хребця (СФ-ТХ); и — позитивне значення відстані СФ-ТХ

Стадію дегенерації люмбосакрального міжхребцевого диска та двох вищерозташованих дисків L_{III}–L_{IV}, L_{IV}–L_V встановлювали на МРТ-сканах за класифікацією C. W. Pfirrmann зі співавт. [142] (табл. 2.2).

Ступінь дегенеративних змін гіалінових замикальних пластинок і кісткової тканини, що підлягає, в L_{III}–L_{IV}, L_{IV}–L_V, LV–S_I сегментах визначали на МРТ-сканах за класифікацією M. T. Modic із співавт. [121]:

– тип Modic 1 — висока гідратація замикальних пластинок тіл хребців — свідчить про асептичне запалення і набряк, що реалізується в гіпоінтенсівний сигнал на Т1-зваженій МРТ і гіперінтенсівний — на Т2-зваженій;

– тип Modic 2 — жовта жирова інфільтрація в тілі хребця з гіперінтенсивним сигналом на Т1-зважених МРТ та гіперінтенсивним або ізоінтенсівним сигналом на Т2-зважених МРТ;

– тип Modic 3 — гіпоінтенсівні Т1 й Т2 сигнали, що зазвичай відповідає субхондральному склерозу на спондилограмах [121].

Таблиця 2.2

Стадія дегенерації міжхребцевого диска за Pfirrmann [142]

Стадія	Структура міжхребцевого диска	Інтенсивність МРТ-сигналу	Межа між драглистим ядром і фіброзним кільцем	Висота міжхребцевого диска
I	Гомогенна	Гіперінтенсивний (white disc)	Чітка	Нормальна
II	Негомогенна	Гіперінтенсивний (white disc)	Чітка	Нормальна
III	Негомогенна	Проміжний (gray disc)	Нечітка	Нормальна або злегка знижена
IV	Негомогенна	Проміжний (gray disc)	Відсутня	Нормальна або злегка знижена
V	Негомогенна	Гіпоінтенсивний (black disc)	Відсутня	Нормальна або різко знижена

2.3 Статистичні дослідження

2.3.1 Секвенційний (послідовний) статистичний аналіз

Передопераційне планування методу мінімально інвазивної дискектомії грижі $L_V–S_I$ диска ґрунтувалося на секвенційному (послідовному) статистичному аналізі. Секвенційний статистичний аналіз — це метод статистичного підсумку, за якого обсяг вибірки (n) не фіксується до початку дослідження, а визначається в процесі вивчення на основі вже отриманих даних [152].

Основою секвенційного аналізу є тест відносин ймовірностей послідовного типу (Sequential Probability Ratio Test, SPRT), розроблений А. Вальдом. SPRT призначений для поетапної оцінки даних і прийняття рішення, коли зібрано достатньо доказів на підтримку однієї гіпотези порівняно з іншою. Суть SPRT полягає в обчисленні відношення ймовірностей, яке порівнює ймовірність показників за двох конкуруючих гіпотез. У міру збирання нових даних результати цього тесту постійно оновлюється. Тест завершується, коли відношення або перевищує певний верхній поріг, сприяючи альтернативній гіпотезі, або опускається нижче за нижній поріг, підтверджуючи нульову гіпотезу [179].

Цей підхід до перевірки гіпотез є особливо доцільним в умовах, коли рішення повинні прийматися своєчасно або коли вартість збору даних висока. Послідовна оцінка даних замість очікування повного набору дозволяє значно підвищити ефективність [18].

Розробка послідовних тестів також включає встановлення точних правил зупинки на основі статистичних порогів. Ці правила мають вирішальне значення для збереження цілісності результатів тесту, гарантуючи, що частота помилок — як типу I (хибнопозитивні), так і типу II (хибнонегативні) — контролюється і знаходиться в допустимих межах. Правила зупинки не є довільними, а виводяться з чітких математичних

принципів та адаптовані до специфіки гіпотези та притаманної даним мінливості [20].

Метод секвенційного аналізу для біомедичної статистики — метод послідовного діагностичного/прогностичного аналізу Вальда-Гублера — передбачає визначення відповідних (діагностичного/прогностичного) коефіцієнтів на основі SPRT із наступним виявленням інформативності ознаки за Кульбаком і доказом достовірності відмінності в частоті досліджуваної ознаки в групах пацієнтів ($p < 0,05$), що вивчаються. Застосування наведених коефіцієнтів дозволяє переведення ймовірнісних характеристик ознак у бали, які фахівець може підсумовувати для ухвалення рішення [62, 179].

Метод Вальда-Гублера широко застосовується в ортопедії, зокрема, під час прогнозування [51] ризику виникнення вивиху ендопротеза стегнової кістки [3], діагностики й прогнозування перебігу остеохондропатії хребта [2], поперекового спінального стенозу [6], попереково-тазового болю у вагітних [1].

Вибір методу мінімально інвазивної дискектомії грижі $L_V–S_I$ міжхребцевого диска на етапі передопераційного планування найчастіше передбачає альтернативу на користь ендоскопічного хірургічного втручання шляхом або трансфораміального (задньолатерального), або інтерламінарного доступу. Проте коли інтерламінарна ендоскопічна дискектомія є неможливою через технічні обставини (наприклад, відсутність відповідного хірургічного інструментарію), вибір може відбуватися між ендоскопічною трансфораміальною дискектомією та відкритою мікродискектомією грижі $L_V–S_I$ диска. Отже, у процесі послідовного прогностичного аналізу статистичні дослідження проводилися у двох парах навчальних вибірок: 1) ендоскопічна трансфораміальна дискектомія та ендоскопічна інтерламінарна дискектомія грижі $L_V–S_I$ диска; 2) ендоскопічна трансфораміальна дискектомія та відкрита мікродискектомія грижі $L_V–SI$ диска.

Під час передопераційного планування методу первинної мінімально інвазивної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска також було застосовано послідовний прогностичний аналіз за Вальдом-Гублером, кінцевим етапом якого є створення обчислювальної прогностичної таблиці, спрямованої на прийняття альтернативного рішення щодо можливості використання одного з двох способів мінімально інвазивної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска. Ураховуючи той факт, що планування методу мінімально інвазивної дискектомії грижі L_V–S диска здійснюється на етапі передопераційного обстеження, як досліджувані прогностичні ознаки використовувалися передопераційні клінічні, рентгенологічні, рентгенометричні та МРТ-симптоми.

Під час секвенційного аналізу вивчалися такі ознаки:

а) клінічні: X_1 — вік; X_2 — стать; X_3 — тривалість «грижового» анамнезу; X_4 — характер анталгічної деформації тулуба; X_5 — сторона радикулалгії;

б) рентгенологічні: Y_1 — тип висоти гребеня клубової кістки; Y_2 — висота гребеня клубової кістки; Y_3 — крижово-клубовий кут; Y_4 — міжпоперечна висота зі сторони, іпсілатеральної до грижі диска; Y_5 — міжпоперечна ширина зі сторони, іпсілатеральної до грижі диска; Y_6 — МПВ/МПШ зі сторони, іпсілатеральної до грижі диска; Y_7 — міжпоперечна висота зі сторони, контралатеральної до грижі диска; Y_8 — міжпоперечна ширина зі сторони, контралатеральної до грижі диска; Y_9 —МПВ/МПШ зі сторони, контралатеральної до грижі диска; Y_{10} — висота міжхребцевого отвору; Y_{11} — ширина міжхребцевого отвору; Y_{12} — ВМО/ШМО; Y_{13} — висота L5-S1 міжхребцевого диска; Y_{14} — індекс висоти L5-S1 міжхребцевого диска;

в) МРТ: Z_1 — локалізація грижі міжхребцевого диска; Z_2 — орієнтація суглобової фасетки зі сторони, іпсілатеральної до грижі диска; Z_3 — орієнтація суглобової фасетки зі сторони, контралатеральної до грижі диска; Z_4 — відстань СФ-ТХ із сторони, іпсілатеральної до грижі диска; Z_5 —

відстань суглобова фасетка-тіло хребця зі сторони, контралатеральної до грижі диска; Z_6–Z_8 — тип дегенерації замикальних пластинок і кісткової тканини тіла хребця за Modic у L_{III}–L_{IV}, L_{IV}–L_V, L_V–S_I сегментах; Z_9–Z_{11} — ступінь дегенерації L_{III}–L_{IV}, L_{IV}–L_V, L_V–S_I міжхребцевих дисків за Pfirrmann (додаток Б, таблиця Б.1).

Алгоритм секвенційного (послідовного) аналізу був наступним [62, 179]:

1) кодування досліджуваних прогностичних ознак та їх градацій. Таблиця кодування містить 5 клінічних, 14 рентгенологічних та 10 МРТ-симптомів. Кожна прогностична ознака поділялася на 2–5 градацій залежно від ступеня виразності; відсутність ознаки кодувалося нульовою градацією; номер градації є кодовим числом (додаток В, таблиця В.1);

2) розрахунок відношення відносних імовірностей ознаки для альтернативного планування методів малоінвазивної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска за формулами:

$$P(x_i^j/\text{ТЕД}) \div P(x_i^j/\text{ІЕД}) \quad (2.1)$$

$$\text{та} \quad P(x_i^j/\text{ТЕД}) \div P(x_i^j/\text{ВМДЕ}), \quad (2.2)$$

де $P(x_i^j/\text{ТЕД})$ — відносна ймовірність j-ої градації і-ої ознаки для методу трансформамінальної дискектомії;

$P(x_i^j/\text{ІЕД})$ — відносна ймовірність j-ої градації і-ої ознаки для методу інтерламінарної дискектомії;

$P(x_i^j/\text{ВМДЕ})$ — відносна ймовірність j-ої градації і-ої ознаки для методу відкритої мікродискектомії;

3) розрахунок відношення середньозваженої («згладженої») ймовірності j-ої градації і-ої ознаки, під час якого з метою згладжування випадкових коливань ймовірностей в градаціях розраховувалася згладжена ймовірність ознаки з врахуванням відсотка спостережень, що потрапили як у цей, так і у сусідній діапазони [62]. Таким чином, формули для розрахунку відношення згладжених відносних ймовірностей ознаки мали наступний вигляд:

$$\bar{P}(x_i^j/\text{ТЕД}) \div \bar{P}(x_i^j/\text{ІЕД}) \quad (2.3)$$

та $$\bar{P}(x_i^j/\text{ТЕД}) \div \bar{P}(x_i^j/\text{ВМДЕ}), \quad (2.4)$$

де $\bar{P}(x_i^j/\text{ТЕД})$ — згладжена відносна ймовірність j-ої градації і-ої ознаки для методу трансформамінальної дискектомії; $\bar{P}(x_i^j/\text{ІЕД}$ — згладжена відносна ймовірність j-ої градації і-ої ознаки для методу інтерламінарної дискектомії; $\bar{P}(x_i^j/\text{ВМДЕ})$ — згладжена відносна ймовірність j-ої градації і-ої ознаки для методу відкритої мікродискектомії;

4) визначення прогностичного коефіцієнта ПК за формулою:

$$\text{ПК} = 10\times\lg[\bar{P}(x_i^j/\text{ТЕД}) \div \bar{P}(x_i^j/\text{ІЕД})] \quad (2.5)$$

та $$\text{ПК} = 10\times\lg[\bar{P}(x_i^j/\text{ТЕД}) \div \bar{P}(x_i^j/\text{ВМДЕ})], \quad (2.6)$$

де множник 10 використовується для позбавлення від дробових часток і зручності складання цілих чисел;

5) встановлення I_j^i — інформативності j-ої градації і-ої ознаки та I — інформативності ознаки загалом за формулою Кульбака:

$$I = \text{ПК}\times 1/2\ [\bar{P}(x_i^j/\text{ТЕД}) - \bar{P}(x_i^j/\text{ІЕД}] \quad (2.7)$$

та $$I = \text{ПК}\times 1/2\ [\bar{P}(x_i^j/\text{ТЕД}) - \bar{P}(x_i^j/\text{ІЕД}]; \quad (2.8)$$

6) з’ясування рангу (місця) R_i досліджуваної ознаки залежно від її інформативності I_i, яка розрахована за формулою Кульбака;

7) визначення достовірності значимості статистичної різниці за критерієм Пірсона χ^2 між методами ТЕД та ІЕД, а також ТЕД і ВМДЕ з рівнем значимості $p < 0,05$;

8) розташування достовірних найбільш інформативних клінічних, рентгенологічних та МРТ-ознак за зменшенням інформативності; за кожною ознакою ранжувалась лише одна найбільш виражена для конкретного симптому градація;

9) включення в підсумкову обчислювальну прогностичну таблицю — таблицю з передопераційного планування методу первинної мінімально інвазивної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска — відібраних ознак і відповідних числових значень прогностичних коефіцієнтів. Прогностичні коефіцієнти ознак, що свідчать на користь методу ТЕД, є

позитивними числами, а на користь методів ІЕД/ВМДЕ — негативними. Чим більша абсолютна величина прогностичного коефіцієнта, тим важливіша ознака;

10) встановлення порогових значень для прийняття рішення щодо вибору методу малоінвазивної дискектомії грижі $L_V–S_I$ міжхребцевого диска на етапі передопераційного планування. Під час встановлення порогових значень ураховуються помилки I рода (хибнопозитивні висновки, α-помилки) та помилки II рода (хибнонегативні висновки, β-помилки). У разі порогу вірогідності прогнозу 0,95 величина помилки I та II роду не перевищує 5 % [62, 179]. Порогові значення встановлювалися за наступними формулами:

$$\text{поріг ТЕД} = 10\lg[(1-\alpha)\div\beta] \quad (2.9)$$

та

$$\text{поріг ІЕД/ВМДЕ} = 10\lg[\alpha\div(1-\beta)], \quad (2.10)$$

де α — припустимий рівень помилок I роду, коли замість ТЕД планується ІЕД/ВМДЕ; β — допустимий рівень помилок II роду: замість ІЕД/ВМДЕ планується ТЕД;

11) підсумовування прогностичних коефіцієнтів виявлених ознак, яке відбувається в порядку їхнього розташування в таблиці (зі зменшенням інформативності ознаки). Ураховуючи те, що клінічні, рентгенологічні та МРТ-критерії частково залежні один від одного, проводиться збір усієї прогностичної інформації, що входить до таблиці;

12) прийняття рішення. Якщо поріг вірогідності 0,95, порогові значення суми прогностичних коефіцієнтів для прийняття рішення становлять +13 і підтвердження прогнозу (підтвердження планування методу ТЕД), або — 13 з відкиданням прогнозу (відкидання планування ТЕД на користь ІЕД або ВМДЕ). Якщо жодного порогу не досягнуто, рішення є невизначеним, необхідне подальше обстеження пацієнта;

13) перевірка (випробування) прогностичної таблиці з формуванням екзаменаційної вибірки. При цьому використовується той матеріал, на якому таблиця була складена, а кожен пацієнт вважається за

новонаведеного. Після закінчення перевірки складається таблиця результатів випробування.

2.3.2 Статистичні дослідження

Під час статистичних досліджень використовували методи описової статистики: розрахунок центральних тенденцій (середнє значення, медіана), заходи мінливості (стандартне відхилення).

Ступінь достовірності відмінностей між порівнюваними ознаками оцінювали за допомогою t-критерію Стьюдента з рівнем значущості $p < 0,05$.

Кореляційний аналіз проводили за методом Пірсона, під час якого досліджувались лінійні взаємозв'язки наступних кількісних показників: а) вік; б) позиційні параметри: тип висоти гребеня клубової кістки (тип ВКК); висота клубової кістки ВКК; поперековий лордоз LL; нахил крижів SS; в) показники морфометрії $L_V–S_I$ сегмента: висота міжхребцевого отвору; ширина міжхребцевого отвору; форма міжхребцевого отвору; індекс висоти диска; крижово-клубовий кут; міжпоперечна висота МПВ_іпсі; міжпоперечна ширина МПШ_іпсі; міжпоперечний проміжок МПП_іпсі; орієнтація суглобової фасетки ОФ_іпсі; відстань суглобова фасетка-тіло хребця СФ-ТХ_іпсі.

Попередню підготовку даних виконували пакеті MS Excel, обробку даних проводили в пакеті прикладних програм IBM SPSS Statistics 20.0.

РОЗДІЛ 3
РЕЗУЛЬТАТИ КЛІНІКО-РЕНТГЕНОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Обгрунтування методики рентгенометрії попереково-крижового відділу хребта і морфометрії L_V–S_I сегмента

Для виконання трансформінальній дискектомії є необхідним точне позиціонування робочої канюлі в безпечній зоні трикутника Kambin, розташованого в задньолатеральній частини поперекового сегмента. Орієнтиром для позиціонування робочої канюлі у горизонтальній площині служить середина ніжки відповідного хребця [69].

Трансформінальний доступ у разі ендоскопічної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска технічно є складнішим у порівнянні з ТЕД гриж вищерозташованих дисків [49, 172]. Межами трикутника Камбин — робочої зони, через яку здійснюється проникненння канюлі ендоскопу у нижню ділянку міжхребцевого отвору, — є верхній край нижчерозташованого хребця (знизу), корінець спинномозкового нерва, що виходить (спереду), верхній суглобовий відросток нижчерозташованого хребця (ззаду) [83] — рис. 1.4. Кут входу ендоскопа у міжхребцевий отвір може обмежувати високе розташування гребеня клубової кістки [168, 169], а також гіпертрофія поперечних відростків L_V хребця та крил крижів [102, 207]. Таким чином, основний акцент досліджень результатів візуалізації попереково-крижового відділу хребта був зосереджений на морфометрії L_V–S_I сегмента та оцінці взаємовідносин висоти розташування гребеня клубової кістки й L_V хребця.

При трансформінальній ендоскопічній дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска у деяких випадках можливі технічні труднощі, оскільки ендоскоп не може досягти оптимального положення [12]. Тому важливо передопераційно оцінити траєкторію доступу над фасеткою дуговідросткового суглоба, щоб визначити, чи можна виконати операцію

ТЕД без форамінектомії або форамінопластики, але це важко визначити лише за допомогою передопераційної інструменталної візуалізації. В той же час існують окремі повідомлення щодо визначення рентгенологічних та рентгенометричних показників можливості виконання ендоскопічної дискектомії шляхом трансфораміналього доступу. Операція трансфораміналього дискектомії на рівні L_V–S_I можлива без додаткової форамінопластики, якщо на рентгенограмах у боковій проекції висота гребеня клубової кістки нижче середини ніжки L_V хребця [186]. Непрямим показником величини міжхребцевого отвору — робочого «коридору» для ТЕД — є відстань між латеральним краєм суглобової фасетки дуговідросткового суглоба й краєм тіла хребця, що вимірюється на аксіальному скані комп'ютерної томограми або магнітно-резонансної томограми. З ростом цієї відстані зростає гіпертрофія суглобового відростка і, відповідно, зменшується площа міжхребцевого отвору.

Tezuka та ін. [171] проаналізували траєкторію доступу до L_V–S_I міжхребцевого диска за допомогою мультипланарних КТ-зображень для оцінки технічної можливості виконання перкутанної ендоскопічної трансфораміналього дискектомії. Задньолатеральний доступ до L_V–S_I міжхребцевого диска на їх матеріалі в більшості випадків являв собою аналогічний шлях, обмежений наявністю високого стояння гребеня клубової кістки. Тобто, траєкторія введення ендоскопа зазвичай розташовувадася вздовж верхнього краю клубової кістки до переднього краю верхнього суглобового відростка, досягаючи міжхребцевого диска між корінцем спинномозкового нерва, що виходить, і верхнім суглобовим відростком нижчерозташованого хребця [171]. Таким чином, ключовим моментом хірургічного втручання ТЕД на рівні L_V–S_I є спочатку введення спинальної голки 18-го калібру у верхній суглобовий відросток уздовж верхнього краю гребеня клубової кістки, а потім уздовж внутрішнього краю верхнього суглобового відростка до міжхребцевого диска [69].

У зв'язку з визнанням трикутника Kambin як безпечної робочої зони для інтраопераційного доступу до елементів скомпрометованого хребтового сегмента, необхідна ретельна рентгенологічна, рентгенометрична й МРТ оцінка структурного стану стінок трикутника Kambin, а також стінок міжхребцевого отвору для оцінки можливості задньолатерального доступу при перкутанній трансфорамінальній ендоскопічній дискектомії L_V–S_I міжхребцевого диска на етапі передопераційного планування.

3.2 Результати клініко-рентгенологічних досліджень

Досліджувані групи включали пацієнтів зі сприятливими результатами мінімально інвазивного хірургічного видалення гриж L_V–S_I міжхребцевого диска із позитивною динамікою інтенсивності больового синдрому за шкалою VAS та зниженням індексу дисабілітації ODI при порівнянні перед- та післяопераційних показників (рис. 3.1). Різниця між передопераційними ті післяопераційними показниками VAS і ODI не була статистично достовірною. В той же час в кожній з груп ТЕД, ІЕД та ВМДЕ до хірургічного втручання пацієнти характеризували своє відчуття болю в середньому як «виражений біль» (VAS1 = (7,7 ± 0,8) см; (7,4 ± 1,1) см; (7,7 ± 0,9) см відповідно).

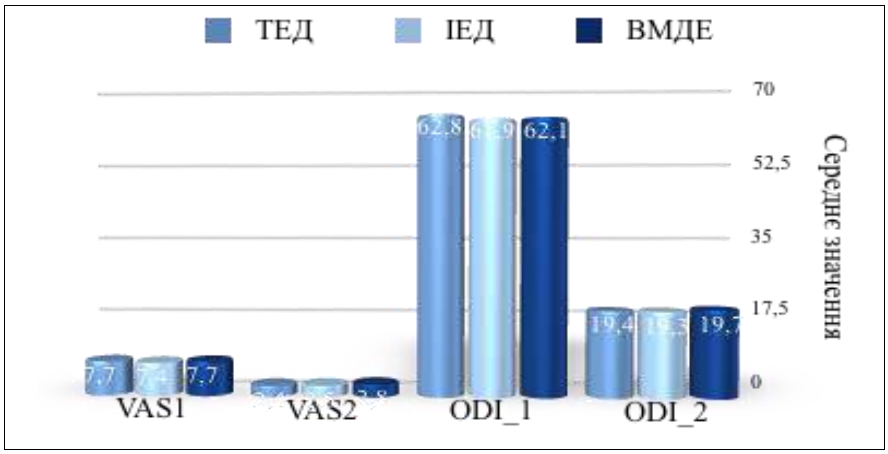


Рис. 3.1. Діаграми динаміки показників інтенсивності болю та індексу дисабілітації до та після дискектомії (VAS1 та VAS2; ODI_1 та ODI_2 відповідно) у групах ТЕД, ІЕД та ВМДЕ

Індекс дисабілітації ODI перед операцією, за результатами опитування пацієнтів, досягав (62,8 ± 3,6) балів; (61,9 ± 4,4) балів; (62,1 ± 4,2) балів відповідно), що відповідає «інвалідності, яка обмежує діяльність». У післяопераційному періоді показник VAS2 знизився до (2,4 ± 0,3) см; (2,5 ± 1,2) см; (2,8 ± 0,3) см відповідно — до відчуття болю легкої інтенсивності. Післяопераційні значення ODI_2 в середньому відповідали мінімальному рівню дисабілітації, за умов якої повернулася можливість займатися більшістю побутових справ ((19,4 ± 1,9) балів; (19,3 ± 2,0) балів; (19,7 ± 4,2) балів відповідно).

3.2.1 Результати клініко-рентгенологічних досліджень у групах ТЕД1 і ТЕД2

Аналіз результатів хірургічного лікування у групі ТЕД показав, що у 3-х випадках відбулася конверсія ендоскопічної дискектомії у відкриту мікродискектомію через технічну неможливість здійснити трансформамінальний доступ. Крім того, ще в одному спостереженні з правостороннім компресійним синдромом L_V, S_I корінців в процесі виконання ендоскопічної дискектомії виникла необхідність в проведенні топічної діагностики грижі міжхребцевого диска. Дискографія, виконана інтраопераційно, підтвердила наявність латеральної грижі L_V–S_I диска з натяганням L_V корінця та компресією S_I корінця спінномозкового нерва. Таким чином, до хірургічного втручання у 3-х випадках не були враховані усі структурні особливості люмбосакрального сегменту, що призвело до конверсії операції; у четвертому випадку неточно оцінено неврологічний статус пацієнта. Ці 4 спостереження були розцінені як помілки у передопераційному плануванні методу мінімально інвазивної дискектомії грижі . Виходячи з цього, група ТЕД була розподілена на 2 групи: ТЕД1 з 37 хворих (28 (76 %) чоловіків, 9 (24 %) жінок), яким була виконана трансформамінальна дискектомія за традиційною методикою, та ТЕД2 з

4 пацієнтів (3 (75 %) чоловіків, 1 (25 %) жінка) з помилками у передопераційному плануванні.

З метою дослідження причин помилок у передопераційному плануванні обсягу хірургічного втручання був проведений порівняльний ретроспективний аналіз доопераційних клінічних та рентгенологічних показників у групах ТЕД1 та ТЕД2. У групі ТЕД2 виборка недостатня для статистичних досліджень, тому виявлені міжгрупові відмінності між показниками груп ТЕД1 й ТЕД2 мали характер тенденцій.

Тривалість «грижового» анамнезу у групах ТЕД1 та ТЕД2 була майже ідентичною: (8,41 ± 0,22) міс. і (8,27 ± 0,31) міс. відповідно.

Правостороння та лівостороння радикулалгія зустрічалися майже з однаковою частотою у групі ТЕД1, тоді як у групі ТЕД2 простежувалася тенденція до превалювання іррадіації відбитого болю у праву нижню кінцівку (рис. 3.2).

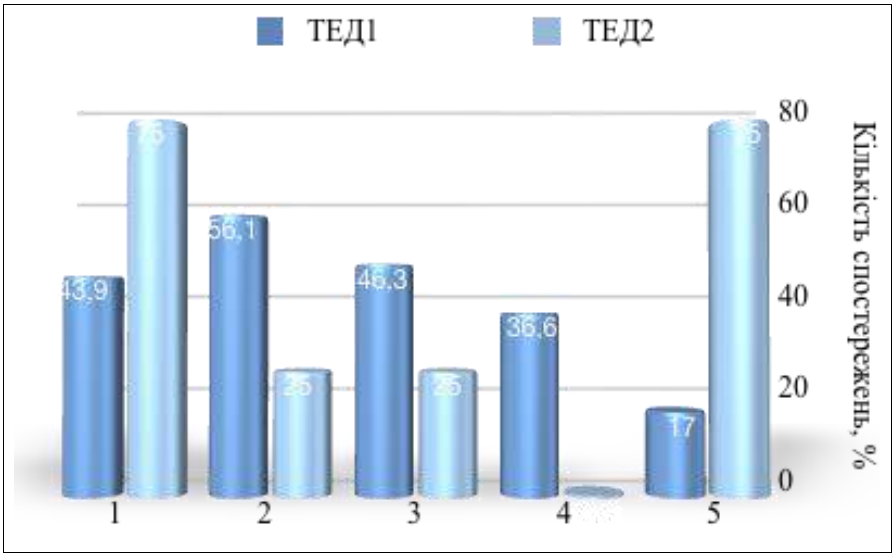


Рис. 3.2. Діаграма розподілу частоти радикулалгії (1 — справа, 2 — зліва) та анталгічних деформацій тулуба (3 — кіфосколіоз, 4 — кіфоз, 5 — гіперлордоз) у пацієнтів з груп ТЕД1 і ТЕД2

Серед міотонічних реакцій у групі ТЕД1 найрідше формувався анталгічний гіперлордоз; анталгічну деформацію тулуба у вигляді

кіфосколіозу та кіфозу зареєстровано приблизно з однаковою частотою. У групі ТЕД2 мала місце тенденція до розвитку анталгічного гіперлордозу - 3 з 4-х спостережень. (рис. 3.2).

В усіх випадках анталгічні деформації супроводжувалися міофіксацією тулуба.

Аналіз частоти типів гриж L_V–S_I міжхребцевого диска у групах ТЕД1 і ТЕД2 продемонстрував приблизно однакову частоту екструзій диска, розташованих латерально від центрального краю суглобової поверхні в аксіальній площині: латеральні грижі (27 % спостережень у групі ТЕД1 і 25 % у групі ТЕД2), форамінальні грижі (32 % і 25 % відповідно), екстрафорамінальні грижі міжхребцевого диска (22 % і 25 % відповідно) — рисунок 3.3.

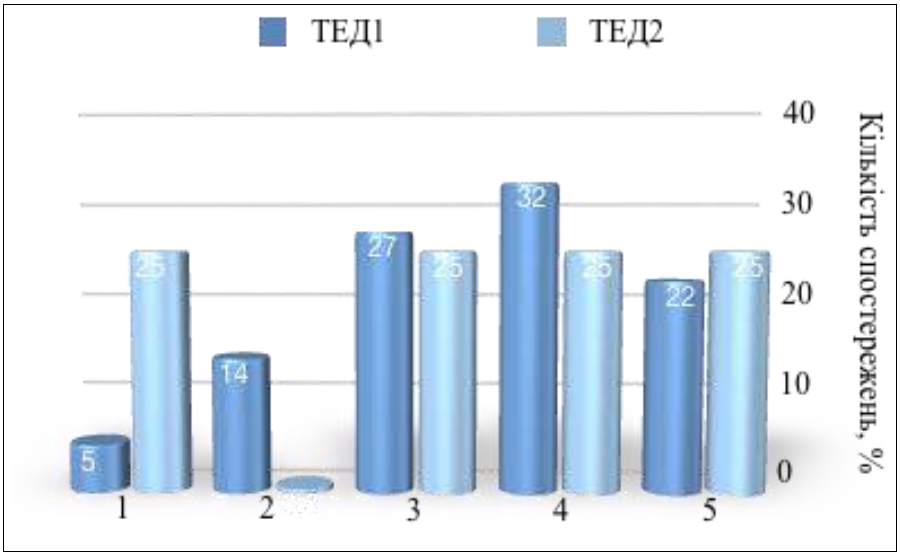


Рис. 3.3. Діаграма розподілу частоти типів гриж L_V–S_I міжхребцевого диска у пацієнтів з груп ТЕД1 і ТЕД2: 1 — центральні, 2 — парамедіанні, 3 — латеральні, 4 — форамінальні, 5 — екстрафорамінальні грижі

Результати рентгенологічних й МРТ-досліджень представлені у таблиці 3.1. Слід зазначити, що оцінка розташування найвищої точки гребеня клубової кістки відносно ніжок L_{IV}, L_V хребців на поперековій спондилограмі у боковій проекції здійснювалася за методикою K. C. Choi зі співавт., згідно з якою розрізняються 3 типи висоти гребеня клубової кістки.

Таблиця 3.1

Рентгенологічні й МРТ передопераційні показники попереково-крижової ділянки у пацієнтів з груп ТЕД1 і ТЕД2

Показники	Групи	
	ТЕД1	ТЕД2
1	2	3
Тип висоти гребеня клубової кістки		
- Іа	60 %	25 %
- Іб	24 % ¶¶	25 %
- II	16 % ¶¶¶	50 %
- III	-	-
Висота клубової кістки, мм	12,4±0,3	15,0±1,2
Крижово-клубовий кут, град.	22,6±1,0	32,5±2,1
Міжпоперечна висота_іпсі, мм	3,8±0,2	1,8±0,3
Міжпоперечна ширина_іпсі, мм	9,7±0,2	11,0±0,4
МПП_іпсі	0,42±0,01	0,16±0,02
Міжпоперечна висота_контра, мм	3,1±0,2	2,3±0,5
Міжпоперечна ширина_контра, мм	10,5±0,2	10,3±0,5
МПП_контра	0,34±0,01	0,2±0,05
Сагіталізація СФ_іпсі	49 %	50 %
Сагіталізація СФ_контра	35 %	50 %
Орієнтація СФ_іпсі, град.	58,9±2,4	77,0±5,5
Орієнтація СФ_контра, град.	61,6±2,5	79,8±5,0
СФ-ТХ_іпсі, мм	1,5±0,3	3,8±0,5
СФ-ТХ_контра, мм	1,2±0,3	2,3±0,3
Висота міжхребцевого отвору, мм	5,3±0,2	4,0±0,7

Продовження таблиці 3.1

1	2	3
Ширина міжхребцевого отвору, мм	3,5±0,1	3,0±0,0
ФМО	1,6±0,2	1,2±0,2
Висота диска	2,7±0,1	2,7±0,5
Індекс диска	0,2±0,01	0,2±0,04
Поперековий лордоз LL, град.	49,8±1,0	61,0±3,1
Нахил крижів SS, град.	31,8±0,9	26,4±1,0

Примітка: ¶¶<0,01; ¶¶¶<0,001 для внутрішньогрупових відмінностей.

Тип I є висотою гребеня клубової кістки нижче горизонтальної лінії, що проходить по верхньому краю ніжки L_V хребця. Тип II вказує на висоту гребеня клубової кістки між горизонтальними лініями, що проходять по верхньому краю ніжки L_V і нижньому краю ніжки L_{IV} хребця. Тип III є висотою гребеня клубової кістки над горизонтальною лінією, що проходить по нижньому краю ніжки L_{IV} хребця [37] — рис. 2.1, В. При проведенні рентгенометричних досліджень виявилося, що найвища точка гребеня клубової кістки не перевищує горизонтальну лінію верхнього краю ніжки L_V. З урахуванням того, що середина ніжки L_V хребця може розглядатися як межа для традиційного супраіліального трансфорамінального доступу [37], тип I був розподілений на такі підтипи: Ia, який відповідає висоті гребеня клубової кістки нижче горизонтальної лінії, яка проходила через середину ніжки L_V хребця, та Iб, який містить відстань, розташовану між горизонтальною лінією середини ніжки L_V хребця та горизонтальною лінією верхнього краю ніжки L_V.

Серед досліджуваних рентгенологічних, рентгенометричних та МРТ-показників майже ідентичними у групах ТЕД1 й ТЕД2 виявилися переважно параметри морфології L_V–S_I сегмента: усі 3 параметри поперекових відростків (міжпоперечна висота МПВ, міжпоперечна ширина МПШ,

міжпоперечний проміжок МПП — відношення МПВ/МПШ) зі сторони, контралатеральної до локалізації грижі диску; сагіталізація суглобових фасеток з обох сторін, висота й індекс диска; а також 1 з 3-х параметрів міжхребцевого отвору (висота міжхребцевого отвору ВМО). Також близькими за значеннями були величини нахилу крижів SS. В той же час величина поперекового лордозу LL у хворих з групи ТЕД2 в середньому була у межах норми (61,0 ± 3,1)º, тоді як у пацієнтів з групи ТЕД1 спостерігалося сплощення поперекового вигину (49,8 ± 1,0)º. Звертає на себе увагу той факт, що у пацієнтів обох груп зареєстровано зменшення величини нахилу крижів SS порівняно з нормою: (28,8 ± 0,9)º у групі ТЕД1 та (26,4 ± 1,0)º у групі ТЕД2 (табл. 3.1). Таким чином, у групі ТЕД1 встановлено сплощення сагітального контуру попереково-крижового відділу хребта, коли є зменшення параметру LL із відповідним зменшенням показника SS. У групі ТЕД2 виявлено іншу картину: нормальна величина LL з меншим за норму показником SS. Іншими словами, у пацієнтів з групи ТЕД1 в середньому спостерігається сплощений, але збалансований сагітальний контур попереково-крижового відділу хребта, тоді як у хворих з групи ТЕД2 — нескомпенсовані зміни досліджених позиційних параметрів хребтово-тазового балансу. Слід зазначити, що зменшення кута нахилу крижів є сприятливим фактором для трансформінального доступу, збільшуючи можливість входу у робочу зону під необхідним кутом [102].

По всіх інших показниках морфометрії L_V–S_I сегмента та позиції гребеня клубової кістки спостерігалися суттєві відмінності. Однією з основних була різниця у показниках міжхребцевого отвору: у групі ТЕД1 він був ширшим (3,5 ± 0,1) мм та більш овальнимм за формою (1,6 ± 0,2) порівняно з групою ТЕД2 ((3,0 ± 0,0) мм та 1,2 ± 0,2 відповідно) — табл. 3.1. Отже, звуження міжхребцевого отвору — анатомічного каналу, через який здійснюється траснфоранінальний доступ, — потенціювало можливість виникнення технічних труднощів на самому початку дискектомії, при введені ендоскопу через робочий канал. Отримані намі дані

підтверджуються результатами дослідження Nikpour N et al. [126], згідно з якими зі зменшенням кута в основі трикутника Kambin зростає ризик ушкодження корінця спинномозкового нерва, що виходить.

У групі ТЕД1 превалював тип Іа висоти гребеня клубової кістки (60 % випадків); при цьому тип Іа у пацієнтів даної групи спостерігався достовірно частіше порівняно з типом Іб ($p < 0,01$) та II ($p < 0,001$). Порівняльний аналіз даних показників у досліджуваних групах дозволив встановити чітку тенденцію до переважання типу II та меншої частоти типу Іа висоти гребеня клубової кістки у групі ТЕД2 порівняно з групою ТЕД1. Висота клубової кістки ВКК — вертикальна відстань між найвищою точкою гребеня клубової кістки і серединою верхньої замикальної пластинки S1, — що вимірялася за методикою Choi KC et al [37], була меншою у групі ТЕД1 порівняно з групою ТЕД2: (12,4 ± 0,3) мм та (15,0 ± 1,2) мм відповідно. Також у групі ТЕД1 зареєстровано меншу величину крижово-клубового кута (табл. 3.1). Таким чином, у групі ТЕД2 частіше спостерігався тип II висота розташування гребеня клубової кістки відносно ніжки L_{IV}, L_V хребців, при якому застосування традиційного супраіліального трансформамінального доступу до грижі $L_V–S_I$ міжхребцевоо диска може бути технічно утрудненим.

Суттєво відрізнялися між групами й усі три показники поперечних відростків L_V хребця зі сторони, іпсілатеральної до грижі міжхребцевого диска. Найбільші відмінності виявлено для міжпоперечної висоти МПВ_іпсі ((3,8 ± 0,2) мм у групі ТЕД1 та (1,8 ± 0,3) мм у групі ТЕД2) міжпоперечного проміжку МПП _іпсі (0,4 ± 0,01 та 0,16 ± 0,02 відповідно). Різниця у показниках міжпоперечної ширини була дещо меншою ((9,7 ± 0,2) мм та (11,0 ± 0,4) мм відповідно) — табл. 3.1. Такі результати свідчать про збільшені розміри поперечних відростків L_V хребця та суттєве зменшення відстані між поперечним відростком L_V та крилами крижів зі сторони робочого каналу, що ускладнює трансформамінальний доступ до грижі $L_V–S_I$ міжхребцевого диска.

У групі ТЕД2 простежувалася тенденція до сагіталізації та супутньої гіпертрофії суглобових фасеток з обох сторін (іпсі- та кнтралатеральної по відношенню до грижі диска), що зумовило суттєве збільшення відстані суглобова фасетка-тіло хребця також з обох сторін.

Враховуючи той факт, що верхній суглобовий відросток є задньою стороною трикутника Kambin [69] і що ендоскоп входить у міжхребцевий отвір над суглобовим виростком, збільшення відстані СФ-ТХ у групі ТЕД2 ((3,8 ± 0,5) мм) порівняно з групою ТЕД1 ((1,5 ± 0,3) мм) у поєднанні із сагіталізацією суглобових фасеток ((77,0 ± 5,5)º та (58,9 ± 2,4)º відповідно) з іпсілатеральної до грижі диска сторони (табл. 3.1) могли створити певні труднощі під час трансфораміналього доступу до грижі L_V–S_I диска.

Дослідження ступеня дегенеративних змін у трьох нижньопоперекових сегментах за класифікаціями Modic з співавт. [121] продемонстрували збільшення дегенеративних змін за типом Modic III в каудальному напрямі з 30 % на рівні L_{III}–L_{IV} до 40 % у сегменті L_{IV}–L_V і 80 % на рівні L_V–S_I у групі ТЕД1 (рис. 3.4).

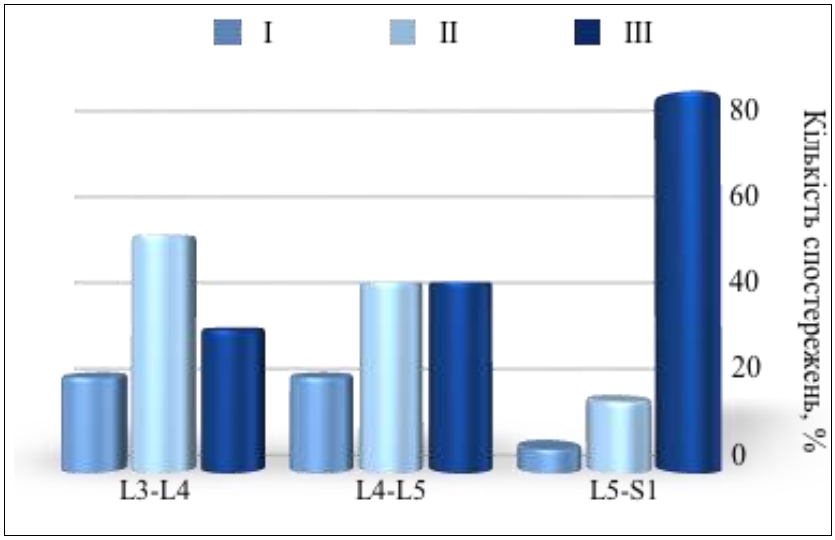


Рис. 3.4. Діаграми частоти розподілу типів дегенерації кісткової тканини тіл хребців за Modic з співавт. [121] у нижньопоперекових сегментах пацієнтів з групи ТЕД1

Ступінь дегенерації замикальних пластинок тіл нижньопоперекових хребців за типом Modic III відповідає відтворенню субхондарального

склерозу на спондилограмах і свідчить про суттєве порушення трофіки і метаболізму в екстрацеллюлярному матриксі драглистого ядра міжхребцевого диска зі зниженням його структурно-функціональних властивостей [147], у першу чергу — здатності до перерозподілу компресійних навантажень та опороспроможності
[132, 155].

У групі ТЕД2 спостерігався ідентичний розподіл ступеней дегенерації тіл нижньопоперекових хребтових сегментів (рис. 3.5). Слід відмітити низький відсоток незначно виражених дегенеративних змін за типом Modic I, коли ще зберігається гідратація замикальних пластинок тіл хребців, однак гідратація є надмірною (реєстрація гіперінтесивного сигналу на Т1- та Т2-завжених МРТ), що свідчить про наявність асептичного запалення і набряк [121].

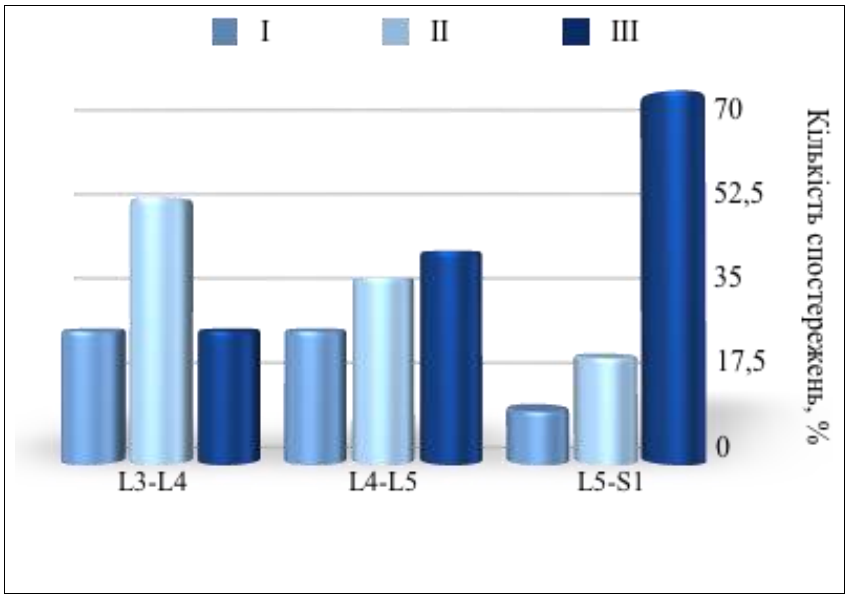


Рис. 3.5 Діаграми частоти розподілу типів дегенерації кісткової тканини тіл хребців за Modic з співавт. [121] у нижньопоперекових сегментах пацієнтів з групи ТЕД2

Схожі тенденції виявлені при аналізі дегенеративних змін міжхребцевих дисків нижньопоперекового відділу хребта за Pffirmann з

співавт. [142]. Слід відзначити превалювання V стадії дегенерації L_V–S_I диска в обох групах (рис. 3.6, 3.7).

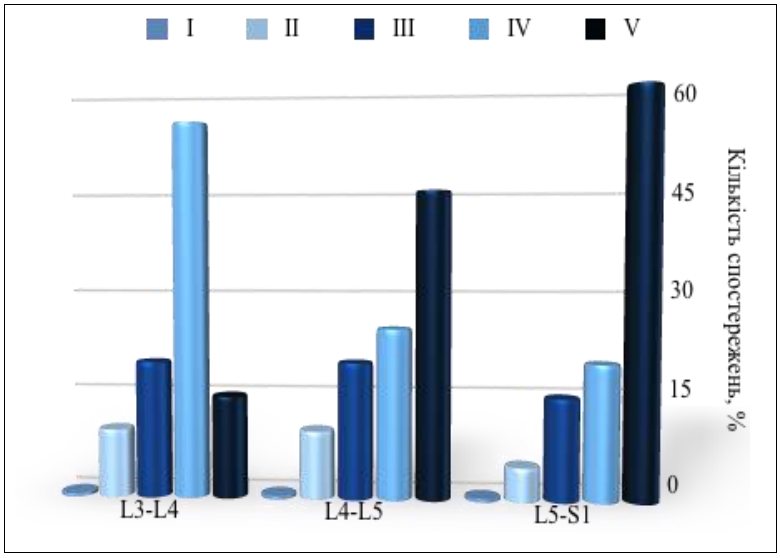


Рис. 3.6. Діаграми частоти розподілу типів дегенерації замикальних пластинок нижньопоперекових міжхребцевих дисків за Pffirmann з співавт. [142] у пацієнтів з групи ТЕД1

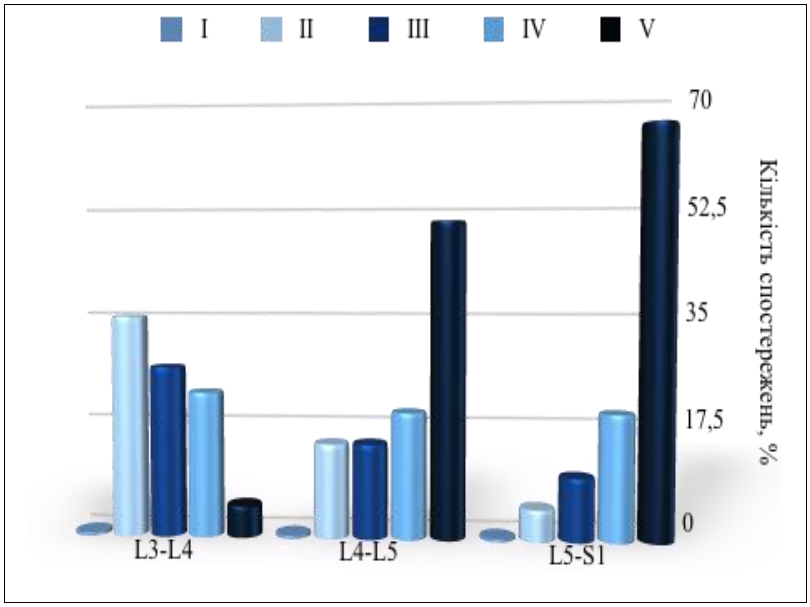


Рис. 3.7. Діаграми частоти розподілу типів дегенерації замикальних пластинок нижньопоперекових міжхребцевих дисків за Pffirmann з співавт. [142] у пацієнтів з групи ТЕД2

Цікаво відмітити, що виражені дегенеративні зміни у люмбосакральному сегменті з грижею міжхребцевого диска є чинником, що

може ускладнити виконання трансформамінального доступу [24, 182] через дегенеративні гіперпластичні деформації поперекових та суглобових відростків, сагітальну орієнтацію дуговідросткових суглобів, зниження висоти міжхребцевого диска з інклінацією суглобових відростків і зменшення вертикальної відстані між поперечними відростками L_V хребця і крилами крижів [118, 156, 196]. В той же час зміни замикальних пластинок за типом Modic I та дегенеративні зміни міжхребцевого диска за типом Pffirmann II є чинниками, що потенціюють рецидив грижі міжхребцевого диска саме через гіпергідратацію таких елементів міжхребцевого диска як драглисте ядро та замикальні пластинки [118, 121, 123]. На початкових стадіях дегенеративного процесу відбуваються і порушення цілості фіброзного кільця з мікророзривами та мікротріщини, які за певних умов можуть стати вихідними воротами для пролабування фрагментів драглистого ядра з формуванням внутрішньодискових переміщень драглисто ядра або протрузії міжхребцевого диска [118, 136, 143, 155].

Таким чином, за результатами порівняльного аналізу клініко-рентгенологічних, рентгенометричних й МРТ-показників у групах ТЕД1 і ТЕД2 встановлені найбільш суттєві відмінності структурних параметрів, які визначають кут входу ендоскопу у робочу зону, межі трикутника Kambin й рентгенанатомію міжхребцевого отвору. У групі ТЕД1 порівняно з групою ТЕД2 визначалося більш низьке положення гребеня клубової кістки відносно L_V хребця, ширший міжхребцевий отвір, менший крижово-клубовий кут, менш широкий поперечний відросток L_V хребця, розташований більш високо по відношенню до крил крижів, більш сагітально орієнтовані дуговідросткові суглоби, зменшена відстань суглобова фасетка-тіло хребця.

Слід зазначити, що отримані результати мають характер тенденцій через незначний обсяг виборки (n = 4) насамперед у групі ТЕД2. З метою об’єктивізації результатів дослідження був проведений порівняльний аналіз клінічних, рентгенологічний й МРТ-даних пацієнтів із групи ТЕД1 з

аналогічними параметрами хворих із груп ІЕД та ВМДЕ. Порівняння даних у групах ТЕД1 та ІЕД було зумовлено тим, що у разі прийняття рішення щодо хірургічного лікування грижі $L_V–S_I$ диска із застосуванням ендоскопічної техніки вибір методу видалення грижі здійснюється між інтерламінарним та трансфораміальним доступом [122, 161]. Порівняльний аналіз даних з груп ТЕД1 і ВМДЕ проводився з урахуванням конверсії трансфораміальної ендоскопічної дискектомії у відкриту дискектомію, а також подібних післяопераційних результатів [55, 56, 70].

3.2.2 Порівняльний аналіз результатів клініко-рентгенологічних досліджень у групах ТЕД1 та ІЕД

Тривалість «грижового» анамнезу у групі ІЕД була дещо більшою порівняно з групою ТЕД1, але без достовірної різниці: (10,57 ± 0,28) міс. і (8,41 ± 0,22) міс. відповідно.

В обох досліджуваних групах незначно переважала лівостороння локалізація радикулалгії (рис. 3.8). Міотонічні реакції паравертебральних м’язів у групі ІЕД найчастіше проявлялися анталгічною кіфосколіотичною дефомацією тулуба (57 % спостережень); частота формування анталгічного кіфосколіозу у групі ІЕД незначно переважала аналогічну деформацію тулуба у пацієнтів з групи ТЕД1 (46 %). Найрідше в обох групах режструвався анталгічний гіперлордоз (17 % і 10 % випадків відповідно) — рис. 3.8.

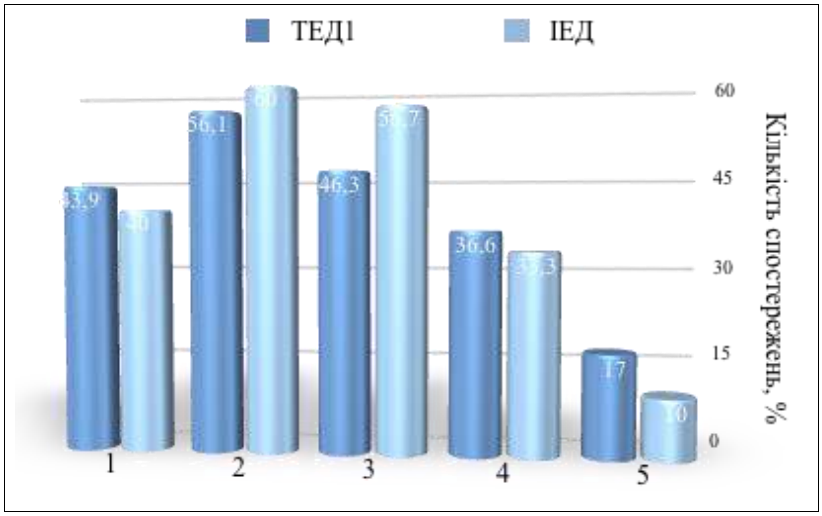


Рис. 3.8. Діаграма розподілу частоти радикулалгії (1 — справа, 2 — зліва) та анталгічних деформацій тулуба (3 — кіфосколіоз, 4 — кіфоз, 5 — гіперлордоз) у пацієнтів з груп ТЕД1 та ІЕД

У всіх хворих обох груп гіпертонус довгих паравертебральних м'язів супроводжувався функціональною блокадою поперекового відділу хребта з відсутністю рухів у сагітальній площині (згинання / розгинання), значним обмеженням амплітуди рухів у фронтальній площині (бокові нахили тулуба вправо та вліво). Обмеження ротації тулуба, як правило, не фіксувалося.

У пацієнтів з групи ІЕД найчастіше реєструвалися центральні (40 %) та парамедіанні грижі $L_V–S_I$ міжхребцевого диска (30 %), що достовірно ($p < 0,001$ та $p < 0,05$ відповідно) переважає частоту аналогічних типів гриж люмбосакрального диска у групі ТЕД1. Відповідно, у групі ТЕД1 достовірно частіше зафіксовані форамінальні ($p < 0,05$) й екстрафорамінальні грижі ($p < 0,001$). Латеральні грижі $L_V–S_I$ міжхребцевого диска спостерігалися у групах ТЕД1 та ІЕД приблизно з однаковою частотою (рис. 3.9).

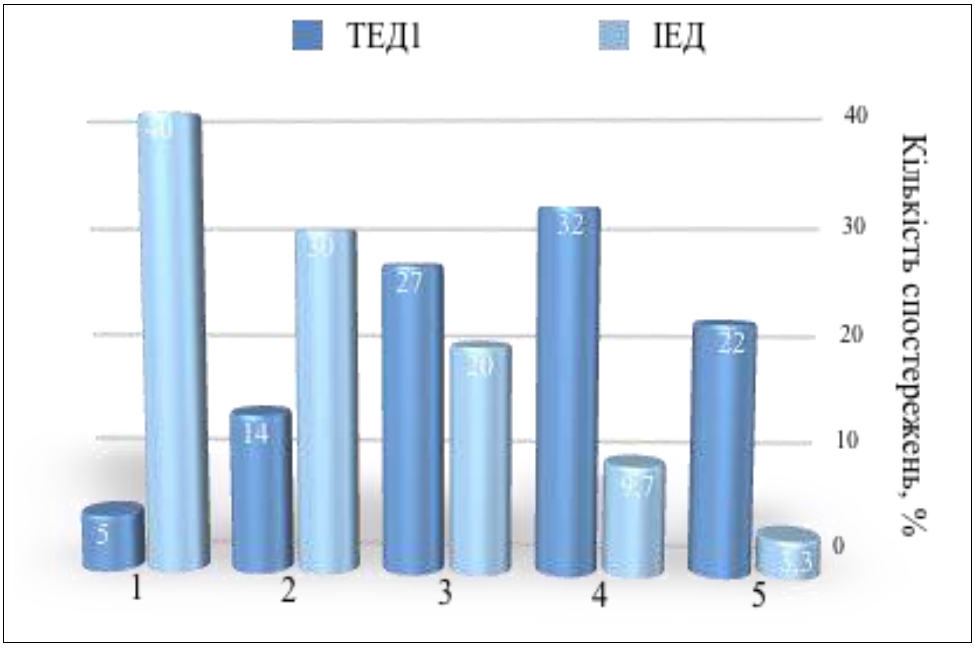


Рис. 3.9. Діаграма розподілу частоти типів гриж L_V–S_I міжхребцевого диска у пацієнтів з груп ТЕД1 та ІЕД: 1 — центральні, 2 — парамедіанні, 3 — латеральні, 4 — форамінальні, 5 — екстрафорамінальні грижі

Дані візуалізації нижньопоперекових сегментів пресдавлені в таблиці 3.2.

Достовірно у групах ТЕД1 і ІЕД розрізнялися показники позиції таза відносно L_V–S_I сегмента, а також орієнтації суглобових фасеток та їх положення відносно тіла хребця (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Рентгенологічні й МРТ передопераційні показники попереково-крижової ділянки у пацієнтів з груп ТЕД1 та ІЕД

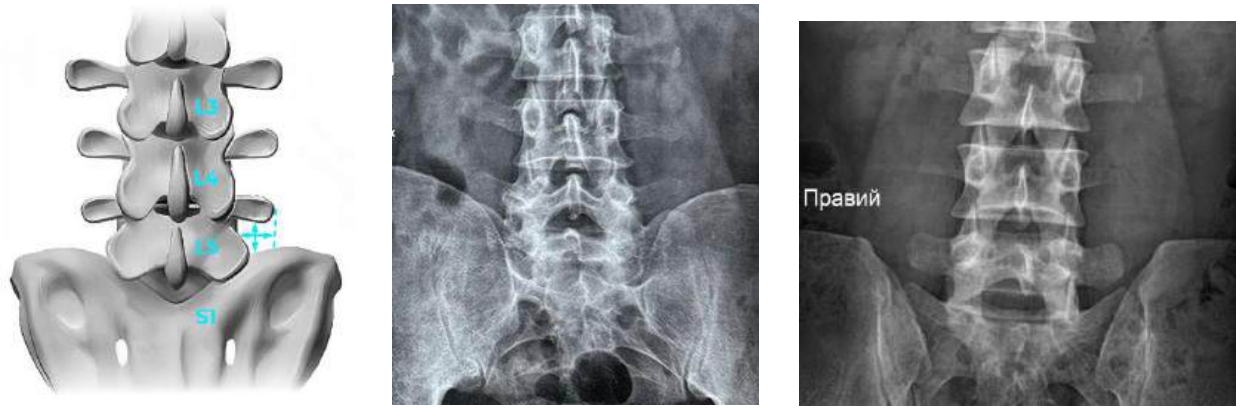
Показники	Групи		P
	ТЕД1	ІЕД	
1	2	3	4
Тип висоти гребеня клубової кістки			
- Іа	60 %	23 %	t=2,5; p<0,05
- Іб	24 %	20 %	t=0,76; p > 0,05

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4
- II	16 %	34 %	t=2,2; p<0,05
- III	—	23 %	t=6,1; p<0,001
Висота клубової кістки, мм	12,4±0,3	15,1±0,5	t=4,4; p<0,001
Крижово-клубовий кут, град.	22,6±1,0	31,2±0,8	t=2,7; p < 0,05
Міжпоперечна висота_іпсі, мм	3,8±0,2	3,1±0,1	t=2,2; p < 0,05
Міжпоперечна ширина_іпсі, мм	9,7±0,2	9,1±0,3	t=1,7; p > 0,05
МПВ/МПШ_іпсі	0,42±0,01	0,29±0,01	t=1,1; p > 0,05
Міжпоперечна висота_контра, мм	3,1±0,2	3,0±0,2	t=0,73; p > 0,05
Міжпоперечна ширина_контра, мм	10,5±0,2	11,4±0,2	t=2,0; p<0,05
МПВ/МПШ_контра	0,34±0,01	0,31±0,01	t=0,34; p > 0,05
Сагіталізація СФ_іпсі	49 %	67 %	t=0,88; p > 0,05
Сагіталізація СФ_контра	35 %	53 %	t=0,67; p > 0,05
Орієнтація СФ_іпсі, град.	58,9±2,4	72,9±2,8	t=2,3; p < 0,05
Орієнтація СФ_контра, град.	61,6±2,5	78,6±2,7	t=2,2; p<0,05
СФ/ТХ_іпсі, мм	1,5±0,3	2,6±0,3	t=2,3; p < 0,05
СФ/ТХ_контра, мм	1,2±0,3	2,7±0,2	t=2,2; p < 0,05
Висота міжхребцевого отвору, мм	5,3±0,2	4,1±0,3	t=2,0; p > 0,05
Ширина міжхребцевого отвору, мм	3,5±0,1	3,0±0,1	t=1,9; p > 0,05
ВМО/ШМО	1,6±0,2	1,1±0,1	t=0,73; p > 0,05
Висота диска, мм	2,7±0,1	2,4±0,1	t=1,9; p > 0,05
Індекс диска	0,2±0,01	0,2±0,01	t=1,6; p > 0,05
Поперековий лордоз LL, град.	49,8±1,0	48,4±1,2	t=0,84; p > 0,05
Нахил крижів SS, град.	31,8±0,9	29,4±1,0	t=1,8; p > 0,05

Для типів висоти гребеня клубової кістки відносно L_{IV}, L_V хребців було характерним достовірне переважання типу Ia у групі ТЕД1 ($p < 0,05$) та значуще превалювання типів II і III у групі ІЕД ($p < 0,05$ та $p < 0,001$ відповідно). Висота розташування гребеня клубової кістки відносно S1 хребця, а також крижово-клубовий кут у групі ІЕД були більшими порівняно з групою ТЕД1 ($p < 0,05$ та $p < 0,001$ відповідно) — табл. 3.2. Іншими словами, у пацієнтів, оперованих із застосуванням трансформінальної дискектомії, розташування гребеня клубової кістки було достовірно нижчим порівняно із позицією клубової кістки при виконанні інтерламінарної дискектомії грижі $L_V–S_I$ міжхребцевого диска.

Серед показників величини і позиції поперечних відростків Lv хребця достовірні відмінності виявлені тільки по величині міжпоперечної висоти із сторони, іпсілатеральної до розташування грижі $L_V–S_I$ диска ($p < 0,05$). Параметри міжпоперечної ширини з іпсілатеральної сторони (по відношенню до грижі диска) суттєво відрізнялися у групах ТЕД1 ті ІЕД, але без статистичної достовірності (рис. 3.10).



а б в

Рис. 3.10. Схема вимірювання параметрів величини і позиції поперечних відростків L_V хребця (а) та поперекові спондилограми у передньо-задній проекції пацієнтів з правосторонніми грижами $L_V–S_I$ міжхребцевого диска з груп ІЕД (б) та ТЕД1 (в). Б: МПВ_іпсі = МПВ_контра = 1 мм; МПШ_іпсі = 10 мм; МПШ_контра = 9 мм; В: МПВ_іпсі = МПВ_контра = 4 мм; МПШ_іпсі = 6 мм; МПШ_контра = 7 мм

Виходячи з факту, що відмінності між досліджуваними групами вважалися достовірними за умов величини t-критерія Стьюдента ≥ 2,2 [93], різниця між МПШ_іпсі у групах ТЕД1 та ІЕД склала: t = 1,7 ((9,7 ± 0,2) мм та (9,1 ± 0,3) мм відповідно; p > 0,05). МПП_іпсі, а також усі показники щодо поперечних відростків з контралатеральної сторони розрізнялися між собою недостовірно і несуттєво (табл. 3.2).

Ідентична ситуація простежувалася і при порівнянні параметрів щодо міжхребцевого отвору та L_V–S_I міжхребцевого диска у досліджуваних групах. Різниця між показниками висоти й ширини міжхребцевого отвору у групах ТЕД1 та ІЕД виявилася статистично недостовірною, але суттєвою, про що свідчить величина t-критерію Стьюдента: для ВМО t = 2,0; p > 0,05; для ШМО t = 1,9; p > 0,05. Аналогічно, для висоти міжхребцевого диска t = 1,9; p > 0,05; для індекса диска t = 1,6; p > 0,05 (табл. 3.2).

Сагітальний контур попереково-крижового відділу хребта (поперековий лордоз LL й нахил крижів SS) в обох групах були майже ідентичними (табл. 3.2).

Орієнтація суглобових фасеток з обох сторін (іпсі- та контралатеральної по відношенню до грижі диска) у групі ТЕД1 була значимо меншою, ніж у групі ІЕД (по p < 0,05 для кожної із сторін). Суглобові фасетки дуговідростчатих суглобів у пацієнтів з групи ІЕД частіше мали сагітальну орієнтаціє, але ці показники не мали достовірних відмінностей. Відповідно, і відстань між суглобовою фасеткою та тілом хребця, також з обох сторін відносно грижі диска, у групі ТЕД1 була достовірно меншою порівняно з групою ІЕД: СФ-ТХ_іпсі: (1,5 ± 0,3) мм та (2,6 ± 0,3) мм відповідно; p < 0,05; СФ-ТХ_контра: (1,2 ± 0,3) мм та (2,7 ± 0,3) мм відповідно; p < 0,05 (табл. 3.2).

Результати рентгенометрічних досліджень у групах ТЕД1 та ІЕД дозволили встановити, що за умов задньолатерального доступу у сегменті L_V–S_I спостерігалися потенційно сприятливі умови для

трансформамінального видалення грижі люмбосакрального диска. Більш широкий робочий канал з пологішим кутом положення ендоскопа, порівняно з даними з групи ІЕД, був забезпечений достовірно ($p < 0,05$) більш низьким проекційним розташуванням гребеня клубової кістки, меншим кутом нахилу, більш коротким й достовірно ($p < 0,05$) більш високим положенням поперечного відростка L_V хребця відносно крил крижів, більшою величиною міжхребцевого отвору. У разі гіпертрофії верхнього суглобового відростка S_I хребця виконувалася обмежена парціальна фасетектомія, яка рідко супроводжувалася кровотечею та не призводила до критичної втрати кісткової тканини і, відповідно, до зниження опороспроможності сегмента.

Подальше підвищення ефективності хірургічного малоінвазивного видалення гриж L_V–S_I міжхребцевих дисків потребує визначення кількісних рентгенометричних ознак, за допомогою яких можна бути планувати метод й обсяг ендоскопічної дискектомії на передопераційному етапі.

Слід відзначити наявність повідомлень щодо сильного кореляційного зв’язку між згладженим сагітальним контуром попереково-крижового відділу хребта та значними дегенеративними змінами поперекових сегментів за Modic [123]. Такий сильний взаємозв’язок сагітального хребтово-тазового балансу та дегенеративних змін поперекових сегментів на рівні дегенеративнго кіфозу автори пояснюють тим, що формування дегенеративної деформації хребта відбувається впродовж тривалого часу, і поперекові хребтові сегменти увесь цей час піддаються надмірним стресовим навантаженням, у першу чергу компресійним, що і призводитьдо патологічної перебудови замикальних пластинок й губчастої кістки тіла хребця, що підлягає [123].

Статистичні дослідження міжгрупової різниці ступеня дегенеративних змін нижньопоперекових сегментів виявили достовірно

меншу дегенерацію кісткової тканини тіл хребців й суміжних замикальних пластинок за Modic з співавт. [121] у сегментах L3–L4 ($p < 0,05$) та L_{IV}–L_V ($p < 0,01$) у групі ІЕД (рис. 3.11) порівняно з групою ТЕД1 (рис. 3.4). Також у групі ІЕД встановлено достовірно меншу ступінь дегенерації міжхребцевих дисків за Pffirmann з співавт. [142] у сегментах L_{III}–L_{IV} ($p < 0,05$) та L_{IV}–L_V ($p < 0,05$) порівняно з групою ТЕД1 (рис. 3.6 та 3.12 відповідно).

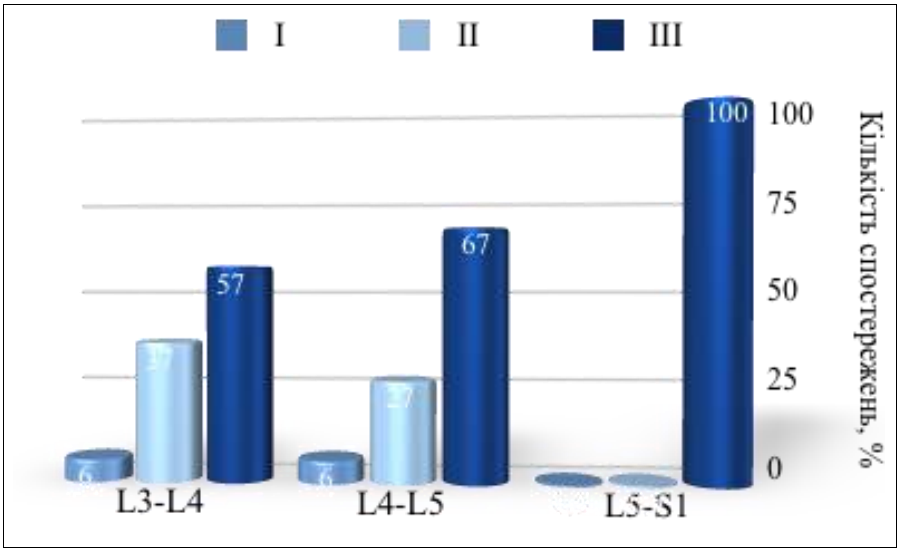


Рис. 3.11. Діаграми частоти розподілу типів дегенерації кісткової тканини тіл хребців за Modic з співавт. [121] у нижньопоперекових сегментах пацієнтів з групи ІЕД

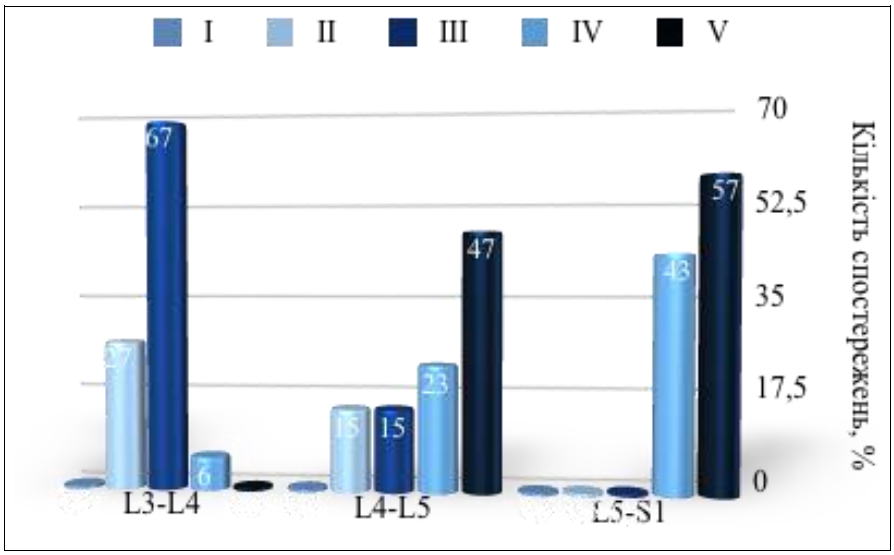
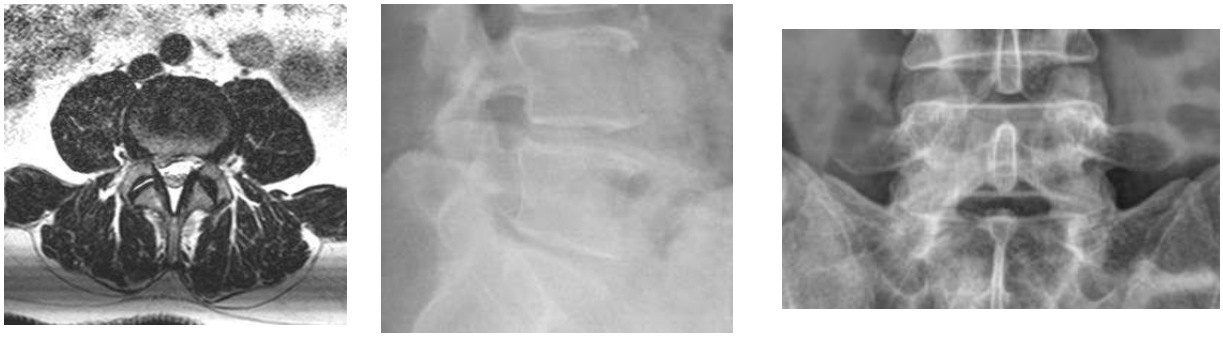


Рис. 3.12. Діаграми частоти розподілу типів дегенерації замикальних пластинок нижньопоперекових міжхребцевих дисків за Pffirmann з співавт. [142] у пацієнтів з групи ІЕД

Дослідження ступеня дегенерації у сегменті L_V–S_I у групі ІЕД за класифікаціями Modic з співавт. [121] (рис. 3.11) та Pfirmann з співавт. [142] (рис. 3.12) дозволили встановити більшу кількість випадків з дегенеративними змінами у кістковій тканині хребців та міжхребцевому диску порівняно з групою ТЕД1 (рис. 3.4, 3.6 відповідно), однак без статистично значимих відмінностей: 80 % і 100 % відповідно. Превалювання найбільш виражених дегенеративних змін у цільовому хребтовому сегменті у групі ІЕД порівняно з групою ТЕД1 уявляється цілком логічним. Згідно з класифікаціями Modic з співавт. [121] та Pfirmann з співавт. [142], міжхребцевий диск L_V–S_I візуалізується як «чорний диск» («black disc») з гіпоінтенсивним МРТ-сигналом, відсутньою межею між драглистим ядром та фіброзним кільцем, нормальною або різько зниженою висотою міжхребцевого диска [142] та субхондральним склерозом [121]. В умовах втрати висоти диска відбувається інклінація нижніх суглобових відростків L_V хребця та верхніх суглобових відростків S_I, гіперпластична деформація цих суглобових відростків, зменшення вертикальної відстані між поперечними відростками L_V хребця та крилами крижів. Іншими словами, відбувається зменшення розміру робочої зони трикутника Kambin через зближення гіпертрофірованих суглобових відростків, потовщення верхньої замикальної пластинки S_I хребця, а також збільшення кута входу ендоскопа в міжхребцевий отвір. Така ситуація створює певні технічні труднощі для виконання трансформамінального доступу, в тому числі за умов парціальної фасетектомії верхнього суглобового відростка S_I. Якщо у такого пацієнта на передньо-заднійй оглядовій рентгенограмі попереково-крижового відділу хребта визначиться високе стояння гребеня клубової кістки, це технічно значно утруднює виконання ендоскопічної

трансформамінальної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска (рис. 3.13).



а б в

Рис. 3.13. МРТ-скан та оглядові рентгенограми попереково-крижового відділу хребта пацієнта Б., 42 років. а - екстрафорамінальна грижа L_V–S_I міжхребцевого диска, відстань СФ/ТХ_іпсі = +3 мм (латеральний край суглобової фасетки дуговідросткового суглоба виходить за межі тіла хребця зі сторони передбачуваного трансформамінального доступу), зниження висоти L_V–S_I міжхребцевого диска (індекс висоти диска = 0,12), міжпоперечної висота_іпсі = 1,5 мм

Таким чином, порівняльний аналіз рентгенологічних і рентгенометричних ознак пацієнтів з груп ТЕД1 та ІЕД продемонстрував достовірно більш низьке розташування гребеня клубової кістки відносно L_V ($p < 0,05$) та S_I ($p < 0,001$) хребців; достовірно менші розміри крижово-клубового кута ($p < 0,05$), міжпоперечної висоти МПВ_іпсі ($p < 0,05$), міжпоперечної ширини МПШ_контра ($p < 0,05$), достовірно горизонтальнішу орієнтацію суглобових фасеток з обох сторін (по $p < 0,05$ з кожної сторони) та меншу відстань між латеральним краєм суглобової фасетки дуговідросткового суглоба та краєм тіла хребця з обох сторін (по $p < 0,05$ з іпсілатеральної та контралатеральної сторони) у групі ТЕД1 порівняно з групою ІЕД.

За результатами МРТ-ознак виявлено достовірно більшу ступінь дегенеративних змін за класифікацією Modic у сегментах L_{III}–L_{IV} ($p < 0,05$) та L_{IV}–L_V ($p < 0,01$) у групі ІЕД порівняно з групою ТЕД1. Також у групі

ТЕД встановлено достовірно меншу ступінь дегенерації міжхребцевих дисків за Pffirmann у сегментах L_{III}–L_{IV} ($p < 0,05$) та L_{IV}–L_V ($p<0,05$) порівняно з групою ТЕД1. На рівні L_V–S_I ступінь дегенеративних змін за класифікаціями Modic та Pffirmann також була меншою у групі ТЕД1 порівняно з групою ІЕД, однак без стаистичної достовірності.

3.2.3 Порівняльний аналіз результатів клініко-рентгенологічних досліджень у групах ТЕД1 та ВМДЕ

Порівняння тривалості «грижового» анамнезу у групах ТЕД1 та ВМДЕ не виявило статистично достовірної різниці: (8,41 ± 0,22) міс. та (11,03 ± 0,11) міс. відповідно. Слід зазначити, що тривалість хвороби у групі ВМДЕ була трохи довшою порівняно з групою ІЕД ((10,57 ± 0,28) міс.).

У групі ВМДЕ, як і у групі ТЕД1, незначно переважала лівостороння локалізація болю, відбитого у нижню кінцівку (рис. 3.14). Серед анталгічних деформацій тулуба також у обох групах найчастіше формувався кіфосколіоз (46 % випадків у групі ТЕД1; 61 % — у групі ВМДЕ).

Анталгічний кіфоз зареєстровано в обох групах майже з однаковою частотою (37 % та 30 % відповідно). Анталгічний гіперлордоз зустрічався рідше за інші функціональні деформації хребта у даної категорії пацієнтів: 17 % та 9 % відповідно (рис. 3.14).

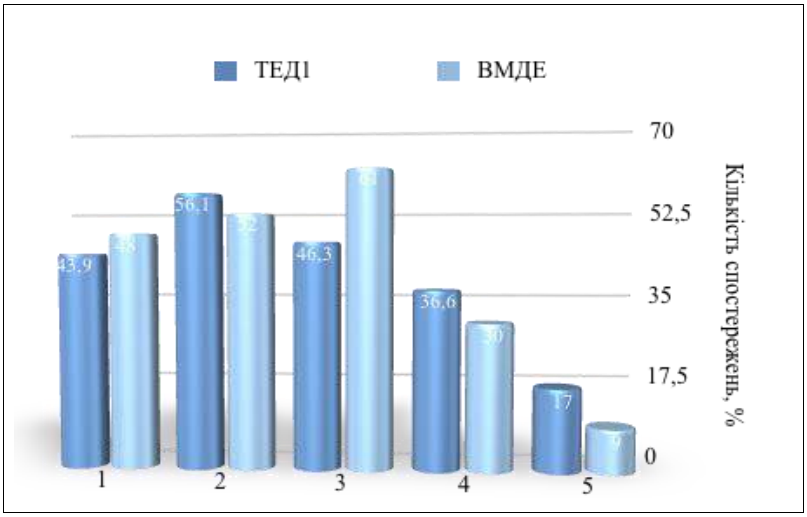


Рис. 3.14. Діаграма розподілу частоти радикулалгії (1 — справа, 2 — зліва) та анталгічних деформацій тулуба (3 — кіфосколіоз, 4 — кіфоз, 5 — гіперлордоз) у пацієнтів з груп ТЕД1 та ВМДЕ

Розподіл гриж $L_V–S_I$ міжхребцевого диска за типами в обох групах ТЕД1 і ВМДЕ був майже ідентичним. Найчастішими типами видалених гриж $L_V–S_I$ міжхребцевого диска в обох групах були латеральні (27 % у групі ТЕД1; 30 % у групі ВМДЕ) та форамінальні грижі (32 % та 26 % відповідно). Рідше за інших спостерігалися центральні грижі диска у групі ТЕД1 (5 %) та екстрафорамінальні (9 %) у групі ВМДЕ (рис. 3.15).

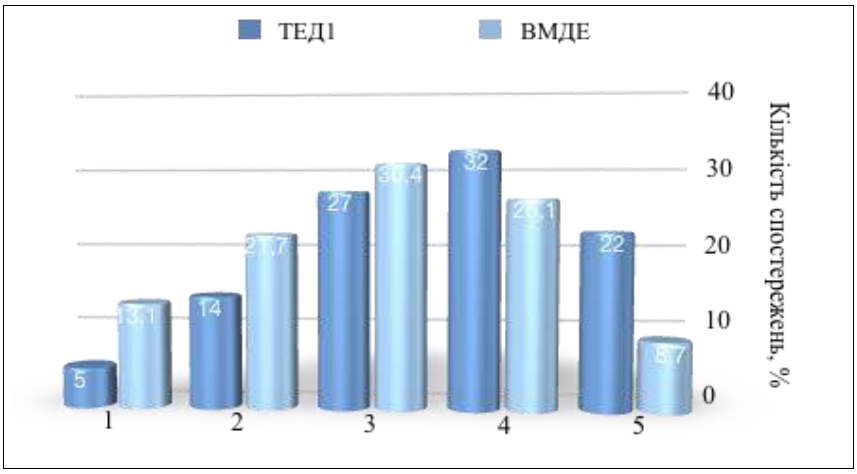


Рис. 3.15. Діаграма розподілу частоти типів гриж $L_V–S_I$ міжхребцевого диска у пацієнтів з груп ТЕД1 та ВМДЕ: 1 — центральні, 2 — парамедіанні, 3 — латеральні, 4 — форамінальні, 5 — екстрафорамінальні грижі

За результатами досліджень даних візуалізації попереково-крижового відділу хребта встановлено наступне. Достовірною рентгенологічною ознакою, що розрізняла групи ТЕД1 та ВМДЕ, виявилася висота гребеня клубової кістки відносно люмбосакрального сегмента: тип Іа достовірно частіше спостерігався у групі ТЕД1 (60 % против 4 % у групі ВМДЕ; $p < 0,001$).

У групі ВМДЕ, навпаки, достовірно частіше зустрічалися II ($p < 0,05$) та III ($p < 0,001$) типи висоти гребеня клубової кістки. Іншими словами, у

групі ТЕД1 найчастіше гребень клубової кістки розташовувася нижче горизонтальної лінії, що проходила через середину ніжки L_V хребця, тоді як у групі ВМДЕ — вище горизонтальної лінії, що проходила через верхній край ніжки L_V хребця та, частіше, — над горизонтальною лінією, яка проходила по нижньому краю ніжки L_{IV} хребця (табл. 3.3). Низьке позиційне розташування гребеня клубової кістки забезпечує можливість традиційного супраіліального трансформамінального доступу у разі дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска [114] з використанням, за необхідності, форамінотомії або фасетектомії суглобового відростка S1 [31, 90, 146].

Достовірні відмінності виявлені і між іншими параметрами позиції гребеня клубової кістки відносно S_I хребця: у групі ТЕД1 середній показник висоти клубової кістки та середня величина крижово-клубового кута були меншими порівняно з ВКК та ККТ з групи ВМДЕ (по $p < 0,05$) — табл. 3.3.

Відмінності між усіма параметрами міжхребцевого отвору також виявилися статистично достовірними: у пацієнтів з групи ТЕД1 його висота і ширина в середньому були більшими порівняно з групою ВМДЕ: для ВМО ((5,3 ± 0,2) мм та (4,4 ± 0,3) мм відповідно; $p < 0,05$), для ШМО ((3,5 ± 0,1) мм та (2,6 ± 0,2) мм відповідно; $p < 0,05$). Форма міжхребцевого отвору у групі ТЕД1 була більш овальною, що достовірно відрізняло її від ФМО у групі ВМДЕ, яку було розцінено як більш вертикальну ($p < 0,05$) - табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Рентгенологічні й МРТ передопераційні показники попереково-крижової ділянки у пацієнтів з груп ТЕД1 та ВМДЕ

Показники	Групи		P
	ТЕД1	ВМДЕ	
1	2	3	4
Тип висоти гребеня клубової кістки			

1	2	3	4
- Ia	60 %	4 %	t=7,1; p<0,001
- Iб	24 %	13 %	t=1,5; p > 0,05
- II	16 %	57 %	t=3,1; p<0,05
- III	—	26 %	t=7,4; p<0,001
Висота клубової кістки, мм	12,4±0,3	15,6±0,8	t=2,8; p<0,05
Крижово-клубовий кут, град.	22,6±1,0	27,9±1,2	t=2,2; p< 0,05
Міжпоперечна висота_іпсі, мм	3,8±0,2	3,3±0,2	t=1,9; p > 0,05
Міжпоперечна ширина_іпсі, мм	9,7±0,2	10,6±0,4	t=1,7; p > 0,05
МПП (МПВ/МПШ_іпсі)	0,4±0,01	0,2±0,02	t=1,3; p > 0,05
Міжпоперечна висота_контра, мм	3,1±0,2	3,7±0,2	t=2,6; p<0,05
Міжпоперечна ширина_контра, мм	10,5±0,2	11,3±0,4	t=1,7; p > 0,05
МПП (МПВ/МПШ_контра_)	0,3±0,01	0,3±0,01	t=1,1; p > 0,05
Сагіталізація СФ_іпсі	49 %	67 %	t=1,9; p > 0,05
Сагіталізація СФ_контра	35 %	59 %	t=1,7; p > 0,05
Орієнтація СФ_іпсі, град.	58,9±2,4	69,9±2,9	t=1,9; p > 0,05
Орієнтація СФ_контра, град.	61,6±2,5	71,8±3,1	t=1,7; p > 0,05
СФ-ТХ_іпсі, мм	1,5±0,3	2,6±0,4	t=1,7; p > 0,05
СФ-ТХ_контра, мм	1,2±0,3	1,5±0,3	t=1,9; p > 0,05

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4
Висота міжхребцевого отвору, мм	5,3±0,2	4,4±0,3	t=3,1; p < 0,05
Ширина міжхребцевого отвору, мм	3,5±0,1	2,6±0,2	t=3,1; p<0,05
ФМО (ВМО/ШМО)	1,6±0,2	1,9±0,1	t=3,1; p<0,05
Висота диска, мм	2,7±0,1	2,2±0,1	t=1,7; p > 0,05
Індекс диска	0,24±0,01	0,19±0,01	t=1,3; p>0,05
Поперековий лордоз LL, град.	49,8±1,0	47,1±1,3	t=1,6; p > 0,05

Нахил крижів SS, град.	31,8±0,9	26,4±1,0	t=4,1; p < 0,001

Серед параметрів поперечних відростків з обох сторін достовірно більшою виявився лише показник МПВ_контра (p < 0,05). Усі параметри поперечних відростків L_V хребця зі сторони, іпсілатеральної до грижі L_V–S_I міжхребцевого диска, у групі ТЕД1 суттєво, але недостовірно відрізнялися від аналогічних показників з групи ВМДЕ. Так, t-критерій Стьюдента для показників МПВ_іпсі та МПШ_іпсі ненабагато відрізнявся від величини t-критерію, необхідного для досягнення статистично достовірної різниці між показниками (t ≥ 2,2) [93]. Для МПВ_іпсі t = 1,9 ((3,8 ± 0,2) мм у групі ТЕД1 та (3,3 ± 0,2) мм у групі ВМДЕ; p > 0,05); для МПШ_іпсі t = 1,7 ((0,4 ± 0,01) мм та (0,3±0,02) мм відповідно. Інші параметри поперечних відростків (МПП_іпсі, МПШ_контра, МПП_контра) у групах ТЕД1 та ВМДЕ також не мали достовірних відмінностей (табл. 3.3).

Така ж сама ситуація спостерігалася і при більш частих випадках сагіталізації суглобових фасеток з іпсі- та контралатеральної сторони відносно грижі L_V–S_I міжхребцевого диска, а також збільшених показниках орієнтації суглобових фасеток з обох сторін у групі ВМДЕ; менших розмірах відстані між суглобовою фасеткою та тілом хребця, а також більших величинах висоти й індексу диска у групі ТЕД1 (табл. 3.3).

Величини поперекового лордозу LL та нахилу крижів SS в обох групах відповідала сплощенню сагітального контуру попереково-крижового відділу хребта (табл. 3.3).

Сагітальний контур попереково-крижового відділу хребта в обох групах очікувано був майже ідентичним. Такий результат пояснюється наявністю в обох групах пацієнтів з грижею L_V–S_I міжхребевого диска, клінічна картина якої характеризується розвитком анталгічних міотонічних реакцій довгої паравертебральної мускулатури з формуванням анталгічного

кіфозу або кіфосколіозу. Анталгічні міотонічні реакції нерідко розвиваються в умовах дегенеративного сплощення поперекового лордозу [138, 143].

Характер дегенеративних змін у нижньопоперекових сегментах у групі ВМДЕ за класифікаціями Modic з співавт. [121] та Pfirmann з співавт. [142] представлений на рисунках 3.16 та 3.17 відповідно.

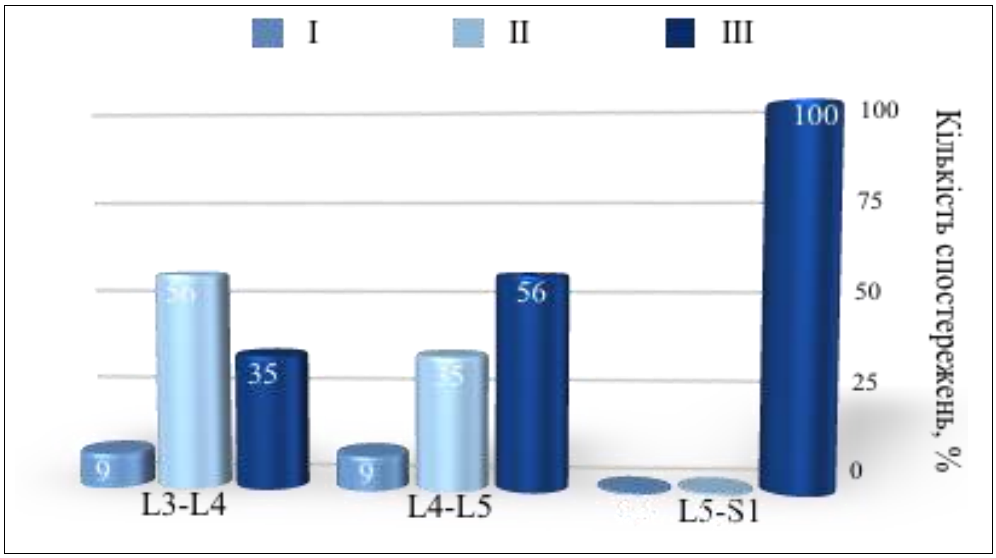


Рис. 3.16. Діаграми частоти розподілу типів дегенерації кісткової тканини тіл хребців за Modic з співавт. [121] у нижньопоперекових сегментах пацієнтів з групи ВМДЕ

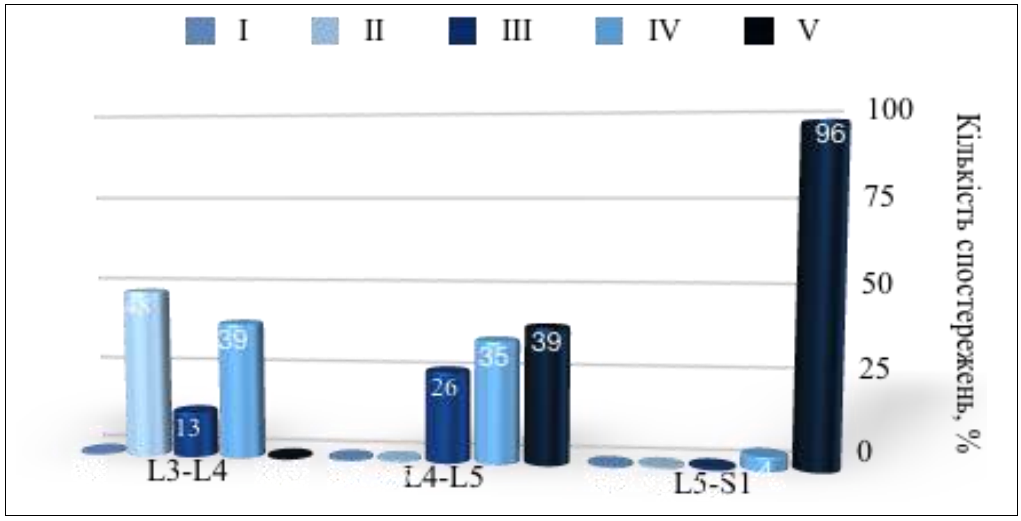


Рис. 3.17. Діаграми частоти розподілу типів дегенерації замикальних пластинок нижньопоперекових міжхребцевих дисків за Pffirmann з співавт. [142] у пацієнтів з групи ВМДЕ

Як і у групах ТЕД1 та ІЕД, у групі ВМДЕ ступінь дегенеративних змін наростає у каудальному напрямку. Порівняльний аналіз рівня дегенеративних проявів у кістковій тканині тіл хребців та замикальних пластинках за Modic з співавт. [121] у групах ТЕД1 та ВМДЕ (рис. 3.4 та 3.15 відповідно) виявив достовірні відмінності тільки для сегмента L_{IV}–L_V ($p < 0,05$). Аналогічна картина спостерігалася і у разі порівняння змін у міжхребцевих дисків за Pffirmann з співавт. [142] у досліджуваних групах (рис. 3.6, 3.17 відповідно): $p < 0,05$ для L_{IV}–L_V міжхребцевого диска. У L_{III}–L_{IV}, L_V–S_I міжхребцевих дисках достовірних змін між групами ТЕД1 та ВМДЕ не виявлено.

Таким чином, порівняльний аналіз рентгенологічних, рентгенометричних та МРТ-ознак попереково-крижового відділу хребта дозволив встановити достовірно нижчу позицію гребеня клубової кістки відносно L_V ($p < 0,001$) та S_I ($p < 0,05$) хребців, достовірно більші розміри міжхребцевого отвору (для ВМО $p < 0,05$; для ШМО $p < 0,05$; для ФМО $p < 0,05$), достовірно більшу величину крижово-клубового кута ($p < 0,05$) та міжпоперечної висоти (МПВ_контра $p < 0,05$), а також тенденцію до більшого розміру міжпоперечної висоти й меншого розміру міжпоперечної ширини з іпсілатеральної сторони по відношенню до грижі диска, тенденцію до більшої висоти міжхребцевого диска у групі ТЕД1 порівняно з групою ВМДЕ, тенденцію до сагітальнішої орієнтації суглобових відростків та більшої відстані суглобова фасетка-тіло хребця з обох (іпсі- та контралатеральної) сторін у групі ВМДЕ.

3.3 Кореляційний аналіз взаємного впливу рентгенологічних та МРТ параметрів нижньопопереково-тазової ділянки пацієнтів з групи мінімально інвазивної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска

3.3.1 Кореляційний аналіз взаємного впливу рентгенологічних та МРТ параметрів нижньопоперекового-тазової ділянки пацієнтів з групи ТЕД1

З метою виявлення взаємозв'язків рентгенологічних ознак морфометрії L_V–S_I сегмента, позиційних параметрів сагітального контуру попереково-крижового відділу хребта й висоти гребеня клубової кістки був проведений кореляційний аналіз за Пірсоном. Результати даних статистичних досліджень представлені в таблиці В.1, додаток В.

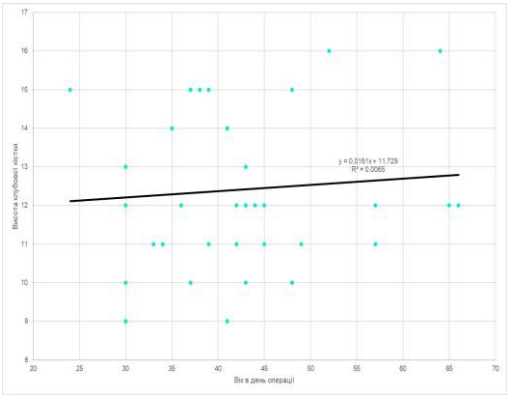
Цілком очікуваними були сильні достовірні прямо пропорційні кореляційні зв'язки між типом висоти гребеня клубової кістки та ВКК (коефіцієнт кореляції $r = 0,76$; $p < 0,001$), між висотою, шириною та формою міжхребцевого отвору ($r = 0,81$; $p < 0,001$ для ВМО та ФМО; $r = 0,71$; $p < 0,001$для ШМО та ФМО; $r = 0,69$; $p < 0,001$для ВМО та ШМО), міжпоперечною висотою та міжпоперечним проміжком ($r = 0,89$; $p < 0,001$). Вплив міжпоперечної ширини на міжпоперечний проміжок виявився слабшим у порівнянні з МПВ та обернено пропорційним ($r = –0,34$; $p < 0,05$) — табл. В1, додаток В.

Простежувався помірний прямо пропорційний кореляційний зв'язок МРТ-ознаки орієнтації суглобових фасеток дуговідросткових суглобів з віком ($r = 0,38$; $p < 0,05$) — табл. В1, додаток В. Іншими словами, чим старше пацієнт, тим більш виражена тенденція до сагіталізації дуговідросткових суглобів. Цілком логичною виглядала кореляція ступеня сагіталізації СФ з відстаню суглобова фасетка-тіло хребця, причому ця кореляція була помірною, достовірною і прямо пропорційною: $r = 0,39$; $p < 0,05$ (табл. В1, додаток В).

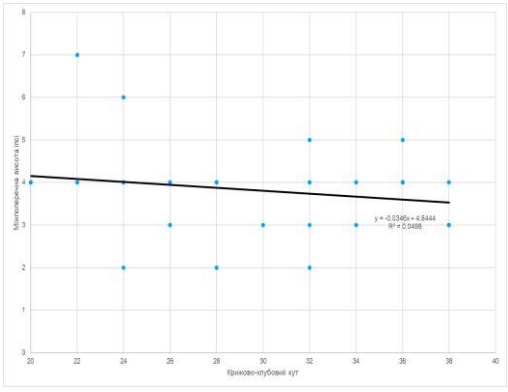
Помірний достовірний прямо пропорційний взаємозв'язок індексу висоти L_V–S_I міжхребцевого диска та форми міжхребцевого отвору на цьому ж рівні також був цілком очікуваним ($r = 0,35$; $p < 0,05$) — табл. В1, додаток В.

Позиційні параметри сагітального контуру попереково-крижового відділу хребта — поперековий лордоз LL та нахил крижів SS — сильно і прямо пропорційно корелювалі між собою: r = 0,67; p < 0,001. Ці ж параметри, у свою чергу, впливли на величину крижово-клубового кута (r = –0,37; p < 0,05 для LL та (r = –0,34; p < 0,05 для SS). Глибина поперекового лордозу LL також була пов'язана помірно і обернено пропорційно з формою міжхребцевого отвору (r = –0,36; p < 0,05) — табл. В1, додаток В.

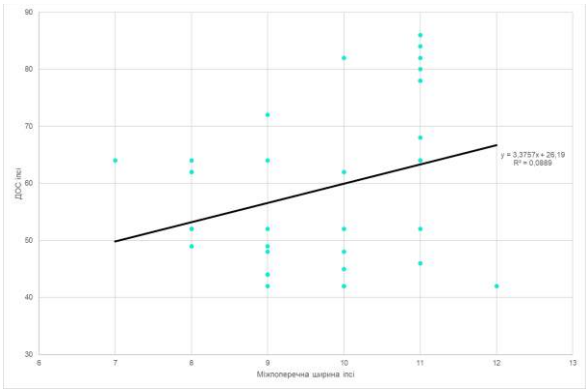
Графічне зображення деяких корреляційних зв'язків демонструє щільність хмари розсіювання залежно від сили взаємозв'язку між досліджуваними параметрами. На рисунку 3.18 представлені кореляції різної сили й напряму рентгенолгічних параметрів у групі ТЕД: вік та висота клубової кістки ВКК (r = 0,08; p > 0,05); величина крижово-клубового кута ККТ й міжпоперечна висота МПВ (r = –0,22; p > 0,05); орієнтація суглобової фасетки ОФ і міжпоперечна ширина МПШ (r = 0,30; p > 0,05). На відповідних діаграмах розсіювання видно, як у міру збільшення абсолютного числа коефіцієнта кореляції відбувається ущільнення точок розсіювання навколо лінії регресії; напрямок лінії регресії визначає позитивна або негативна величина r.



а



б



в

Рис. 3.18. Лінії регресії показників віку та ВКК (а); МПВ та ККТ (б); ОФ та МПШ (в) у групі ТЕД1

Таким чином, проведений кореляційний аналіз взаємного впливу рентгенологічних та МРТ параметрів нижньопоперекового-тазової ділянки пацієнтів з групи ТЕД1 дозволив встановити, що найбільш достовірні сильні прямо пропорціональні взаємозв'язки виявилися між показниками, які тою чи іншою мірою визначають можливість застосування трансформамінального доступу для дискектомії грижі $L_V–S_I$ міжхребцевого диска: тип висоти гребеня клубової кістки, позиційна висота розташування клубової кістки відносно люмбосакрального сегмента та всі три показника міжхребцевого отвору: висота, ширина та відношення висоти до ширини, яке непрямо характеризує форму міжхребцевого отвору. Ми вважаємо за необхідне акцентувати увагу на цьому факті, тому що саме через міжхребцевий отвір здійснюється трансформамінальний доступ.

Орієнтація суглобових фасеток дуговідросткових суглобів помірно зростала з віком. Іншими словами, зі старінням людини збільшується сагітальна орієнтація її дуговідросткових сугобів нижньопоперекового відділу хребта. Сагіталізація суглобової фасетки нерідко супроводжується гіпертрофією суглобового відростка, в тому числі його верхівки, можливий розвиток остеофітів [156, 194]. Збільшення розмірів верхівки суглобового відростка і, відповідно, суглобової фасетки, у свою чергу, приводить до

збільшення відстані СФ-ТХ, що віддзеркалює обмеження розмірів латеральної межі трикутника Kambin.

3.3.2 Кореляційний аналіз взаємного впливу рентгенологічних та МРТ параметрів нижньопоперекового-тазової ділянки пацієнтів з групи ІЕД

У групі ІЕД виявлена найбільша кількість кореляційних зв'язків різної сили й напряму між параметрами морфології L_V–S_I сегмента, показниками позиційного розташування гребеня клубової кістки й сагітальношго контуру попереково-крижового віддіду хребта.

Відмітим посилення зв'язку між типом висоти гребеня клубової кістки та кількісним вираженням висоти розташування гребеня клубової кістки ($r = 0,88$; $p > 0,001$ порівняно з $r = 0,74$; $p > 0,001$ для групи ТЕД) — табл. В1, В2, додаток В.

Також посилився взаємний вплив величини міжпоперечні висоти, ширини й форми: ($r = 0,81$; $p < 0,001$ для МПВ та МПП; $r = –0,94$; $p < 0,001$для МПШ та МПП; $r = –0,57$; $p < 0,001$для МПВ та МПШ) — табл. В2, додаток В.

Взаємозв'язки висоти й ширини міжхребцевого отвору, а також форми міжхребцевого отвору з його висотою майже не відрізнялися від таких у групі ТЕД1: $r = 0,89$; $p < 0,001$ для ВМО та ФМО; $r = 067$; $p < 0,001$для ШМО та ВМО. В той же час встановлено відсутність достовірної кореляції між формою міжхребцевого отвору та його шириною: $r = 0,26$; $p > 0,05$.

Значно посилився кореляційний зв'язок між орієнтацією суглобові фасетки дуговідросткового суглоба та відстаню суглобова фасетка — тіло хребця: $r = 0,85$; $p < 0,001$ — табл. В2, додаток В.

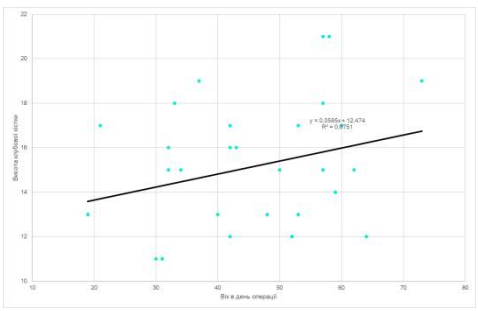
Виявилися нові достовірні сильні кореляційні зв'язки: між віком та МПШ ($r = 0,66$; $p < 0,001$; рис. 3.19, в), між віком й міжпоперечним проміжком ($r = –0,58$; $p < 0,01$); між глибиною попереково лордозу а та ступенем дегенерації суглобових фасеток ($r = 0,56$; $p < 0,01$ для LL та ОФ;

r = 0,54; p < 0,01 для LL та СФ-ТХ). Взаємозв'язок між позиційними параметрами сагітального контуру попереково-крижової ділянки майже не змінився (r = 0,69; p < 0,001) — табл. В2, додаток В.

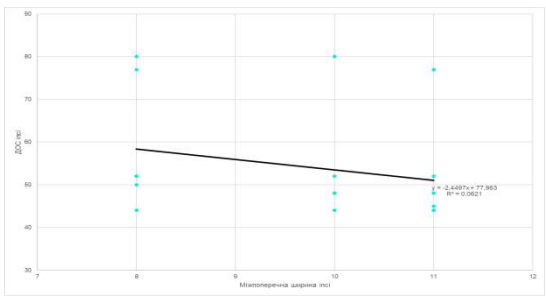
Простежено значну кількість нових помірних кореляційних зв'язків різного напряму. З віком корелювали наступні рентгенологічні параметри: орієнтація суглобових фасеток (r = –0,44; p < 0,05), відстань СФ-ТХ (r = –0,41; p < 0,05), висота й ширина міжхребцевого отвору (r = 0,37; p < 0,05 та r = 0,35; p < 0,05 відповідно), глибина поперекового лордозу (r = –0,48; p < 0,05), нахил крижів (r = –0,37; p < 0,05) — табл. В2, додаток В.

Величина поперекового лордозу LL помірно впливала на величину: крижово-клубового кута (r = 0,36; p < 0,05); міжпоперечного проміжку (r = –0,36; p < 0,05); індекса висоти міжхребцевого диска (r = 0,38; p < 0,05), параметри міжхребцевого отвору (r = 0,42; p < 0,05 для ВМО; r = 0,40; p < 0,05 для ШМО; r = 0,44; p < 0,05 для ФМО). Відповідно, нахил крижів SS помірно корелював з ОФ (r = 0,44; p < 0,05); відстаню СФ-ТХ (r = 0,39; p < 0,05); ФМО (r = 0,36; p < 0,05) — табл. В2, додаток В.

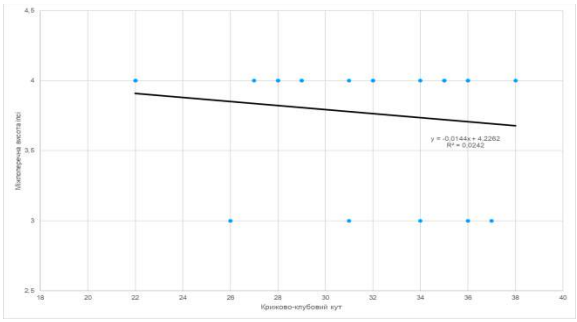
На рисунку 3.19 представлено графічне відображення взаємного впливу таких самих показників, шо і у групі ТЕД, однак величина коефіцієнта кореляції r інша. У групі ІЕД, порівняно з групою ТЕД, кореляційний зв'язок між віком й висотою клубової кістки ВКК залишився прямо пропорційним, однак абсолютна величина коефіцієнта кореляції суттєво збільшилася (r = 0,27; p > 0,05), що супроводжувалося ущільненням хмари розсіюваннння навколо лінії регресії (рис. 3.18, а, 3.19, а).



а



б



в

Рис. 3.19. Лінії регресії показників віку й ВКК (а); МПВ та ККТ (б); ОФ та МПШ (в) у групі ІЕД

Напрямок взаємозв’язку міжпоперечної висоти МПВ та крижово-клубового кута ККТ у групі ІЕД, порівняно з групою ТЕД, залишився таким же, однак сила його дещо ослабла ($r = –0,16$; $p > 0,05$). Іншими словами, у міру зменшення відстані між поперечним відростком L_V хребця та крилами крижів простежувалася тенденція до збільшення крижово-клубового кута. Враховуючи незначну зміну абсолютної величини коефіцієнта кореляції ($r = –0,22$; $p > 0,05$ у групі ТЕД), щільність хмари розсіювання на рисунках 3.19, Б та 3.19, Б майже ідентичні.

Слід зазначити, що зменшення міжпоперечної висоти може відбуватися як у випадках зниження висоти дегенеративно зміненого $L_V–S_I$ міжхребцевого диска та через втрату речовини у екстрадованого люмбосакрального диска (рис. 4.3, а), так і у разі особливостей анатомічної будови L_V хребця з нахиленим поперечним відростком та/або його (відростка) гіпертрофією (рис. 3.20, б).

а б в

Рис. 3.20. Рентгенограми L_V–S_I сегмента пацієнтів з групи ІЕД зі зменшенням міжпоперекової висоти МПВ при зменшенні висоти люмбосакрального диска (а, б) та у разі сакралізації L_V хребця з гіпертрофією поперекових відростків з тенденцією до формування попереково-крижових неоартрозів (в)

Інша картина спостерігається у разі порівняння діаграм розсіювання при графічному зображенні кореляційних зв’язків між орієнтацією суглобової фасетки ОФ та міжпоперечною шириною МПШ у групах ТЕД та ІЕД. Сила зв’язків змінилася несуттєво, однак напрямки взаємного впливу показників є протилежними ($r = 0{,}30$; $p > 0{,}05$ та $r = -0{,}25$; $p > 0{,}05$ відповідно). Ці зміни виразно видно на рис. 3.19, В: щільність хмари розсіюваннння навколо лінії регресії майже аналогічна такій на рис. 3.18, В, однак лінія регресії розташована у протилежному напрямку.

Одним з чинників значної кількості кореляційних зв’язків рентгенологічних показників з віком, а також взаємний помірний зв’язок структурних параметрів люмбосакрального сегмента й позиційних параметрів розташування клубової кістки і сагітального контуру попереково-крижового відділу хребта у групі ІЕД, на нашу думку, може бути пов’язаний з віком пацієнтів цієї групи, який є найбільшим серед усіх досліджуваних груп. Середній вік пацієнтів групи ІЕД знаходиться на нижній межі середнього віку з коливанням від 45 до 59 років. У цьому віці

спостерігаються більш виразні вікові зміни хребтового стовпа і опорно-рухової системи в цілому. Іншими словами, у переважній кількості пацієнтів з групи ІЕД можливо поєднання інволютивних та дегенеративних змін у попереково-крижових хребтових сегментах, що і відобразили результати кореляційного аналізу у цій групі.

Виявлення сильних кореляційних зв'язків між параметрами поперечних відростків, залишившийся сильний взаємний вплив показників міжхребцевого отвору й помірний кореляційний зв'язок індекса висоти диску з глибиною поперекового лордозу може непрямо свідчити про те, що технічно для інтерламінарної дискектомії параметри морфології люмбосакрального сегмента (зокрема, висота міжребцевого диска і пов'язане з нею положення поперечних відростків L_V хребця відносно основи крижів) мають майже таке ж значення, що і параметри міжхребцевого отвору.

3.3.3 Кореляційний аналіз взаємного впливу рентгенологічних та МРТ параметрів нижньопопереково-тазової ділянки пацієнтів з групи ВМДЕ

Найбільш сильні достовірні кореляційні зв'язки у групі ВМДЕ простежувалися фактично між тими ж рентгенологічними параметрами, що і у групах ТЕД й ІЕД: $r = 0,85$; $p < 0,001$ між типом висоти гребеня клубової кістки та ВКК; $r = 0,81$; $p < 0,001$ між МПВ та міжпоперечним проміжком МПП; $r = 0,74$; $p < 0,001$ між висотою та шириною міжхребцевого отвору; $r = 0,68$; $p < 0,001$ між поперековим лордозом LL й нахилом крижів SS (табл. В3, додаток В).

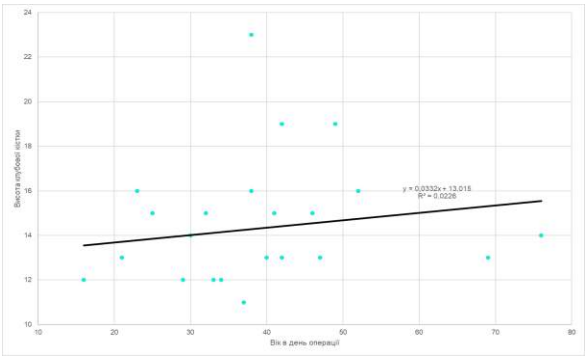
З віком у групі ВМДЕ достовірно помірно і обернено пропорціонально корелювала тільки ширина міжхребцевого отвору ШМО ($r = –0,38$; $p < 0,05$).

Останній показник такж помірно й обернено пропорціонально впливав на тип висоти гребеня клубової кістки ($r = –0,34$; $p < 0,05$) та форму міжхребцевого отвору ФМО ($r = –0,48$; $p < 0,05$); помірно і прямо

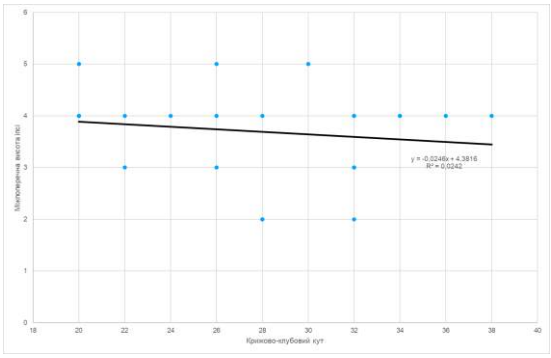
пропорціонально — на міжпоперечну ширину МПШ (r = 0,38; p < 0,05) — табл. В3, додаток В.

Індекс висоти диска ІВД помірно корелював з величиною крижово-клубового кута (r = –0,35; p < 0,05) та поперекового лордозу LL (r = 0,34; p < 0,05). Параметр LL, у свою чергу, помірно і переважно прямо пропорційно впливав на орієнтацію суглобової фасетки ОФ (r = 0,37; p < 0,05), відстань між суглобовою фасетокю та тілом хребця СФ-ТХ (r = 0,35; p < 0,05), висоту міжхребцевого отвору (r = 0,36; p < 0,05), а також, обернено пропорційно - на форму міжхребцевого отвору ФМО (r = –0,37; p < 0,05) — табл. В3, додаток В.

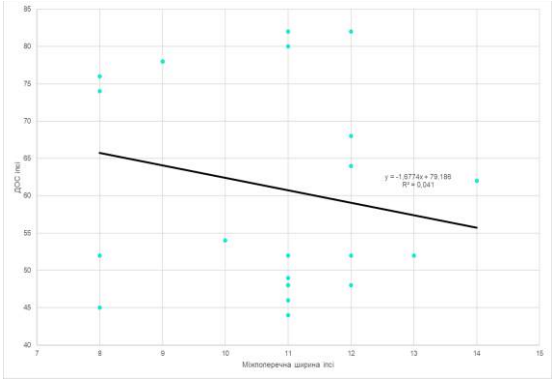
При графічному представленні кореляційного зв’язку між параметрами віку й типу висоти клубової кістки ВКК (r = 0,15; p > 0,05); міжпоперечною висотою МПВ і крижово-клубовим кутом ККТ (r = –0,16; p > 0,05); орієнтацією суглобової фасетки ОФ і міжпоперечною шириною МПШ (r = –0,20; p > 0,05) діаграми розсіювання для двох останніх взаємозв’язків були майже ідентичними у групах ІЕД й ВМДЕ, що проявилося майже однаковою щільністю хмар розсіювання на рис. 3.19 б, б; 3.21 Б, б.



а



б



в

Рис. 3.21. Лінії регресії показників віку й ВКК (а); МПВ та ККТ (б); ОФ та МПШ (в) у групі ВМДЕ.

Щодо кореляції показників віку з типом ВКК, їх сила й напрямок та, відповідно, щільність хмари розсіювання у групі ВМДЕ займали серединне положення між аналогічними параметрами у групах ТЕД і ВМДЕ (рис. 3.18, а; 3.19, а; 3.21, а).

3.4 Резюме

Основним контингентом серед пацієнтів з грижами L_V–S_I міжхребцевого диска, яким виконанано трансфораміальну ендоскопічну дискектомію, були чоловіки (83 %) молодого віку (36.28 ± 5.73) років.

Позиційне розташування гребеня клубової кістки є низьким: у групі ТЕД1 з успішною трансфораміальною дискектомією грижі L_V–S_I диска 81 % випадків — нижче горизонтальної лінії, яка проходила через середину ніжки L_V хребця; у 19 % — між горизонтальною лінією середини ніжки L_V хребця та горизонтальною лінією верхнього краю ніжки L_V.

У групі ТЕД1 відстань суглобова фасетка — тіло хребця на рівні L_V–S_I з іпсілатеральної сторони грижі міжхребцевого диска (0,8 ± 0,56) см незначно перевищувала показник з контралатеральної сторони (0,6 ± 0,41) см. У 10 (32 %) випадках позитивного значення СФ-ТХ обсяг парціальної фасетектомії був збільшений до половини суглобової фасетки; в інших

спостереженнях (21; 68 %) парціальна фасетектомія обмежувалася ¼ суглобової фасетки. У групі ТЕД2 (конверсія операції та інтраопераційна дискографія) простежувалася тенденція до суттєвого збільшення відстані СФ-ТХ ((2,0 ± 0,82) см іпсілатерально та (1,12 ± 0,71) см контралатерально).

Порівняльні рентгенологічні й рентгенометричні дослідження параметрів L5-S1 сегмента у пацієнтів, яким було проведено успішну ендоскопічну трансформінальну (група ТЕД1) і інтерламінарну (група група ІЕД) дискектомію дозволили встановити, що у групі ТЕД достовірно більш низьке проекційне положення гребеня клубової кістки ($p < 0,05$) і достовірно більша відстань між вільним краєм поперечного відростка й крилами крижів ($p < 0,05$). Також у групі ТЕД1 порівняно з групою ІЕД відстань між основою поперечного отростка L_V хребця та крилами крижів була більшою; ширина поперечного відростка L_V і кут його наклона до S_I зребця були меншими; висота й ширина міжхребцевого отвору, а також висота й індекс диска були більшими, але без достовірної різниці.

Проведений кореляційний аналіз за Пірсоном лінійного взаємозв'язку рентгенологічних параметрів й віку у групах ТЕД1, ІЕД та ВМДЕ виявив наступне. Очікувано найсильніші кореляції простежувалися між взаємопов'язаними анатомічними параметрами. Однак у групі ТЕД1 кількість таких кореляций була найменшою; взаємозв'язок відмічався між типом висоти гребеня клубової кістки відносно ніжки L_V хребця та висотою розташування клубової кістки відносно верхньої замикальної пластинки S_I хребця ($r = 0,76$; $p<0,001$), міжпоперечною висотою МПВ та міжпоперечним проміжком МПП ($r = 0,89$; $p < 0,001$), висотою, шириною й формою міжхребцевого отвору ($r = 0,79$; $p < 0,001$ для ВМО та ШМО; $r = 0,81$; $p < 0,001$ для ВМО і ФМО; $r = 0,69$; $p < 0,001$ для ШМО та ФМО), величиною поперекового лордозу LL та нахилу крижів SS ($r = 0,67$; $p < 0,001$).

Звертає на себе увагу той факт, що, за винятком LL та SS, всі інші параметри (обидва показники висоти гребеня клубової кістки, а також висота, ширина та форма міжхребцевого отвору) тою чи іншою мірою визначають

можливість застосування трансформамінального доступу для дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска. Необхідно відмітити, що достовірними сильними прямими кореляціями є всі три показника міжхребцевого отвору: висота, ширина та їх відношення, яке непрямо характеризує форму міжхребцевого отвору. Вважаємо цей факт важливим, тому що саме через міжхребцевий отвір здійснюється трансформамінальний доступ.

Зростання кількості сильних й помірних кореляційних зв'язків між рентгенологічними параметрами нижньопоперекового-тазової ділянки у групі ВМДЕ і особливо у групі ІЕД, свідчить, на нашу думку, про відсутність достатньо жорсткої прив'язки досліджених рентгенанатомічних показників з інтерламінарним доступом при виконанні ендоскопічної дискектомії грижі L_V–S_I диска, або у разі відкритої дискектомії.

РОЗДІЛ 4
РЕЗУЛЬТАТИ СЕКВЕНЦІЙНОГО СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ

Дискектомія грижі L_V–S_I міжхребцевого диска трансформінальним доступом має певні технічні труднощі порівняно з інтерламінарною дискектомією через особливості анатомічної будови L_V–S_I сегмента [90, 91]. Робочий канал у разі ТЕД можуть обмежувати високий гребень клубової кістки [83, 171], широка міжламінарна відстань, збільшені поперечні відростки зі значним нахилом аж до контакту з крилом крижів; гіпертрофія суглобових відростків, що додатково обмежує обсяг міжхребцевого отвору [28, 54–56, 131]. Поєднання гіпертрофії суглобового відростка зі зниженням висоти й зменшенням індексу L_V–S_I міжхребцевого диска призводить до суттєвого зменшення меж міжхребцевого отвору з розвитком артрогенного стенозу хребтового канала [37]. Однак, незважаючи на технічні труднощі, більш тривалий час операції та відносно більше променеве навантаження через більшу кількість інтраопераційних рентгенконтролей [41], ТЕД є більш безпечною хірургічною процедурою зі зниженим ризиком ятрогенноого травмування нервових структур та твердої мозкової оболонки [139]. У разі необхідної ревізійної операції через рецидив грижі диска попередня ТЕД є більш сприятливою з точки зору відсутності сполучнотканинних рубців у ділянці операційного доступу [178]. В зв’язку з цим, при обмеженні задньолатерального доступу у разі гіпертрофії суглобових відростків, можливість видалення грижі через міжхребцевий отвір забезпечується виконанням форамінотомії або парціальної фасетектомії, яка розширює задню межу робочої зони [124, 168]. При високому розташуванні гребеня клубової кістки можливо застосування трансіліального доступу, який не набув значної популярності черз додатковий хірургічний доступ, крововтрату та післяопераційний біль [80]. Таким чином, якісні рентгенологічні ознаки, які впливають на кут робочого каналу та розміри міжхребцевого отвору в літературі досліджені. Однак

кількісні ренгенологічні та/або рентгенометричні та /або МРТ-критерії морфометрії L_V–S_I сегмента, а також позиції гребеня клубової кістки відносно люмбосакрального сегмента, що мають відношення до передопераційної оцінки технічної можливості виконання трансформамінального доступу у разі ендоскопічної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска, у доступній літературі відсутні.

Для виявлення достовірності клінічних, рентгенологічних, рентгенометричних й МРТ- ознак технічної можливості виконання трансформамінального ендоскопічного видалення грижі L_V–S_I міжхребцевого диска була сформовано 2 навчальні вибірки. До першої вибірки увійшли 37 пацієнтів, оперованих трансформамінальним доступом (група ТЕД1) та 30 хворих після інтерламінарної дискектомії (група ІЕД). Другу навчальну вибірку склали 37 пацієнтів з групи ТЕД1 та 23 хворих, яким була виконана відкрита мікродискектомія (група ВМДЕ).

Альтернативна послідовна процедура розпізнавання в обох навчальних вибірках проводилася за 5 клінічними ознаками з 13, за всіма 14 рентгенологічними ознаками та за всіма 11 МРТ-ознаками. Кодування даних ознак та їх градацій представлено у табл. Б.1 (додаток Б). Кожна прогностична ознака поділялася на 2–5 градацій залежно від ступеня виразності; відсутність ознаки кодувалася нульовою градацією. Чисельні значення статистичних показників досліджуваних клінічних, рентгенологічних та МРТ- ознак представлені у додатку В, таблицях В.4 та В.5 відповідно.

Як випливає з таблиці В.4, встановлені достовірні відмінності у навчвльній виборці груп ТЕД1 та ІЕД за 7 рентгенологічними та 4 МРТ-ознаками та їх градаціями. Звертає на себе увагу той факт, що і абсолютні величини прогностичних коефіцієнтів, і прогностична цінність більшості ознак (за винятком інформативності І показників висоти розташування гребеня клубової кістки та висоти L_V–S_I міжхребцевого отвору) невисокі (табл. В.4), а величина підсумкової суми прогностичних коефіцієнтів для

прийняття рішення (+14) майже дорівнює пороговому значенню (+13) — таблиця 4.1. Така ситуація, на нашу думку, свідчить про певну складність при передопераційному плануванні ТЕД і потребує ретельного аналізу даних візуалізації нижньопоперекового-тазової ділянки пацієнта.

Таблиця 4.1

Прогностичні ознаки щодо вибору методу ендоскопічної дискектомії грижі $L_V–S_I$ міжхребцевого диска

№ п/п	Прогностичні ознаки	Ознака є	Ознаки немає	I
1	Ia тип висоти гребеня клубової кістки	3	2	0,88
2	Крижово-клубовий кут ≤ 23 º	3	-4	0,41
3	Висота $L_V–S_I$ міжхребцевого отвору ≥ 6 мм	3	0	0,37
4	Висота гребеня клубової кістки ≤ 13 мм	2	2	0,36
5	Латеральна грижа $L_V–S_I$ міжхребцевого диска	2	-4	0,30
6	I тип за Modic дегенерації замикальних пластин у сегменті $L_{IV}–L_V$	3	-3	0,29
7	Міжпоперечна висота ≥ 5 мм зі сторони, контралатеральної до грижі диска	-2	-2	0,25
8	Міжпоперечна висота ≥ 5 мм зі сторони, іпсілатеральної до грижі диска	-1	-5	0,24
9	Індекс висоти $L_V–S_I$ міжхребцевого диска ≥ 0,20	2	-9	0,22
10	Відстань суглобова фасетка-тіло хребця ≤ –2 мм зі сторони, іпсілатеральної до грижі диска	2	2	0,21
11	Орієнтація суглобової фасетки ≥ 70 º зі сторони, іпсілатеральної до грижі диска	-3	0	0,21

Найбільш інформативними й достовірними ознаками виявилися Ia тип висоти гребеня клубової кістки (ПК=3; I = 0,88; p < 0,001) та величина крижово-клубового кута, яка є менше 23 º (ПК = 3; I = 0,41; p < 0,001).

Наступними за інформативністю та достовірністю є такі чинники, як висота міжхребцевого отвору на рівні $L_V–S_I \geq 6$ мм (ПК=3; I=0,37; p<0,01), висота гребеня клубової кістки ≤ 13 мм (ПК=2; I=0,36; p<0,01) та наявність латеральної грижі $L_V–S_I$ диска (ПК=2; I=0,30; p<0,05). Цікаво, що така ознака, як індекс висоти $L_V–S_I$ міжхребцевого диска ≥ 0,20 є достовірною, але незначно інформативною (ПК=2; I=0,22; p<0,05), хоча саме цей показник багато в чому визначає такі прогностичні ознаки, як величина крижово-клубового кута, висота міжхребцевого отвору, міжпоперечна висота з обох сторін (іпсілатеральної (ПК=-1; I=0,24; p<0,05) та контралатеральної (ПК=-2; I=0,25; p<0,05) до грижі диска). Звертає на себе увагу той факт, що прогностичні ознаки, які віддзеркалюють відсутність гіперпластичної деформації суглобових фасеток дуговідростчатих суглобів (відстань суглобова фасетка-тіло хребця ≤ -2 мм зі сторони, іпсілатеральної до грижі диска, на рівні $L_V–S_I$ (ПК=-2; I=0,21; p<0,05)) та сагіталізацію цих же суглобових фасеток (орієнтація суглобової фасетки ≥ 70 º (ПК=-2; I=0,21; p<0,05)) мають однакову інформативність і свідчать на користь вибору інтерламінарної дискектомії — табл. 4.1.

Вибір методу ендоскопічної дискектомії грижі $L_V–S_I$ міжхребцевого диска є достатньо складним завданням, в процесі виконання якого необхідно враховувати переважно кількісні рентгенологічні й МРТ-ознаки. Перевагами ТЕД є безпечна нейродекомпресія та незначна часткова резекція верхівок суглобових відростків S1 хребця, яка дозволяє зберегти опопроспроможність оперованого хребтового сегмента [96]. В той же час існують технічні труднощі під час виконання задньолатерального доступу у вигляді високого стояння гребеня клубової кістки [158], гіперплазії поперечних та суглобових відростків, звуженого міжхребцевого отвору, в тому числі у разі суттєвого зниження висоти люмбосакрального диска [105, 145, 187]. Поєднання таких позиційних та структурних особливостей нижньопоперекового-тазової ділянки може обмежувати робочу зону або звужувати кут введення ендоскопа з такими наслідками, як неповне

видалення грижі диска з клінічно значущою резидуальною радикулалгією, ушкодження верхньої замикальної пластинки S_I хребця [21, 79, 82], надмірню декомпресією задніх кісткових структур, якщо кут входу ендоскопа менше 20º [140]. Можлива також конверсія ТЕД у відкриту мікродискектомію через технічну неможливість задньолатерального доступу. Однак у доступній літературі обговорюються окремі рентгенологічні критерії вибору методу ендоскопічної дискектомії щодо конкретних клінічних ситуацій з певними варіантами гриж міжхребцевих дисків [140]. Ми вважаємо, що наше дослідження є першим, яке враховує як позиційні параметри таза й люмбосакрального сегмента, так і морфометрію безпосередньо сегмента L_V–S_I. Використання обчислювальних прогностичних таблиць з врахуванням достовірних кількісних рентгенологічних, рентгенометричних й МРТ-ознак нижньопоперекового-тазової ділянки дозволить удосконалити передопераційне планування методу ендоскопічної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска.

З огляду на конверсію трансформінальної дискектомії грижі L_V–S_I диска у відкриту мікродискектомію та на порівнянні результати цих двох методів хірургічного видалення екструзій, був проведений секвенційний статистичний аналіз з обчислюванням прогностичних коефіцієнтів для групи ТЕД/ВМДЕ. Результати статистичних долсіджень представлено в таблиці 4.2.

Інформативність, а також абсолютна величина прогностичних коефіцієнтів при виборі між ТЕД та відкритою мікродискектомією значно більші у порівнянні з даними з таблиці 4.1. Це є цілком логічний результат: у разі ВМДЕ структурно-функціональні особливості нижньопоперекового-тазової ділянки не впливають на технічні умови виконання даного хірургічного втручання.

Таблиця 4.2

Прогностичні ознаки щодо вибору методу мінімально інвазивної двскектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска

№ п/п	Прогностичні ознаки	Ознака є	Ознаки немає	I
1	Ia тип висоти гребеня клубової кістки	7	3	2,37
2	Крижово-клубовий кут ≥ 24 º	6	-6	0,87
3	Відношення висота міжхребцевого отвору / ширина міжхребцевого отвору ≥ 1,1	5	0	0,77
4	II ступінь дегенерації L_{IV}–L_V міжхребцевого диска за Pfirrmann	4	0	0,67
5	Висота L_V–S_I міжхребцевого диска ≥ 4,0 мм	2	-4	0,61
6	Висота гребеня клубової кістки ≥ 17 мм	5	2	0,61
7	Ширина міжхребцевого отвору ≥ 5 мм	2	-6	0,56
8	III ступінь дегенерації L_V–S_I міжхребцевого диска за Pfirrmann	10	0	0,52
9	Відстань суглобова фасетка-тіло хребця ≥ -1 мм зі сторони, іпсілатеральної до грижі диска	3	1	0,38
10	Відстань суглобова фасетка-тіло хребця ≥ 3 мм зі сторони, контралатеральної до грижі диска	1	-4	0,33
11	Міжпоперечна висота ≥ 5 мм зі сторони, іпсілатеральної до грижі диска	0	-6	0,31
12	Відношення міжпоперечна висота /міжпоперечна ширина ≥ 0,46 зі сторони, іпсілатеральної до грижі диска	1	-3	0,27
13	Тривалість «грижового» катамнезу ≤ 2 міс.	-3	-3	0,26

Однак варто відмітити, що позиційне розташування гребеня клубової кістки відносно люмбосакрльного сегмента є найбільщ інформативною і достовірною ознакою при виборі ТЕД як у обчислювальній парі ТЕД/ІЕД, так і у разі ТЕД/ВМДЕ: для Ia тип висоти гребеня клубової кістки ПК=3; I=0,88; p<0,001 та ПК=7; I=2,37; p<0,001 відповідно; для крижово-клубового

кута ПК=3; I=0,41; p<0,001 та ПК=6; I=0,87; p<0,001 відповідно. Однак величина крижово-клубового кута у обчислювальних групах є різною: для ТЕД/ІЕД це ≤ 23 º; для ТЕД/ВМДЕ - ≥ 24 º (табл. 4.1; 4.2). Такі дані, на нашу думку, непрямо віддзеркалюють різні технічні умови виконання ендоскопічної дискектомії та відкритої малоінвазивної дискектомії.

Результати перевірки прогностичних таблиць 4.1 й 4.2 наведено у таблицях 4.3 та 4.4 відповідно. З таблиці 4.3 видно, що з 67 випробуваних обчислювальний прогноз був правильним у 63 (94 %), помилковим — у 4 (6 %). З урахуванням зони невизначеності кількість правильних діагнозів скоротилася до 91 %, помилкових — до 4 % (61 та 4 піддослідних відповідно). Частота невизначених діагнозів становила 3 %.

Таблиця 4.3

Результати прогнозування можливості виконання трансформінального ендоскопічного видалення грижі L_V–S_I міжхребцевого диска

Перевірка з прогностичними порогами:

Поріг ТЕД1=+13 ; Поріг ІЕД=-13 ; (α=β=5%).

Процедура ендоскопічної дискектомії	Кількість хворих	Прогноз				
		без урахування зони невизначеності		з урахуванням зони невизначеності		
		правил.	помилк.	правил.	помилк.	невизнач.
ТЕД	37	35	2	34	2	1
ІЕД	30	28	2	27	2	1
УСЬОГО	67	63	4	61	4	2
%	100,0	94	6	91	6	3

Таблиця 4.4

Результати прогнозування можливості виконання трансформамінального ендоскопічного видалення грижі $L_V–S_I$ міжхребцевого диска

Перевірка з прогностичними порогами:

Поріг ТЕД1=+13 ; Поріг ВМДЕ=-13 ; (α=β=5%).

Процедура мінімально інвазивної дискектомії	Кількість хворих	Прогноз				
		без урахування зони невизначеності		з урахуванням зони невизначеності		
		правил.	помилк.	правил.	помилк.	невизнач.
ТЕД	37	35	2	34	2	1
ВМДЕ	23	22	1	21	1	1
УСЬОГО	60	57	3	55	3	2
%	100,0	95	5	92	5	3

Як випливає з таблиці 4.4, з 60 випробуваних обчислювальний прогноз був правильним у 57 (95 %), помилковим — у 3 (5 %). З урахуванням зони невизначеності кількість правильних діагнозів скоротилася до 92 %, помилкових — до 5 % (55 та 4 досліджуваних відповідно). Частота невизначених діагнозів становила 3 %.

Наведемо клінічні приклади з використання розроблених обчислювальних таблиць з прогностичними клінічними, рентгенологічними та МРТ-ознаками для вибору способу перкутанної ендоскопічної дискектомії грижі $L_V–S_I$ міжхребцевого диска.

Клінічний приклад № 1

У пацієнтки 36 років встановлено діагноз: Грижа $L_V–S_I$ міжхребцевого диска з правостороннім компресійним корінцевим синдромом, анталгічна кіфотична деформація поперекового відділу хребта, виражений больовий синдром. Пацієнтці планується перкутанна ендоскопічна дискектомія грижі $L_V–S_I$ міжхребцевого диска. За результатами клініко-рентгенологічного

обстеження встановлено: Іа тип висоти гребеня клубової кістки, крижово-клубовий кут 20º ; висота L_V–S_I міжхребцевого отвору 8 мм; висота гребеня клубової кістки 12 мм; міжпоперечна висота праворуч 5 мм, ліворуч 6 мм; індекс висоти L_V–S_I диска 0,23; при МРТ виявлено латеральну грижу L_V–S_I диска; відстань суглобова фасетка-тіло хребця праворуч 0 мм; орієнтація суглобової фасетки праворуч 54º; I тип за Modic дегенерації замикальних пластин у сегменті L_{IV}–L_V (рис. 4.1) .

а б в

Рис. 4.1. Рентгенограми попереково-крижового відділу хребта (а, б) та аксіальний скан МРТ L_V–S_I сегмента пацієнтки 36 років (пояснення у тексті).

За даними з таблиці 4.1

ПК = 3+3+3+2+(-2)+(-1)+2+2+2+(-3)+3=14.

З урахуванням порогоаого значення ПК = +13 для прийняття рішення на користь вибору трансформамінальної ендоскопічної дискектомії маємо ПК = +14, що свідчить про можливість виконання ТЕД у даної пацієнтки.

Клінічний приклад № 2

У пацієнта 48 років встановлено діагноз: Грижа L_V–S_I міжхребцевого диска з лівостороннім компресійним корінцевим синдромом, анталгічна

кіфотична деформація поперекового відділу хребта, виражений больовий синдром. Пацієнту планується перкутанна ендоскопічна дискектомія.

За результатами клініко-рентгенологічного обстеження встановлено: Іа тип висоти гребеня клубової кістки, крижово-клубовий кут 28 º; висота L_V–S_I міжхребцевого отвору 4 мм; висота гребеня клубової кістки 15 мм; міжпоперечна висота праворуч 2 мм, ліворуч 2 мм; індекс висоти L_V–S_I диска 0,19; при МРТ виявлено форамінальну грижу L_V–S_I диска; відстань суглобова фасетка-тіло хребця праворуч 3 мм; орієнтація суглобової фасетки праворуч 74 º; III тип за Modic дегенерації замикальних пластин у сегменті L_{IV}–L_V (рис. 4.2) .

а б в

Рис. 4.2. Рентгенограми попереково-крижового відділу хребта (а, б) та аксіальний скан МРТ LV–SI сегмента пацієнта 48 років (пояснення у тексті)

За даними з таблиці 4.1

ПК = 3+(-4)+0+2+(-2)+(-5)+(-9)+(-4)+2+0+(-3)=(-20).

З урахуванням порогоаого значення ПК = +13 для прийняття рішення на користь вибору трансформамінальної ендоскопічної дискектомії і ПК = (-13) для прийняття рішення на користь вибору інтерламінарної ендоскопічної дискектомії маємо ПК = (-20), що свідчить на користь застосування ІЕД у даного пацієнта.

Резюме

За результатами секвенційного статистичного аналізу виявлені найбільш інформативною й достовірною прогностичною ознакою при виборі методу мінімально інвазивної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска є позиція клубової кістки відносно люмбосакрального сегмента: тип Ia висоти гребеня клубової кістки (ПК=3; I=0,88; p<0,001 у парі ТЕД/ІЕД та ПК=7; I=2,37; p<0,001 у парі ТЕД/ВМДЕ); крижово-клубовий кут (для пари ТЕД/ІЕД ≤ 23 º ПК=3; I=0,41; p<0,001 та для пари ТЕД/ВМДЕ ≥ 24 º ПК=6; I=0,87; p<0,001). Найбільш вагомою прогностичною ознакою при морфометрії L_V–S_I сегмента виявилася висота та форма міжхребцевого отвору: для пари ТЕД/ІЕД ПК=3; I=0,37; p<0,01 та для пари ТЕД/ВМДЕ ПК=5; I=0,77; p<0,001 відповідно. Отримані результати представлені у відповідних обчислювальних таблицях з прогностичними клінічними, рентгенологічними та МРТ-ознаками, які дозволяють прийняти рішення щодо необхідної для даного конкретного пацієнта перкутанної ендоскопічної процедури.

Проведена перевірка обчислювальної таблиці з порогом для ТЕД = +13 та порогом для ІЕД = (-13) за умов помилок першого роду α та другого роду β по 5 % (довірчий інтервал 95 %) показала правильний обчислювальний прогноз у 94 %, помилковий — у 6 %. З урахуванням зони невизначеності кількість правильних діагнозів скоротилася до 91 %, помилкових — до 4 %; частота невизначених діагнозів становила 3 %. За результатми перевірки обчислювальної таблиці з порогом для ТЕД = +13 та порогом для ВМДЕ = (-13) за умов помилок першого роду α та другого роду β по 5 % (довірчий інтервал 95 %) правильний обчислювальний прогноз встановлено у 95 %, помилковий — у 5 %. З урахуванням зони

невизначеності кількість правильних діагнозів скоротилася до 93 %, помилкових — до 4 %; частота невизначених діагнозів становила 3 %.

РОЗДІЛ 5
МЕТОД ПЕРЕДОПЕРАЦІЙНОГО ПЛАНУВАННЯ СПОСОБУ ПЕРКУТАННОЇ ЕНДОСКОПІЧНОЇ ДИСКЕКТОМІЇ ГРИЖІ L_V–S_I МІЖХРЕБЦЕВОГО ДИСКА

Серед мінімально інвазивних технік дискектомії грижі міжхребцевого диска поперекового відділу хребта перкутанна ендоскопічна однопортальна одностороння траснфорамінальна дискектомія вважається найбільш щадним хірургічним втручанням, так як здійснюється через мінімальний задньолатеральний доступ без ушкодження задніх м'якотканинних та кісткових структур хребтового сегмента. Однак у разі грижі L_V–S_I міжхребцевого диска виконання трансфорамінального доступу може бути технічно ускладненим через деякі структурно-функціональні особливості нижньопопереково-тазової ділянки: диспластичні та дегенеративні деформації суглобових й поперечних відростків, сагітальну орієнтацію фасеток дуговідростчатих суглобів в сегменті L_V–S_I, високе розташування гребеня клубової кістки. За таких умов безпека трансфорамінального доступу забезпечується виконанням парціальної фасетектомії або форамінопластики. Проте в ряду випадків трансфорамінальна дискектомія грижі L_V–S_I міжхребцевого диска може виявитися технічно нездійсненною, або супроводжується інтраопераційними ускладненнями у вигляді ушкодження верхньої замикальної пластинки S_I хребця, ушкодження або подразнення корінця спинномозкового нерва, що виходить, на цільовому рівні, епідуральної гематоми, неповного видалення матеріалу грижі міжхребцевого диска. Методом вибору ендоскопічної техніки дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска у разі технічно складного або неможливого виконання трансфорамінальної дискектомії є інтерламінарна ендоскопічна дискектомія, яка, у свою чергу, також може призводити до ускладнень, пов'язаних з інтраопераційним доступом, у вигляді розвитку епідурального фіброзу і рубцевого стенозу. Крім того, за умов

інтерламінарної дискектомії є ускладненим видалення форамінальних та екстрафорамінальних гриж L_V–S_I диска.

Для поглибленого передопераційного обстеження пацієнтів з грижею L_V–S_I міжхребцевого диска фахівці досліджують позиційне розташування гребеня клубової кістки відносно L_V–S_I сегмента [90, 125, 140, 168, 169, 171, 189], розміри поперечних відростків L_V хребця та крил крижів [207], висоту L_V–S_I міжхребцевого диска [87, 128, 129, 145, 155, 167], морфологія трикутника Kambin [50, 99, 124, 126, 135, 163, 170, 178, 186], в тому числі варіанти розташування корінця спинномозкового нерва, що виходить, у безпечній зоні трикутника Kambin з використанням комбінаціїї МРТ і КТ [124, 137]. Незважаючи на значний масив різнопланових досліджень структурно-функціональних особливостей нижньопоерекково-тазової ділянки, які можуть ускладнювати виконання задньолатерального доступу до грижі L_V–S_I міжхребцевого диска, ці дослідження не носять системного характеру і не забезпечують комплексної передопераційної оцінки і оптимальноо кута розташування ендоскопа, і безпечного проходження ендоскопа у міжхребцевому отворі.

З метою зниження діагностичних помилок та удосконалення обстеження пацієнтів перед хірургічним втручанням нами був науково обгрунтований і розроблений метод передопераційного планування техніки перкутанної ендоскопічної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска, який грунтується на результатах комплексного доопераційного клінічного, рентгенологічного і МРТ-обстеження 94 пацієнтів, яким було виконано успішну мінімально інвазивну дискектомію грижі L_V–S_I диска (41 — трансфорамінальна ендоскопічна дискектомія, 30 — інтерламінарна ендоскопічна дискектомія, 23 — відкрита мікродискектомія). В процесі створення метод передопераційного планування техніки перкутанної ендоскопічної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска також використовувались дані інформаційно-аналітичного дослідження релевантної науково-медичної інформації.

Розроблений метод вибору способу перкутанної ендоскопічної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска на етапі передопераційного планування включає в тому числі оптимізовану нами схему обстеження пацієнта з грижею міжхребцевого диска поперекового відділу хребта та результати секвенційного статистичного аналізу у вигляді прогностичних обчислювальних таблиць для прийняття рішення на користь обраного способу мінімально інвазивної дискектомії: ендоскопічної трансфораміналної дискектомії, або ендоскопічної інтерламінарної дискектомії, або відкритої мікродискектомії.

Схема обстеження пацієнта з грижею L_V–S_I міжхребцевого диска, якому планується перкутанна ендоскопічна однопортальна одностороння дискектомія представлена на рисунку 5.1. В основі цієї схеми лежить загальна схема обстеження хворого з дослідженням особливостей опорно-рухової системи у пацієнтів ортопедо-травматологічного профілю, якій навчають на кафедрах ортопедії та травматології медичних університетів.

Схема обстеження пацієнта з грижею L_V–S_I міжхребцевого диска, якому планується перкутанна ендоскопічна дискектомія, містить 8 блоків, 6 з яких («Скарги», «Анамнез хвороби», «Анамнез життя», «Загальний статус», «Ортопедичний статус», «Інструментальна візуалізація хребта») є загальними для будь-якого пацієнта з дегенеративним захворюванням хребта. Два блоки «Рентгенологічні та МРТ-дослідження» та «Процедура секвенційного статистичного аналізу» стосуються безпосередньо передопераційного обстеження пацієнта з грижею L_V–S_I міжхребцевого диска, якому планується перкутанна ендоскопічна однопортальна одностороння дискектомія.

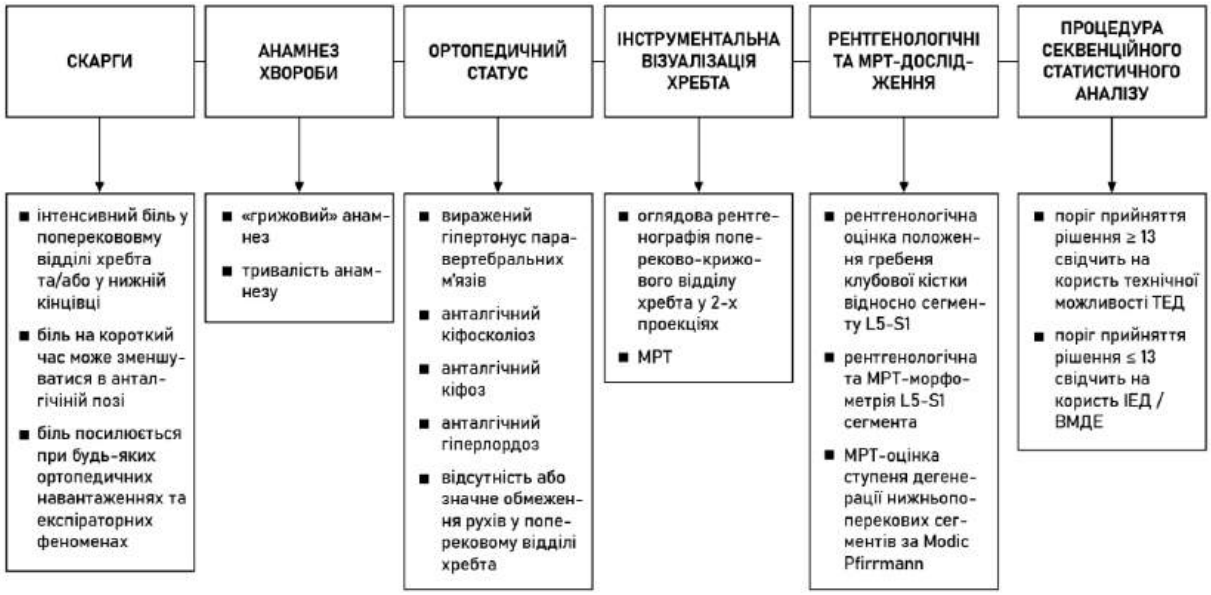


Рисунок 5.1 Схема обстеження пацієнта з грижею L5-S1 міжхребцевого диска, якому планується перкутанна ендоскопічна дискектомія

Блок «Скарги». Обстеження будь-якого пацієнта починається зі збору й деталізації скарг. Основною скаргою обстежених нами хворих був біль у поперековому відділі хребта з іррадіацією у нижню кінцівку по її задній або задньо-боковій поверхні. Біль був переважно постійного характеру, у всіх пацієнтів зменшувався в анталгічному положенні (лежачи на боку із зігнутою в кульшовому та колінному суглобах «хворою» ногою, у колінно-ліктьвій позі) і посилювався при статичних, динамічних навантаженнях, експіраторних феноменах. Інтенсивність больового синдрому за шкалою VAS занходилася в межах 7–9 балів, що відповідає градації «сильний / виражений біль».

Блок «Анамнез хвороби». Майже для всіх пацієнтів була характерною наявність «грижового» анамнезу: в умовах попереднії епізодів виникнення люмбаго після значного фізичного навантаження чергового підйому ваги відмічався розвиток поперекового болю, інтенсивність якого швидко зростала, що суттєво обмежувало можливість рухів у поперековому відділі хребта. Біль супроводжувався значним напруженням паратвертебральних

м’язів з розвитком анталгічної деформації тулуба. Через 2–3 дні приєднувався відбитий у нижню кінцівку біль також значної інтенсиності; інтенсивність поперекового болю за цих умов злегка знижувалася.

Блоки «Анамнез життя» та «Загальний статус» в даній схемі не представлені через відсутність будь-яких особливостей щодо обстеження пацієнтів з грижею міжхребцевого диска поперекового відділу хребта. Суттєве значення, особливо за умов плануємого хірургічного втручання, мали такі відомості, як наявність алергичних реакцій, попереднії операцій, коморбідних станів.

Блок «Ортопедичний статус». Під час огляду звертала на себе увагу наявність міотонічних реакцій поверхневих довгих паравертебральних м’язів з формуванням анталгічних деформацій тулуба у вигляді анталгічного кіфосколіозу, анталгічного кіфозу та анталгічного гіперлордозу. Рухи у сагітальній площині (згинання/розгинання) були відсутніми та відтворювалися за рахунок суміжних сегментів опорно-рухової системи: шийного та грудного відділів хребта, кульшових та колінних суглобів.

Блок «Інструментальна візуалізація хребта» включає стандартні для пацієнта з грижею міжхребцевого диска методи дослідження: оглядова рентгенографія у двох проекціях (передньо-задній та боковій), МРТ з наявністю парасанітальних сканів нижньопоперекового відділу хребта та аксіаьних сканів L5-S1 міжхребцевого диска.

Блок «Рентгенологічні та МРТ-дослідження» містить результати: 1) якісної оцінки попереково-крижового відділу хребта з визначенням типу висоти розташування гребеня клубової кістки відносно ніжки L5 хребця за удосконаленим нами методом JM Sousa з співавт. [197]; 2) кількісних рентгенометричних досліджень параметрів морфометрії L_V–S_I сегмента та кількісних показників взаємного розташування гребеня клубової кістки та крижів.

Блок «Процедура секвенційного статистичного аналізу» містить кінцевий результат - прийняття рішення щодо вибору методу мінімально

інвазивної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска на основі результату використання відповідних обчислювальних таблиць.

Таким чином, за результатми якісних та кількісних показників клінічного, рентгенологічного та МРТ обстеження пацієнтів з грижею L_V–S_I міжхребцевого диска був розроблений метод передопераційного планування техніки перкутанної ендоскопічної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска, представлений блок-схемою на рисунку 5.2. Ця блок-схема фактично є алгоритмом вибора техніки мінімально інвазивної дискектомії, починаючи зі скарг пацієнта. Для грижі міжхрецевого диска класничними є наявність постійного інтенсивного болю у нижній кінцівці, який звичайно зменшується незначно в анталгічній позі і посилюється при будь-яких ортопедичних навантаженнях, а також експіраторних феноменах (кашель, чхання).

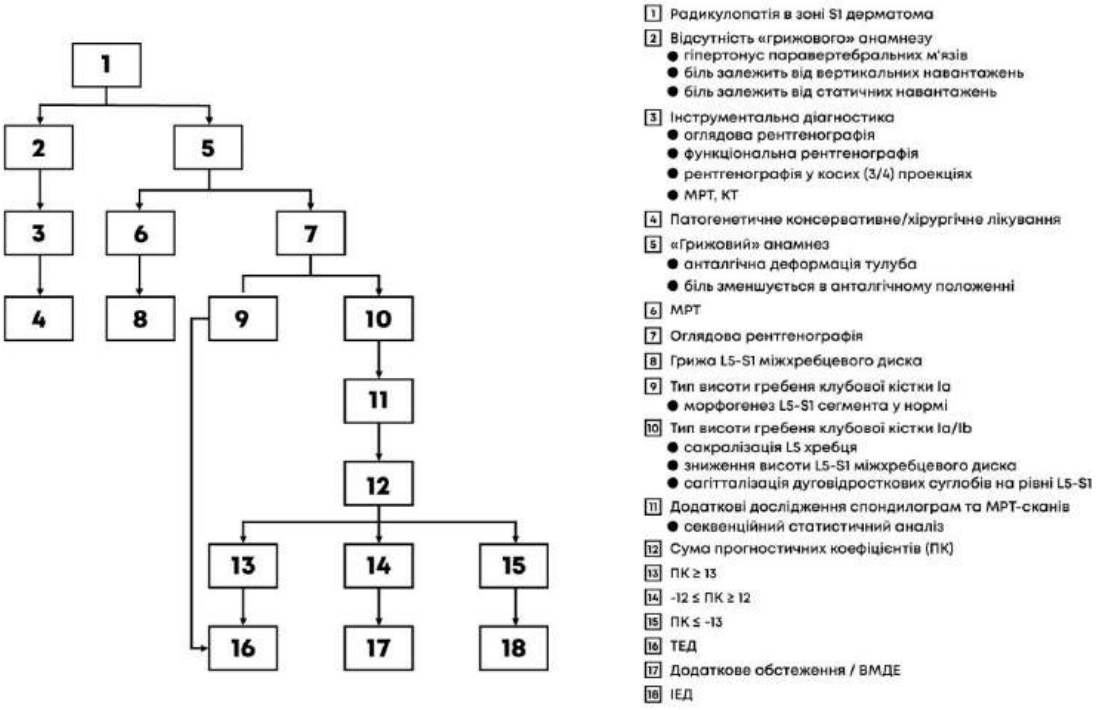


Рисунок 5.2 Блок-схема вибору техніки перкутанної ендоскопічної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска на етапі передопераційного планування

Больовий синдром, інтенсивність якого зростає у міру збільшення експозиції вертикальних навантажень, найчастіше пов’язаний з

нестабільністю хребтового сегмента. Наявність синдрома «розминки» та посилення болю у разі тривалих статичних навантажень (одноманітна поза) частіше за все притаманна артрозу, у нашому разі — спондилоартрозу.

Подальші дії лікаря зумовлені особливостями анамнеза хвороби (наявність «грижового» анамнезу), результатами інструментальної візуалізації поперекково-крижової ділянки, а також результатами застосування обчислювальних прогностичних таблиць, які дозволяють прийняти рішення на користь певногго способу перкутанної ендоскопічної дискектомії на кількісній основі.

Використання розробленого методу передопераційного планування способу перкутанної ендоскопічної дискектомії грижі $L_V–S_I$ міжхребцевого диска проілюструємо клінічним прикладом.

Клінічний приклад № 3

Пацієнтка 44 років скаржиться на постійний інтенсивний біль по задній поверхній лівої нижньої кінцівки, біль у поперековому відділі хребта меншої інтенсивності. Больові відчуття у нижній кінцівці незначно зменшуються в анталгічній позі (лежачи на лівому боці із зігнутою у кульшовому та колінному суглобах лівою ногою), посилюється під час будь-яких навантажень та рухів тулуба, при поворотах у ліжку, при експіраторних феноменах. Біль у поперековому відділі хребта турбує близько трьох років, лікувалася консервативно у поліклініці за місцем проживання. 8 тижнів тому підняла важку сумку, після чого майже одразу з’явився біль у поперековому відділі хребта, який швидко посилився і суттєво обмежив рухи тулуба. Через 3 дні з’явився біль у лівій нозі, який за нетривалий час досяг значної інтенсивнтсі; біль у поперековому відділі хребта став менш інтенсивним. Пройшла 2 курси консервативного лікування у неврологічних стаціонарних відділеннях практично без ефекту.

При огляді звертає на себе увагу анталгічна кіфосколіотична деформація тулуба з вираженим асиметричним гіпертонусом

паравертебральних м’язів і повною функціональною блокадою поперекового відділу хребта — міофіксація тулуба. В неврологічному статусі — гіпестезія в зоні S_I дерматома ліворуч, пригнічення лівого ахилова рефлекса.

На представлених оглядових рентгенограмах попереково-крижового відділу хребта у 2-х проекціях визначається spina bifida S1, незначне звуження міжтілового проміжку в сегменті LV–SI. На аксіальному МРТ-скані LV–SI сегмента визначається екстарфорамінальна грижа LV–SI міжхребцевого диска (рис. 5.3).

а б в

Рисунок 5.3 Аксіальний скан МРТ (а) та еентгенограми попереково-крижового відділу хребта L_V–S_I сегмента (б, в) пацієнтки 44 років (пояснення у тексті).

Виходячи з алгоритму вибору способу перкутанної ендоскопічної дискектомії (рис. 5.2), у даної пацієнтки є радикулопатія в зоні S_I дерматома, інтенсивний біль, який зменшується в анталгічному положенні, «грижовий» анамнез та анталгічна деформація тулуба. Резуллтат МРТ підтверджує наявність екстрафорамінальної грижі L_V–S_I міжхребцевого диска та фактично рентгенологічну картину інтактного попереково-крижового відділу хребта, за винятком spina bifida S_1, що не впливає на виконання задньолатерального доступу. Отже, вже на даному етапі можна прийняти

позитивне рішення щодо виконання трансформамінальної ендоскопічної дискектомії.

Продовження рентгенологічних та МРТ-досліджень виявило наступнні дані: Іа тип висоти гребеня клубової кістки, крижово-клубовий кут 21º; висота L_V–S_I міжхребцевого отвору 8 мм; висота гребеня клубової кістки 12 мм; міжпоперечна висота праворуч 5 мм, ліворуч 5 мм; індекс висоти L_V–S_I диска 0,20; при МРТ виявлено екстрафорамінальну грижу L_V–S_I диска; відстань суглобова фасетка-тіло хребця праворуч 0 мм; орієнтація суглобової фасетки праворуч 54 º; I тип за Modic дегенерації замикальних пластин у сегменті L_{IV}–L_V.

За результатами використання обчислювальної таблиці 4.1:

ПК = 3+3+3+2+(-2)+(-1)+2+(-4)+2+0+3 = 11.

Отриманий результат ПК =11 балів є меншим порогу ПК= 13 балів для прийняття рішення на користь застосування трансформамінальної дискектомії, Використовуючи алгоритм вибору способу перкутанної ендоскопічної дискектомії, можна або продовжити обстежувати пацієнтку, або виконати їх відкриту мікродискектомію.

Як ми бачимо, найбільший негативний прогностичний коефіцієнт, що вплинув на кінцевий результат, належить такій ознаці, як екстрафорамінальна грижа L5-S1 міжхребцевого диска. За таких умов виконання «чистого» трансформамінального доступу може бути ускладненим і буде потрібним виконання парціальної фасетектомії.

Резюме

Розроблено метод передопераційного планування техніки перкутанної ендоскопічної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска, який грунтується на результатах комплексного доопераційного клінічного, рентгенологічного і МРТ-обстеження 94 пацієнтів, яким було виконано успішну мінімально інвазивну дискектомію грижі L_V–S_I диска (41 — трансформамінальна ендоскопічна дискектомія, 30 — інтерламінарна

ендоскопічна дискектомія, 23 — відкрита мікродискектомія). В процесі створення метод передопераційного планування техніки перкутанної ендоскопічної дискектомії грижі L_V–SI міжхребцевого диска також використовувались дані інформаційно-аналітичного дослідження релевантної науково-медичної інформації.

Розроблений метод вибору способу перкутанної ендоскопічної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска на етапі передопераційного планування включає в тому числі оптимізовану нами схему обстеження пацієнта з грижею L_V–S_I міжхребцевого диска та результати секвенційного статистичного аналізу у вигляді прогностичних обчислювальних таблиць для прийняття рішення на користь обраного способу мінімально інвазивної дискектомії: ендоскопічної трансфорамінальної дискектомії, або ендоскопічної інтерламінарної дискектомії, або відкритої мікродискектомії.

Схема обстеження пацієнта з грижею L_V–S_1 міжхребцевого диска, якому планується перкутанна ендоскопічна дискектомія, складається з блоків «Скарги», «Анамнез хвороби», «Ортопедичний статус», «Інструментальна візуалізація хребта», «Рентгенологічні та МРТ-дослідження», «Процедура секвенційного статистичного аналізу».

РОЗДІЛ 6
УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Проведення аналітичного обзору релевантної науково-медичної літератури з теми дисертаційного дослідження дозволило встановити, що трансформамінальна ендоскопічна дискектомія гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта — це одно з найбільш щадних мінімально інвазивних оперативних втручань [197, 204, 210]. Застосування в якості знеболення місцевої/регіональної анестезії, мінімальна інтраопераційна крововтрата, незначний нетривалий післяопераційний біль, швидке повернення до роботи, більш високий рівень задоволеності після операції роблять цю хірургічну процедуру унікальною [27, 76, 97]. ТЕД дозволяє уникнути ретракції корінців спинномозкових нервів та мінімізує резекцію кісткової тканини порівняно з інтерламінарною ендоскопічною дискектомією та звичайною задньою декомпресією [21, 57, 90]. Під час ендоскопічної дискектомії трансформамінальний доступ здійснюється через міжхребцевий отвір до безпечної зони трикутник Kabmin — анатомічний прохід від міжхребцевого отвору до диска, корінця спинномозкового нерва, що виходить, та твердої мозкової оболонки. Ендоскопічна канюля для досягнення міжхребцевого диска вводиться між твердою мозковою оболонкою й корінцем нерва, що виходить, з боку верхнього суглобового відростка [83]. У разі збільшення розмірів суглобового відростка з обмеженням трансформамінального доступу виконується парціальна фасетектомія або форамнопластика. На рівні L_V–S_I трансформамінальний доступ може бути додатково утрудненим внаслідок особливостей анатомічної будови :високого розташування гребеня клубової кістки, великого поперечного відростка L_V хребця й крила крижів.

Методика ТЕД потребує ретельного передопераційного планування з урахуванням рентгенанатомічних характеристик L_V–S_I сегмента й клубової

кістки, які визначають трансформамінальний доступ, враховуючи обмежену візуалізацію операційного поля та вузьке операційне вікно [86, 90].

В літературі обговорюються особливості операційного доступу до L_V–S_I міжхребцевого диска залежно від анатомічних деталей трикутника Kabmin, позиційних взаємовідносин висоти гребеня клубової кістки й кісткових елементів L_V хребця, величини суглобових фасеток дуговідростчатих суглобів при дискектомії форамінальних й екстрафорамінальних гриж люмбосакрального диска [100, 109, 116, 140, 170]. Однак даних щодо комплексної передопераційної рентгенанатомічної, в тому числі рентгенометричної оцінки позиційних взаємовідносин L_V–S_I сегмента, крил таза та конфігурації попереково-крижового відділу хребта в доступній літературі не виявлено.

Виходячи з цього, метою дисертаційного дослідження стало покращити результати ендоскопічного хірургічного лікування хворих з грижею L_V–S_I міжхребцевого диска на основі розробки методики передопераційного планування залежно від структурно-функціональних особливостей попереково-тазової ділянки.

Для досягненя мети було сформульвано 5 завдань, які стосувалися аналізу сучасної науково-медичної літератури щодо теми дисетраційної роботи; виконання порівняльного аналізу клініко-рентгенологічних й МРТ даних люмбосакрального сегмента й таза пацієнтів з успішними результатами мінімально інвазивної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска; дослідження вхаємозв’язку між вищевказаними рентгенолгічними й МРТ- параметрами; на основі секвенційного статистичного аналізу визначення інформативності та з’ясування кількісних критеріїв прогнозу вибору методу дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска; наукове обгрунтування, розроблення та апробування методики передопераційного планування методу мінімально інвазивної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска.

Матеріалом дослідження послужили протоколи клініко-рентгенологічного обстеження 90 пацієнтів (60 (67 %) чоловіка; 30 (33 %) жінка) віком 16–76 років з первинною мінімально інвазивною дискектомією грижі L_V–S_I міжхребцевого диска. Основну групу склали 37 хворих після трансформамінальної ендоскопічної дискектомії (група ТЕД); до першої групи порівняння були включені 30 пацієнтів після інтерламінарної ендоскопічної дискектомії (група ІЕД); друга група порівняння містила 23 хворих після відкритої мікродискектомії (група ВМДЕ). У ДУ «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І. Ситенка» НАМН України спостерігалися 11 хворих з групи ТЕД у 2020-2022 р.р. й усі пацієнти групи ВМДЕ у 2023–2025 р.р. 30 пацієнтів з групи ТЕД та усі хворі з групи ІЕД були під наглядом у Комунальному закладі «Рівненська обласна клінічна лікарня імені Юрія Семенюка» Рівненської обласної ради у 2020 р.

За методи дослідження в другому розділі двсертаційної роботи були обрані клінічні з ортопедичнвм обстеженням і визначенням в тому числі характеру анталгічних деформацій тулуба; динаміки інтенсивності болю за візуальною аналоговою шкалою VAS та рівня дисабілітації ODI за опитувальником Oswestry у до та післяопераційному періоді; при інструментальній візуалізації попереково-крижового відділу хребта з дослідженням морфометрії L_V–S_I сегмента, ступеня дегенерації нижньопоперекових хребтових сегментів за класифікаціями Modic та Pfirrmann, параметрів сагітального контуру попереково-крижового віділу хребта, позиції клубової кістки відносно L_V–S_I сегмента. В якості статисичних методів дослідження були обрані кореляційний аналіз за Пірсоном, секвенційний статистичний аналіз, описова статистика.

Третій розділ містить результати клініко-рентгенологічних досліджень. Була обгрунтована методика рентгенологічних й рентгенометричних досліджень попереково-тазової ділянки хребта та мрфометрії L_V–S_I сегмента.

Оцінка даних параметрів інструментальної візуалізації попереково-крижового відділу хребта у пацієнтів, які перенесли успішну ТЕД, показала наступне. Хворі були розподілені на: групу ТЕД1 (n=32; 91 %) з ТЕД та групу ТЕД2 (n=4; 9 %) з випадками конверсії ендоскопічної дискектомії у відкриту мікродискектомію (n=3) та інтраопераційної дискографії (n=1). Встановлено, що поперековий лордоз LL, нахил крижів SS, величина поперечних та суглобових відростків нижньопоперекових хребців, орієнтація суглобових фасеток з обох сторін, стадії дегенерації за Pfirrmann (IV–V) та Modic (тип 3) у сегменті L_V–S_I в обох групах були майже ідентичними. Групи розрізнялися: а) за висотою гребеня клубової кістки: у групі ТЕД1 переважно нижче горизонтальної лінії через середину ніжки L5 хребця (81 %; ($p<0,001$); б) за відстаню суглобова фасетка - тіло хребця на рівні L5-S1 з іпсілатеральної ((0,8±0,56) см у групі ТЕД1 та (2,0±0,82) см у групі ТЕД2) та контралатеральної сторони грижі диска ((0,6±0,41) см та (1,12±0,71) см відповідно). У групі ТЕД1 відстань суглобова фасетка — тіло хребця на рівні L_V–S_I з іпсілатеральної сторони грижі міжхребцевого диска (0,8±0,56) см незначно перевищувала показник з контралатеральної сторони (0,6±0,41) см. У 10 (32 %) випадках позитивного значення СФ-ТХ обсяг парціальної фасетектомії був збільшений до половини суглобової фасетки; в інших спостереженнях (21; 68 %) парціальна фасетектомія обмежувалася 1/4 суглобової фасетки. У групі ТЕД2 (конверсія операції та інтраопераційна дискографія) простежувалася тенденція до суттєвого збільшення відстані СФ-ТХ ((2,0±0,82) см іпсілатерально та (1,12±0,71) см контралатерально).

Основним контингентом серед пацієнтів з грижами L_V–S_I міжхребцевого диска, яким виконанано трансформінальну ендоскопічну дискектомію, були чоловіки (83 %) молодого віку (36.28±5.73) років.

Аналіз результатів хірургічного лікування у групі ТЕД показав, що у 3-х випадках відбулася конверсія ендоскопічної дискектомії у відкриту мікродискектомію через технічну неможливість здійснити

трансформінальний доступ. Крім того, в 1-му спостереженні з правостороннім компресійним синдромом L_V, S_I корінців в процесі виконання ендоскопічної дискектомії виникла необхідність в проведенні топічної діагностики грижі міжхребцевого диска. Ці 4 спостереження були розцінені як помілки у передопераційному плануванні методу мінімально інвазивної дискектомії грижі . Виходячи з цього, група ТЕД була розподілена на 2 групи: ТЕД1 з 37 хворих (28 (76 %) чоловіків, 9 (24 %) жінок), яким була виконана трансформінальна дискектомія за традиційною методикою, та ТЕД2 з 4 пацієнтів (3 (75 %) чоловіків, 1 (25 %) жінка) з помилками у передопераційному плануванні.

З метою дослідження причин помилок у передопераційному плануванні обсягу хірургічного втручання був проведений порівняльний ретроспективний аналіз доопераційних клінічних та рентгенологічних показників у групах ТЕД1 та ТЕД2. У групі ТЕД2 виборка недостатня для статистичних досліджень, тому виявлені міжгрупові відмінності між показниками груп ТЕД1 й ТЕД2 мали характер тенденцій.

Найчастіше у групі ТЕД1 зустрічалися латеральні (27 %), форамінальні (32 %) та екстрафорамінальні (22 %) грижі L_V–S_I міжхребцевого диска. У групі ТЕД2 виявлено тенденцію до майже рівномірного розподілу вищеперерахованих типів гриж, а також центральних гриж при відсутності парамедіанних гриж L_V–S_I диска.

При оцінці розташування найвищої точки гребеня клубової кістки відносно ніжок L_{IV}, L_V хребців на поперековій спондилограмі у боковій проекції, що здійснювалася за методикою K. C. Choi з співавторами, тип I був розподілений на наступні типи: Ia, який відповідає висоті гребеня клубової кістки нижче горизонтальної лінії, яка проходила через середину ніжки L_V хребця, та Iб, який містить відстань, розташовану між горизонтальною лінією середини ніжки L_V хребця та горизонтальною лінією верхнього краю ніжки L_V. Серед досліджуваних рентгенологічних, рентгенометричних та МРТ-показників майже ідентичними у групах ТЕД1

й ТЕД2 виявилися переважно параметри морфології L_V–S_I сегмента: усі 3 параметри поперечних відростків (міжпоперечна висота МПВ, міжпоперечна ширина МПШ, міжпоперечний проміжок МПП — відношення МПВ/МПШ) зі сторони, контралатеральної до локалізації грижі диску; сагіталізація суглобових фасеток з обох сторін, висота й індекс диска; а також 1 з 3-х параметрів міжхребцевого отвору (висота міжхребцевого отвору ВМО). Також близькими за значеннями були величини нахилу крижів SS. В той же час величина поперекового лордозу LL у хворих з групи ТЕД2 в середньому була у межах норми (61,0±3,1)º, тоді як у пацієнтів з групи ТЕД1 спостерігалося сплощення поперекового вигину (49,8±1,0)º.

По всіх інших показниках морфометрії L_V–S_I сегмента та позиції гребеня клубової кістки спостерігалися суттєві відмінності. Однією з основних була різниця у показниках міжхребцевого отвору: у групі ТЕД1 він був ширшим (3,5±0,1) мм та більш овальнимм за формою (1,6±0,2) порівняно з групою ТЕД2 ((3,0±0,0) мм та 1,2±0,2 відповідно). У групі ТЕД1 превалював тип Іа висоти гребеня клубової кістки (60 % випадків); при цьому тип Іа у пацієнтів даної групи спостерігався достовірно частіше порівняно з типом Іб ($p<0,01$) та ІІ ($p<0,001$). Суттєво відрізнялися між групами й усі три показники поперечних відростків L_V хребця зі сторони, іпсілатеральної до грижі міжхребцевого диска. Найбільші відмінності виявлено для міжпоперечної висоти МПВ_іпсі ((3,8±0,2) мм у групі ТЕД1 та (1,8±0,3) мм у групі ТЕД2) міжпоперечного проміжку МПП _іпсі (0,4±0,01 та 0,16±0,02 відповідно). Різниця у показниках міжпоперечної ширини була дещо меншою ((9,7±0,2) мм та (11,0±0,4) мм відповідно). У групі ТЕД2 простежувалася тенденція до сагіталізації та супутньої гіпертрофії суглобових фасеток з обох сторін (іпсі- та кнтралатеральної по відношенню до грижі диска), що зумовило суттєве збільшення відстані суглобова фасетка-тіло хребця також з обох сторін.

Під час порівняльного аналізу даних рентгенометричного 1 МРТ-дослідження пацієнтів, яким було проведено успішну трансформінальну й

інтерламінарну ендоскопічну дискектомію, було встновлено майже ідентичне переважання в обох групах гіпертрофії поперечних й суглобових відростків L_V, S_I хребців, значну частоту сагіталізації дуговідросткових суглобів L_V–S_I сегмента. Серед досліджуваних рентгенометричних параметрів L_V–S_I сегмента у групах ТЕД1 і ІЕД достовірно відрізнялися один від одного міжпоперечна висота МПВ_2 (відстань від латерального (вільного) кінця поперечного відростка L_V до крила крижів): ((0,23±0,1) см у групі ТЕД1; (0,12±0,1) см у групі ІЕД; $p<0,05$); висота гребеня клубової кістки ((1,21±0,17) см та (1,86±0,16) см відповідно). Виявлена також достовірна різниця між типами висоти клубової кістки: у групі ТЕД1 діагностувалися достовірно частіше типи 1а ($p<0,001$), у групі ІЕД — типи II ($p<0,001$) та III ($p<0,001$). Всі інші рентгенометричні параметри відрізнялися у групах ТЕД1 і ІЕД без статистичної достовірності. У групі А порівняно з групою ІЕД відстань між основою поперечного отростка L_V хребця та крилами крижів (МПВ_1) була більшою; МПШ — ширина поперечного відростка L_V була меншою, кут його наклона також був меншим; висота й ширина міжхребцевого отвору були більшими, а міжхребцевий отвір - більш круглим, висота й індекс диска більшими.

Порівняльний аналіз даних ісінструментальної візуалізації попереково-крижоаого відділу хребта й морфометрії L_V–S_I сегмента у пацієнтів, які піддалися успішній трансфорамінальній дискектомії та відкритій микродискектомії, дозволив встановити наступне. Основною відмінністю структурних показників попереково-тазової ділянки в досліджених групах виявилося достовірно більш високе розташування гребеня клубової кістки у пацієнтів з групи В ($p<0,001$). У пацієнтів з групи ТЕД1 висота гребеня клубової кістки в основному проектувалася нижче горизонтальної лінії, яка проходила через середину ніжки L_V хребця (тип Іа; 82 % спостережень), а також між горизонтальною лінією середини ніжки L5 хребця та горизонтальною лінією верхнього краю ніжки L_V (тип Іб; 18 % випадків). У групі ВМДЕ висота гребеня розташовувалася між нижньою крайовою

горизонтальною лінією ніжки L_{IV} і верхньою крайової горизонтальною лінією ніжки L_V (тип II; 58 %) та над нижньою крайовою горизонтальною лінією ніжки L_{IV} (тип III; 42 %).

Показник міжпоперечної висоти у групі ТЕД1 виявився достовірно більшим ($p<0,05$) аналогічного показника у групі ВМДЕ. Міжпоперечна ширина у групі А перевищувала величину МПШ у групі ВМДЕ, однак без статистично значимої різниці. Цікаво, що тип міжпоперечного проміжку L_V–S_I був майже ідентичним в обох групах ТЕД1 і ВМДЕ. Параметри висоти й ширини міжхребцевого отвору майже не відрізнялися один від одного, однак показник типу міжхребцевого отвору виявився більшим у групі ТЕД1: 0,54±0,39 порівняно з 0,30±0,11 у групі ВМДЕ. Такі результати відображують більш круглу форму міжхребцевого отвору у групі ТЕД1 і більш овальну - у групі ВМДЕ.

Сагітальний контур попереково-крижового відділу хребта в обох групах очікувано був майже ідентичним. Такий результат пояснюється наявністю в обох групах пацієнтів з грижею L_V–S_I міжхребевого диска, клінічна картина якої характеризується розвитком анталгічних міотонічних реакцій довгої паравертебральної мускулатури з формуванням анталгічного кіфозу або кіфосколіозу. Анталгічні міотонічні реакції нерідко розвивються в умовах дегенеративного сплощення поперекового лордозу.

У четвертому розділі наведені результати секвенційного статистичного аналізу. Використання послідовної прогностичної процедури у парі ТЕД/ІЕД дозволило встановити, що абсолютна величина прогностичних коефіцієнтів при передопераційному виборі методу ендоскопічної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска на користь трансфораміального доступу (ігноруючи ІЕД) є невеликою, не перевищує 3, а величина підсумкової суми прогностичних коефіцієнтів для прийняття рішення (+14) майже дорівнює пороговому значенню (+13). Така ситуація, на нашу думку, свідчить про певну складність при передопераційному

плануванні ТЕД і потребує ретельного аналізу даних візуалізації нижньопоперекового-тазової ділянки пацієнта.

Найбільш інформативними й достовірними ознаками виявилися Ia тип висоти гребеня клубової кістки (ПК=3; I=0,88; p<0,001) та величина крижово-клубового кута, яка є менше 23 º (ПК=3; I=0,41; p<0,001). Наступними за інформативністю та достовірністю є такі чинники, як висота міжхребцевого отвору на рівні $L_V–S_I \geq 6$ мм (ПК=3; I=0,37; p<0,01), висота гребеня клубової кістки ≤ 13 мм (ПК=2; I=0,36; p<0,01) та наявність латеральної грижі $L_V–S_I$ диска (ПК=2; I=0,30; p<0,05). Цікаво, що така ознака, як індекс висоти $L_V–S_I$ міжхребцевого диска ≥ 0,20 є достовірною, але незначно інформативною (ПК=2; I=0,22; p<0,05), хоча саме цей показник багато в чому визначає такі прогностичні ознаки, як величина крижово-клубового кута, висота міжхребцевого отвору, міжпоперечна висота з обох сторін (іпсілатеральної (ПК=-1; I=0,24; p<0,05) та контралатеральної (ПК=-2; I=0,25; p<0,05) до грижі диска). Звертає на себе увагу той факт, що прогностичні ознаки, які віддзеркалюють відсутність гіперпластичної деформації суглобових фасеток дуговідростчатих суглобів (відстань суглобова фасетка-тіло хребця ≤ -2 мм зі сторони, іпсілатеральної до грижі диска, на рівні L5-S1 (ПК=-2; I=0,21; p<0,05)) та сагіталізацію цих же суглобових фасеток (орієнтація суглобової фасетки ≥ 70 º (ПК=-2; I=0,21; p<0,05)) мають однакову інформативність і свідчать на користь вибору інтерламінарної дискектомії.

Також був проведений сенквенційний статистичний аналіз з обчислюванням прогностичних коефіцієнтів для групи ТЕД/ВМДЕ. Інформативність, а також абсолютна величина прогностичних коефіцієнтів при виборі між ТЕД та відкритою мікродискектомією значно більші у порівнянні з даними з таблиці 4.1. Це є цілком логічний результат: у разі ВМДЕ структурно-функціональні особливості нижньопоперекового-тазової ділянки не впливають на технічні умови виконання даного хірургічного втручання. Однак варто відмітити, що позиційне розташування гребеня

клубової кістки відносно люмбосакрльного сегмента є найбільщ інформативною і достовірною ознакою при виборі ТЕД як у обчислювальній парі ТЕД/ІЕД, так і у разі ТЕД/ВМДЕ: для Іа тип висоти гребеня клубової кістки ПК=3; І=0,88; p<0,001 та ПК=7; І=2,37; p<0,001 відповідно; для крижово-клубового кута ПК=3; І=0,41; p<0,001 та ПК=6; І=0,87; p<0,001 відповідно. Однак величина крижово-клубового кута у обчислювальних групах є різною: для ТЕД/ІЕД це ≤ 23 º; для ТЕД/ВМДЕ - ≥ 24 º (табл. 1; 2). Такі дані, на нашу думку, непрямо віддзеркалюють різні технічні умови виконання ендоскопічної дискектомії та відкритої малоінвазивної дискектомії. Використання прогностичної таблиці дозволяє планувати вибір методу мінімально інвазивної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска на основі достовірних кількісних рентгнеолгічних, рентгенометричних та МРТ-ознак нижньопоперекова-тазової ділянки.

Розроблений метод передопераційного планування техніки перкутанної ендоскопічної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска представлений в розділі 5. Даний метод грунтується на результатах комплексного доопераційного клінічного, рентгенологічного і МРТ-обстеження 94 пацієнтів, яким було виконано успішну мінімально інвазивну дискектомію грижі L_V–S_I диска (41 — трансформінальна ендоскопічна дискектомія, 30 — інтерламінарна ендоскопічна дискектомія, 23 — відкрита мікродискектомія). В процесі створення метод передопераційного планування техніки перкутанної ендоскопічної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска також використовувались дані інформаційно-аналітичного дослідження релевантної науково-медичної інформації.

Розроблений метод вибору способу перкутанної ендоскопічної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска на етапі передопераційного планування включає в тому числі оптимізовану нами схему обстеження пацієнта з грижею L_V–S_I міжхребцевого диска, якому планується перкутанна ендоскопічна дискектомія, та результати секвенційного статистичного аналізу у вигляді прогностичних обчислювальних таблиць

для прийняття рішення на користь обраного способу мінімально інвазивної дискектомії: ендоскопічної трансфорамінальної дискектомії, або ендоскопічної інтерламінарної дискектомії, або відкритої мікродискектомії.

Схема обстеження пацієнта з грижею $L_V–S_I$ міжхребцевого диска, якому планується перкутанна ендоскопічна дискектомія, складається з блоків «Скарги», «Анамнез хвороби», «Ортопедичний статус», «Інструментальна візуалізація хребта», «Рентгенологічні та МРТ-дослідження», «Процедура секвенційного статистичного аналізу».

ВИСНОВКИ

1. Установлено на основі інформаційно-аналітичних досліджень сучасної науково-медичної літератури, що трансформамінальна дискектомія є найбільш безпечним методом видалення гриж дисків серед однопортальних односторонніх ендоскопічних хірургічних процедур. Основними перевагами трансформамінальної дискектомії є цілісність параспінальних м'язів, менша травматизація м'яких тканин, менша періопераційну крововтрата, коротке перебування в лікарні, менша вартість госпіталізації та раннє повернення до роботи та повсякденної діяльності. Найчастіші ускладнення включають неповну декомпресію, повторну грижу міжхребцевого диска, післяопераційну дизестезію, пошкодження нервових корінців та дуротомію, гематому в ділянці післяопераційної рани.

2. За результатами порівняльного аналізу рентгенологічних, рентгенометричних й МРТ-показників у групі ТЕД1 порівняно з групою ТЕД2 визначалося більш низьке положення гребеня клубової кістки відносно ніжки L_V хребця, ширший міжхребцевий отвір, менший крижово-клубовий кут, менш широкий поперечний відросток L_V хребця, розташований більш високо по відношенню до крил крижів, менш сагітально орієнтовані дуговідросткові суглоби, зменшена відстань між суглобовою фасеткою та тілом хребця.

3. Порівняльний аналіз рентгенологічних, рентгенометричних й МРТ-ознак пацієнтів продемонстрував достовірно більш низьке розташування гребеня клубової кістки відносно ніжки L_V хребця ($p < 0,05$) та верхньої замикальної пластинки S_I хребця ($p < 0,001$), достовірно менший крижово-клубовий кут ($p < 0,05$), більшу відстань між поперечним відростком L_V хребця та кридами крижів ($p < 0,05$), більші розміри міжхребцевого отвору ($p < 0,05$), а також достовірно меншу сагітальну орієнтацію суглобових фасеток ($p < 0,05$) і достовірно меншу відстань між сагітальною фасеткою та краєм тіла хребця ($p < 0,05$) у групі ТЕД1 тпорівняно з групою ІЕД.

4. Порівняно з групою ВМДЕ, у групі ТЕД1 встановлено достовірно нижчу позицію гребеня клубової кістки відносно $LV–S_I$ сегмента ($p < 0,05$), достовірно більші розміри міжхребцевого отвору (($p < 0,05$)), а також чітку тенденцію до більшої міжпоперечної висоти, меншого розміру міжпоперечної ширини з іпсілатеральної сторони по відношенню до грижі диска, більшої висоти міжхребцевого диска, більш горизонтальної орієнтації суглобових відростків та більшої відстані суглобова фасетка-тіло хребця з обох (іпсі- та контралатеральної) сторін.

5. Аналіз результатів кореляційного аналізу за Пірсоном у групі ТЕД1 зареєстрував наявність сильних взаємозв'язків міжпоперечною висоти МПВ та міжпоперечного проміжку МПП ($r = 0,89$; $p<0,001$), висоти, ширини й форми міжхребцевого отвору ($r = 0,79$; $p<0,001$ для ВМО та ШМО; $r = 0,81$; $p<0,001$ для ВМО і ФМО; $r = 0,69$; $p<0,001$ для ШМО та ФМО), величини поперекового лордозу LL та нахилу крижів SS ($r = 0,67$; $p<0,001$).

У групі ІЕД простежено сильні кореляційні зв'язки міжпоперечні висоти, ширини й форми: ($r = 0,81$; $p<0,001$ для МПВ та МПП; $r = 0,94$; $p<0,001$для МПШ та МПП; $r = -0,57$; $p<0,001$для МПВ та МПШ), орієнтації суглобові фасетки дуговідросткового суглоба та відстані суглобова фасетка — тіло хребця: $r = 0,85$; $p<0,001$. Кореляції висоти й ширини міжхребцевого отвору, а також форми міжхребцевого отвору з його висотою майже не відрізнялися від таких у групі ТЕД1: $r = 0,89$; $p<0,001$ для ВМО та ФМО; $r = 067$; $p<0,001$для ШМО та ВМО.

Найбільш сильні достовірні кореляційні зв'язки у групі ВМДЕ простежувалися фактично між тими ж рентгенологічними параметрами, що і у групах ТЕД1 й ІЕД: $r = 0,81$; $p<0,001$ між МПВ та МПП; $r = 0,74$; $p<0,001$ між висотою та шириною міжхребцевого отвору; $r = 0,68$; $p<0,001$ між поперековим лордозом LL й нахилом крижів SS

6. Найбільш інформативними й достовірними прогностичними ознаками при виборі між трансформамінальною дискектомією та інтраламінарною дискектомією виявилися Іа тип висоти гребеня клубової

кістки (ПК=3; I=0,88; p<0,001), величина крижово-клубового кута ≤ 23 º (ПК=3; I=0,41; p<0,001), висота міжхребцевого отвору на рівні L_V–S_I ≥ 6 мм (ПК=3; I=0,37; p<0,01).

Найбільш інформативними й достовірними прогностичними ознаками при виборі між трансфорамінальною ендоскопічною дискектомією та відкритою мікродискектомією грижі L_V–S_I міжхребцевого диска виявилися Іа тип висоти гребеня клубової кістки (ПК=7; I=2,37; p<0,001), величина крижово-клубового кута ≥ 24 º (ПК=6; I=0,87; p<0,001), відношення висота міжхребцевого отвору / ширина міжхребцевого отвору на рівні L_V–S ≥ 1,1 (ПК=5; I=0,77; p<0,01).

7. Науково обгрунтовано, розроблено та впроваджено метод передопераційного планування способу перкутанної ендоскопічної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска на основі комплекних клінічних, якісних і кількісних рентгенологічних й МРТ-досліджень (параметри морфометрії L_V–S_I сегмента та проекційного розташування гребеня клубової кістки відносно L_V, S_I хребців) та результатів секвенційного статистичного аналізу (обчислювальні прогностичні таблиці).

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Опитування пацієнтів з радикулалгією в зоні S1 корінця спинномозкового нерва має бути ретельним, з деталізацією особливостей больового синдрому щодо факторів, які посилюють та зменшують інтенсивність відбитого болю.

2. Виявлення наявності радикулалгії, зміна інтенсивності якої залежить від ортопедичних навантажень (тривалі вертикальні або статичні пози) та відсутності «грижового» анамнезу потребує подальшого обстеження пацієнта з метою диференціації нестабільності хребтового сегмента або спондилоартрозу відповідно.

3. Виявлення в результаті інструментальних методів візуалізації травматичних або деструктивних змін у поперекових хребтових сегментах потребує додаткового ретельного обстеження з використанням методів променевої діагностики.

4. Відсутність МРТ-ознак грижі $L_V–S_I$ міжхребцевого диска за наявності відповідних скарг, «грижового» анамнезу та клінічної симптоматики (анталгічна деформація тулуба з міофіксацією поперекового відділу хребта) може бути хибнонегативним результатом; пацієнт потребує подальшого обстеження.

5. Отримання невизначеного результату при виборі техніки перкутанної ендоскопічної дискектомії з використанням обчислювальних прогностичних таблиць через наявність екстрафорамінальної грижі $L_V–S_I$ міжхребцевого диска потребує виконання парціальної фасетектомії під час трансфорамінального доступу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Беренов, К. В. Попереково-тазовий біль у вагітних: діаностика, прогнозування та лікування: автореф. дис... канд. мед. наук: 14.01.21. Харків, 2011

2. Колесніченко, В. А. Остеохондропатія хребта. Рання діагностика та прогнозування перебігу захворювання: автореф. дис.... д-ра мед.наук: 14.01.21. Київ, 2001

3. Овчинніков, О. М. Вивих головки ендопротеза кульшового суглоба: причини, профілактика та лікування: автореф. дис... канд. мед. наук: 14.01.21. Харків, 2019

4. Піонтковський, В. К. (2018). Ендоскопічна трансформінальна мікродискектомія поперекового відділу хребта. Ретроспективний аналіз 150 клінічних випадків. *Вісник ортопедії, травматології та протезування, 3*(98), 32-36. https://visnyk.uaot.com.ua/index.php/journal/issue/view/12/3-2018-pdf

5. Радченко, В. О. Оптимізація хірургічної тактики ат техніки операцій при дистрофічних захворюваннях поперекового відділу хребта: автореф. дис.... д-ра мед.наук: 14.01.20. Харків, 1996. 43 с.

6. Чернишов, О. Г. Механізми розвитку, діагностика та пронозування перебігу центрального поперекового спинального стеноза (клініко-експериментальне дослідження: автореф. дис... канд. мед. наук: 14.01.21. Харків, 2013. 22 с.

7. AbdElfattah, M., Elkazaz, M., & Khedr, A. S. (2022). Transforaminal percutaneous endoscopic lumbar Discectomy (TPELD) in caudal migrated lumbar disc Herniations: A case series and literature review. *Advanced Spine Journal*, *41*(1). https://doi.org/10.57055/2314-8969.1005

8. Abdel-Fattahi, A.-R., Irving, A., Baliga, S., Myinti, P.K., & Martin, K. R. (2023). How to spot the recurring lumbar disc? Risk factors for recurrent lumbar disc herniation (rLDH) in adult patients with lumbar disc prolapse: a

systematic review and meta-analysis. *Acta orthopaedica belgica,* 89, 381-392. https://doi.org/10.52628/89.3.11201

9. Ahn, Y. (2019). Endoscopic spine discectomy: Indications and outcomes. *International Orthopaedics*, *43*(4), 909-916. https://doi.org/10.1007/s00264-018-04283-w

10. Ahn, Y. (2025). Strategies to reduce rebound pain and facilitate early recovery after Transforaminal endoscopic lumbar Discectomy. *Journal of Clinical Medicine*, *14*(10), 3529. https://doi.org/10.3390/jcm14103529

11. Ahn, Y., Bae, S., Jo, D., & Yoo, B. (2025). Magnetic resonance imaging predictors of surgical difficulty in Transforaminal endoscopic lumbar Discectomy for far-lateral disc Herniation under local anesthesia. *Biomedicines*, *13*(4), 778. https://doi.org/10.3390/biomedicines13040778

12. Ahn, Y., Choi, J., & Lee, S. (2024). Access pain during Transforaminal endoscopic lumbar Discectomy for foraminal or Extraforaminal disc Herniation. *Diagnostics*, *14*(20), 2337. ttps://doi.org/10.3390/diagnostics14202337

13. Ahn, Y., Yoo, B. R., & Jung, J. (2021). The irony of the transforaminal approach. *Medicine*, *100*(40), e27412. https://doi.org/10.1097/md.0000000000027412

14. Al Qaraghli, M. I., & De Jesus, O. (2026). Lumbar Disc Herniation. [Updated 2023 Aug 23]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026 Jan-. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560878/

15. Alexander C, Varcallo M (2023) Lumbosacral radiculopathy. In: StatPearls. StatPearls Publishing. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430837/.

16. Alkhasawneh, M. H., Al-Mnayyis, A., & Bagain, Y. (2021). Spinal degeneration and degenerative disc disease correlation identified with magnetic resonance imaging. *Biomedical and Pharmacology Journal*, *14*(1), 491-496. https://doi.org/10.13005/bpj/2149

17. Azemi, E. S., Kola, I., Kola, S., & Tanka, M. (2022). Prevalence of lumbar disk Herniation in adult patients with low back pain based in magnetic resonance imaging diagnosis. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, *10*(B), 1720-1725. https://doi.org/10.3889/oamjms.2022.8768

18. Bartroff, J., Lai, T. L., & Shih, M. (2013). Sequential experimentation in clinical trials. *Springer Series in Statistics*. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6114-2

19. Baziashvili, V, & Khinikadze, M. (2023). Lumbar Microdiscectomy with Preservation of Ligamentum Flavum as A Means of Preventing Epidural Fibrosis. *Arch Neurol & Neurosci., 15*(4), https://doi.org/10.33552/ANN.2023.15.000866

20. Bhattacharya, P., & Burman, P. (2016). Hypothesis testing. *Theory and Methods of Statistics*, 125-177. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-802440-9.00006-0

21. Bombieri, F. F., Shafafy, R., & Elsayed, S. (2022). Complications associated with lumbar discectomy surgical techniques: A systematic review. *Journal of Spine Surgery, 8*(3), 377-389. https://doi.org/10.21037/jss-21-59

22. Bouhsina, N., Decante, C., Hardel, J., Rouleau, D., Abadie, J., Hamel, A., Le Visage, C., Lesoeur, J., Guicheux, J., Clouet, J., & Fusellier, M. (2022). Comparison of mri t1, t2, and T2* mapping with histology for assessment of intervertebral disc degeneration in an ovine model. *Scientific Reports*, *12*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-022-09348-w

23. Broz, K., Walk, R. E., & Tang, S. Y. (2021). Complications in the spine associated with type 2 diabetes: The role of advanced glycation end-products. *Medicine in Novel Technology and Devices,* 11, 100065. https://doi.org/10.1016/j.medntd.2021.100065

24. Cao, Z., Zhang, M., Jia, J., Zhang, G., Li, L., Yang, Z., Zheng, F., & Kang, X. (2025). Incidence and risk factors for modic changes in the lumbar spine: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Endocrinology,* 16. https://doi.org/10.3389/fendo.2025.1585552

25. Çetin, T., Kahraman, S., Kızılgöz, V., & Aydın, S. (2023). The comparison between herniated and non-herniated disc levels regarding Intervertebral disc space height and disc degeneration, a magnetic resonance study. *Diagnostics*, *13*(20), 3190. https://doi.org/10.3390/diagnostics13203190

26. Chan, J. P., Olson, T., Gabriel, B., Hashmi, S., Wu, H., Bow, H., Lee, Y., Bhatia, N., Oh, M., & Park, D. Y. (2025). What is the learning curve for endoscopic spine surgery? A comprehensive systematic review. *The Spine Journal.* https://doi.org/10.1016/j.spinee.2025.01.004

27. Chen, C., Ma, X., Zhao, D., Yang, H., Xu, B., Wang, Z., & Yang, Q. (2021). Full endoscopic lumbar Foraminoplasty with Periendoscopic visualized trephine technique for lumbar disc Herniation with migration and/or foraminal or lateral recess stenosis. *World Neurosurgery,* 148, e658-e666. https://doi.org/10.1016/j.wneu.2021.01.062

28. Chen, K., Wei, S., Tseng, C., Ou, S., Sun, L., & Chen, C. (2020). Transforaminal endoscopic lumbar Discectomy for L5–S1 disc Herniation with high iliac crest: Technical note and preliminary series. *Neurospine, 17*(Suppl 1), S81-S87. https://doi.org/10.14245/ns.2040166.060

29. Chen, M., Wang, Y., Yu, J., Xia, S., Zhang, X., Wang, Y., Yuan, Y., Jia, X., Sun, H., Wu, G., Wang, J., Cong, T., Kong, F., Hou, H., Yang, J., & Wang, Z. (2025). Unpacking the cost implications of diagnosis-related groups reform for lumbar disc herniation patients in Chinese medicine: A closer look at evidence from China. *Frontiers in Public Health,* 13. https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1631872

30. Chen, Q., Zhang, Z., Liu, B., & Liu, S. (2020). Evaluation of percutaneous Transforaminal endoscopic Discectomy in the treatment of lumbar disc Herniation: A retrospective study. *Orthopaedic Surgery, 13*(2), 599-607. https://doi.org/10.1111/os.12839

31. Chen, Z., Wang, X., Cui, X., Zhang, G., Xu, J., & Lian, X. (2022). Transforaminal versus interlaminar approach of full-endoscopic lumbar

discectomy under local anesthesia for L5/S1 disc herniation: a randomized controlled trial. *Pain Physician.,* 25, E1191-E1198.

32. Chen, Z., Zhao, J., Wang, L., Shao, H., Cao, L., He, X., Yang, Z., Ma, J., Chen, Q., Jiang, P., Zhang, L., & Hu, J. (2024). Prevalence of lumbar disc herniation and its associated factors: A cross-sectional study in Gansu. *PLOS ONE, 19*(12), e0310550. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0310550

33. Chen, C., Lin, G., Sharma, S., Kim, H., Sun, L., Wu, H., Chang, K., & Chen, Y. (2020). Suprapedicular Retrocorporeal technique of Transforaminal full-endoscopic lumbar Discectomy for highly downward-migrated disc Herniation. *World Neurosurgery*, *143*, e631-e639. https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.08.038.

34. Chen, X., Sandhu, H. S., Vargas Castillo, J., & Diwan, A. D. (2021). The association between pain scores and disc height change following discectomy surgery in lumbar disc herniation patients: A systematic review and meta-analysis. *European Spine Journal*, *30*(11), 3265-3277. https://doi.org/10.1007/s00586-021-06891-4

35. Cheng, Y., Cheng, X., & Wu, H. (2022). A comparative study of percutaneous endoscopic interlaminar discectomy and transforaminal discectomy for L5-S1 calcified lumbar disc herniation. *BMC Musculoskeletal Disorders, 23*(1). https://doi.org/10.1186/s12891-022-05186-z

36. Chiang, C., Hsieh, Y., Tsuang, F., Chiang, Y., & Wu, L. (2022). Assessment of spinal stability after Discectomy followed by annulus fibrosus repair and augmentation of the nucleus Pulposus: A finite element study. *Applied Sciences*, *12*(23), 11906. https://doi.org/10.3390/app122311906

37. Choi, K. (2016). Percutaneous endoscopic lumbar Discectomyfor L5-S1 disc Herniation: Consideration of theRelation between the iliac crest and L5-S1 disc. *Pain Physician*, *19*(2;2), E301-E308. https://doi.org/10.36076/ppj/2016.19.e301.

38. Crump, K. B., Alminnawi, A., Bermudez-Lekerika, P., Compte, R., Gualdi, F., McSweeney, T., Muñoz-Moya, E., Nüesch, A., Geris, L., Dudli, S.,

Karppinen, J., Noailly, J., Le Maitre, C., & Gantenbein, B. (2023). Cartilaginous endplates: A comprehensive review on a neglected structure in intervertebral disc research. *JOR SPINE, 6*(4). https://doi.org/10.1002/jsp2.1294

39. Dandurand, C., Mashayekhi, M. S., McIntosh, G., Singh, S., Paquet, J., Chaudhry, H., Abraham, E., Bailey, C. S., Weber, M. H., Johnson, M. G., Nataraj, A., Attabib, N., Kelly, A., Hall, H., Rampersaud, Y. R., Manson, N., Phan, P., Thomas, K., Fisher, C., … Dea, N. (2023). Cost consequence analysis of waiting for lumbar disc herniation surgery. *Scientific Reports, 13*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-023-31029-5

40. Davison, M. A., Lilly, D. T., Moreno, J., Cheng, J., Bagley, C., & Adogwa, O. (2019). Regional variation in nonoperative therapy utilization for symptomatic lumbar stenosis and spondylolisthesis: A 2-Year costs analysis. *Global Spine Journal, 10*(2), 138-147. https://doi.org/10.1177/2192568219844227

41. De Assis, R. R., Do Nascimento, W. O., Toulias, A., De Abreu Oliveira, D., De Mendonça, P.T.R., & Wirth, F. (2024). Transiliac Endiscopic Access for Transforaminal Approaches at L5-S1: Cases Report. *Columna 23*(4). https://doi.org/10.1590/S1808-185120242304291340

42. De Luca, C., Sun, Y., Stecco, A., Fede, C., Clair, C., Pirri, C., Trovarelli, G., & Stecco, C. (2026). Objective and non-invasive evaluation of fascial layers related to surgical or post-traumatic scars: A systematic review of the literature. *Life*, *16*(1), 133. https://doi.org/10.3390/life16010133

43. Di, L.; Wang, A.; Stillman, K.E.; Tierney, L.K.; Jackson, S.G.; Sasser, A.J.; Valecillo, A.; Cardinal, T.; Tigchelaar, S.; Khalafallah, A.M.; et al. A Systematic Review and Meta-Analysis of Preoperative Characteristics and Postoperative Outcomes in Patients Undergoing Endoscopic Spine Surgery: Part I Endoscopic Microdiscectomy. *J. Clin. Med.***2025**,*14*,6757. https://doi.org/10.3390/jcm14196757

44. Ding, Y., Liu, L., Shi, J., Zhang, X., Chen, R., & Xu, S. (2024). Biochemical changes in lumbar facet joint and disc degeneration by T2*

mapping. *BMC Musculoskeletal Disorders*, *25*(1). https://doi.org/10.1186/s12891-024-07265-9

45. Duval-Beaupère, G., Schmidt, C., & Cosson, P. (1992). A barycentremetric study of the sagittal shape of spine and pelvis: The conditions required for an economic standing position. *Annals of Biomedical Engineering, 20*(4), 451-462. https://doi.org/10.1007/bf02368136

46. Elmasry, S., Asfour, S., De Rivero Vaccari, J. P., & Travascio, F. (2015). Effects of tobacco smoking on the degeneration of the Intervertebral disc: A finite element study. *PLOS ONE, 10*(8), e0136137. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136137

47. Elnaggar, A. G., & Habib, H. A. (2024). Foraminal and far lateral lumbar disc herniation: Outcome of unilateral full facetectomy with instrumented fusion. *Egyptian Journal of Neurosurgery, 39*(1). https://doi.org/10.1186/s41984-023-00253-6

48. Esposito, D., Brown, B., Hancock, M. J., King, S. S., Searant, I. G., & Jenkins, H. (2025). MRI‐based grading systems for assessing lumbar disc degeneration: A scoping review. *JOR SPINE, 8*(3). https://doi.org/10.1002/jsp2.70113

49. Fang, N., Yan, S., & Yang, A. (2025). Research advances in unilateral endoscopic spinal surgery for the treatment of lumbar disc herniation: A review. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, *20*(1). https://doi.org/10.1186/s13018-025-06071-w

50. Fanous, A. A., Tumialán, L. M., & Wang, M. Y. (2020). Kambin's triangle: Definition and new classification schema. *Journal of Neurosurgery: Spine*, *32*(3), 390-398. https://doi.org/10.3171/2019.8.spine181475

51. Fardon, D. F., Williams, A. L., Dohring, E. J., Murtagh, F. R., Gabriel Rothman, S. L., & Sze, G. K. (2014). Lumbar disc nomenclature: version 2.0: Recommendations of the combined task forces of the North American Spine Society, the American Society of Spine Radiology and the American Society of

Neuroradiology. *Spine J. 14*(11), 2525-2545. doi: https://doi.org/10.1016/j.spinee.2014.04.022.

52. Ferreira, M., De Luca, K., Haile, L., Steinmetz, J., Culbreth, G., Cross, M., Kopec, J., Ferreira, P., Blyth, F., Buchbinder, R., Hartvigsen, J., Wu, A. M., Safiri, S., Woolf, A., Collins, G., Vollset, S., Smith, A., Cruz, J., Fututaki, K., … March, L. (2023). Global, regional, and national burden of low back pain, 1990–2020, its attributable risk factors, and projections to 2050: A systematic analysis of the global burden of disease study 2021. https://doi.org/10.2139/ssrn.4318392

53. Fu, Y., Yan, Y., Ru, X., & Qu, H. (2022). Analysis of chronic low back pain caused by lumbar Microinstability after percutaneous endoscopic Transforaminal Discectomy: A retrospective study. *Journal of Pain Research*, *15*, 2821-2831. https://doi.org/10.2147/jpr.s380060

54. Gadjradj, P. S., Broulikova, H. M., Van Dongen, J. M., Rubinstein, S. M., Depauw, P. R., Vleggeert, C., Seiger, A., Peul, W. C., Van Susante, J. L., Van Tulder, M. W., & Harhangi, B. S. (2022). Cost-effectiveness of full endoscopic versus open discectomy for sciatica. *British Journal of Sports Medicine, 56*(18), 1018-1025. https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-104808

55. Gadjradj, P. S., Harhangi, B. S., Amelink, J., Van Susante, J., Kamper, S., van Tulder, M., Peul, W. C., Vleggeert-Lankamp, C., & Rubinstein, S. M. (2020). Percutaneous Transforaminal endoscopic Discectomy versus open Microdiscectomy for lumbar disc Herniation. *Spine, 46*(8), 538-549. https://doi.org/10.1097/brs.0000000000003843

56. Gadjradj, P. S., Rubinstein, S. M., Peul, W. C., Depauw, P. R., Vleggeert-Lankamp, C. L., Seiger, A., Van Susante, J. L., De Boer, M. R., Van Tulder, M. W., & Harhangi, B. S. (2022). Full endoscopic versus open discectomy for sciatica: Randomised controlled non-inferiority trial. *BMJ,* 376, e065846. https://doi.org/10.1136/bmj-2021-065846

57. Gao, A., Yang, H., Zhu, L., Hu, Z., Lu, B., Jin, Q., Wang, Y., & Gu, X. (2020). Comparison of interlaminar and Transforaminal approaches for treatment of L₅/S₁ disc Herniation by percutaneous

endoscopic Discectomy. *Orthopaedic Surgery, 13*(1), 63-70. https://doi.org/10.1111/os.12831

58. Glennie, R. A., Urquhart, J. C., Koto, P., Rasoulinejad, P., Taylor, D., Sequeira, K., Miller, T., Watson, J., Rosedale, R., Bailey, S. I., Gurr, K. R., Siddiqi, F., & Bailey, C. S. (2021). Microdiscectomy is more cost-effective than a 6-Month Nonsurgical care regimen for chronic Radiculopathy. *Clinical Orthopaedics & Related Research*, *480*(3), 574-584. https://doi.org/10.1097/corr.0000000000002001

59. González-Johnson, L., Rojas-Sole, C., Hermosilla-Astudillo, F., Moreira, N., Rojas, E., & Zomosa, G. (2026). Lumbar disc herniation and radiculopathy: An integrative neurological review of pathophysiology, diagnosis, and evolving management paradigms. *Advanced Neurology*, *0*(0), 025440108. https://doi.org/10.36922/an025440108

60. Goyal, D. K., Divi, S. N., Bowles, D. R., Mujica, V. E., Kaye, I. D., Kurd, M. F., Woods, B. I., Radcliff, K. E., Rihn, J. A., Anderson, D. G., Hilibrand, A. S., Kepler, C. K., Vaccaro, A. R., & Schroeder, G. D. (2020). Does smoking affect short-term patient-reported outcomes after lumbar decompression? *Global Spine Journal, 11*(5), 727-732. https://doi.org/10.1177/2192568220925791

61. Griffith, J. F., Wang, Y. J., Antonio, G. E., Choi, K. C., Yu, A., Ahuja, A. T., & Leung, P. C. (2007). Modified Pfirrmann grading system for lumbar Intervertebral disc degeneration. *Spine*, *32*(24), E708-E712. https://doi.org/10.1097/brs.0b013e31815a59a0 .

62. Gubler, E. V. (1978). *Computational methods of analysis and recognition of pathological processes*

63. Guner, D., Asik, I., Ozgencil, G. E., Peker, E., & Erden, M. I. (2021). The Correlation of Epidural Fibrosis with Epiduroscopic and Radiologic Imaging for Chronic Pain after Back Surgery. *Pain Physician*, 24, E1219-E1226 https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34793648/

64. Güneş, D., Bostan, S., & Yılmaz, A. (2023). Cost-utility analysis of lumbar disc herniation: Surgery versus conservative treatment*. *International*

Journal of Healthcare Management, *18*(2), 195-204. https://doi.org/10.1080/20479700.2023.2283671

65. Hafeez, R, & Memon, I. (2022). MRI Grading of Lumbar Spine Degenerative Disc Disease using a Modified Pfirrmann Grading System. *J Liaquat Uni Med Health Sci. 21*(04), 281-284. https://doi.org/10.22442/jlumhs.2022.00956.

66. Hafez, A. A., Hamdy Ashry, A., Elsayed, A., El Tayeb, A., & ElShenawy, M. B. (2021). Incidence of iatrogenic lumbar spinal instability after Laminectomy, Discectomy or Facetectomy. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences, 9*(B), 588-592. https://doi.org/10.3889/oamjms.2021.6256

67. Han, J., Meng, X. H., Ji, Z., Niu, F., Zhu, N., Zhao, T., Shen, Z., Wang, Z., & Yang, Q. (2025). Quantitative assessment of lumbar intervertebral disc degeneration and its correlation with clinical symptoms: A study utilizing ultrashort time-of-echo and T2 mapping as biomarkers. *BMC Musculoskeletal Disorders*, *26*(1). https://doi.org/10.1186/s12891-025-09039-3.

68. Hao, D., Duan, K., Liu, T., Liu, J., & Wang, W. (2017). Development and clinical application of grading and classification criteria of lumbar disc herniation. *Medicine, 96*(47),e8676. https://doi.org/10.1097/md.0000000000008676

69. Hasan, G. A., & Qatran, M. H. (2023). Endoscopic spine surgery: The next golden standard technique in spinal surgeries. *Frontiers in Spinal Neurosurgery*. https://doi.org/10.5772/intechopen.1001469

70. He, H., Ma, J., Xiong, C., Wei, T., Tang, A., Chen, Y., & Xu, F. (2023). Development and validation of a nomogram to predict the risk of lumbar disk Reherniation within 2 years after percutaneous endoscopic lumbar Discectomy. *World Neurosurgery*, *172*, e349-e356. https://doi.org/10.1016/j.wneu.2023.01.026.

71. Hedman, T., & Rogers, A. (2025). Pathomechanics of early-stage lumbar Intervertebral disc degradation leading to Discogenic pain—A narrative review. *Bioengineering*, *12*(4), 389. https://doi.org/10.3390/bioengineering12040389.

72. Hincapié, C. A., Kroismayr, D., Hofstetter, L., Kurmann, A., Cancelliere, C., Raja Rampersaud, Y., Boyle, E., Tomlinson, G. A., Jadad, A. R., Hartvigsen, J., Côté, P., & Cassidy, J. D. (2024). Incidence of and risk factors for lumbar disc herniation with radiculopathy in adults: a systematic review. *European Spine Journal, 34*(1), 263-294. https://doi.org/10.1007/s00586-024-08528-8

73. Huang, K., Chen, G., Lu, S., Lin, C., Wu, S., Chen, B., Ying, J., Wang, Y., Zhu, M., & Teng, H. (2021). Early clinical outcomes of percutaneous endoscopic lumbar Discectomy for L4-5 highly down-migrated disc Herniation: Interlaminar approach versus Transforaminal approach. *World Neurosurgery*, *146*, e413-e418. https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.10.105.

74. Inam, M., Shah, F. A., & Iqbal, J. (2026). Surgical versus conservative management of lumbar disc prolapse: A systematic review and meta-analysis. *J Musculoskelet Surg Res.*, 10, 14-20. doi: 10.25259/JMSR_436_2025Ju

75. Jagoda, C., Spanos, S., & Siu, T. L. (2025). Effectiveness of microscopic tubular Discectomy for improved pain and mobility in far lateral lumbar disc Herniation: A systematic review. *Orthopaedic Surgery, 17*(12), 3289-3301. https://doi.org/10.1111/os.70187

76. Jarebi, M., Awaf, A., Lefranc, M., & Peltier, J. (2021). A matched comparison of outcomes between percutaneous endoscopic lumbar discectomy and open lumbar microdiscectomy for the treatment of lumbar disc herniation: A 2-year retrospective cohort study. *The Spine Journal, 21*(1), 114-121. https://doi.org/10.1016/j.spinee.2020.07.005

77. Jia, M., Sheng, Y., Chen, G., Zhang, W., Lin, J., Lu, S., Li, F., Ying, J., & Teng, H. (2021). Development and validation of a nomogram predicting the risk of recurrent lumbar disk herniation within 6 months after percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, *16*(1). https://doi.org/10.1186/s13018-021-02425-2.

78. Jiang, L., Xie, X., He, R., & Da, J. (2023). Analysis of risk factors for post-operative recurrence after percutaneous endoscopic lumbar discectomy in

patients with lumbar disc herniation: A meta-analysis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research, 18*(1). https://doi.org/10.1186/s13018-023-04378-0

79. Jiang, X., Gu, L., Xu, G., Cao, X., Jiang, J., Zhang, D., Xu, M., & Yan, Y. (2023). Nomogram for predicting the unfavourable outcomes of percutaneous endoscopic transforaminal discectomy for lumbar disc herniation: A retrospective study. *Frontiers in Surgery,* 10. https://doi.org/10.3389/fsurg.2023.1188517

80. Jitpakdee, K., Liu, Y., Kotheeranurak, V., & Kim, J. (2022). Transforaminal versus interlaminar endoscopic lumbar Discectomy for lumbar disc Herniation: A systematic review and meta-analysis. *Global Spine Journal, 13*(2), 575-587. https://doi.org/10.1177/21925682221120530

81. Jones, A., Clarke, A., Freeman, B. J., Lam, K. S., & Grevitt, M. P. (2005). The Modic classification. *Spine*, *30*(16), 1867-1869. https://doi.org/10.1097/01.brs.0000173898.47585.7d

82. Ju, C. I., & Lee, S. M. (2023). Complications and Management of Endoscopic Spinal Surgery. *Neurospine, 20*(1), 56-77. https://doi.org/10.14245/ns.2346226.113

83. Kambin, P., & Zhou, L. (1996). ▪ history and current status of percutaneous Arthroscopic disc surgery. *Spine, 21*(Supplement), 57S-61S. https://doi.org/10.1097/00007632-199612151-00006

84. Kandeel, M. M., Yousef, M. G., Saoud, A. M., & Abu-Elghait, Z. H. (2024). Percutaneous full-endoscopic transforaminal discectomy versus open microdiscectomy in the treatment of lumbar disc herniation: Randomized controlled trial. *The Egyptian Journal of Neurology, Psychiatry and Neurosurgery, 60*(1). https://doi.org/10.1186/s41983-024-00788-x

85. Karchevskaya, A. E., Poluektov, Y. M., & Korolishin, V. A. (2023). Understanding Intervertebral disc degeneration: Background factors and the role of initial injury. *Biomedicines, 11*(10), 2714. https://doi.org/10.3390/biomedicines11102714

86. Kim, H. S., Adsul, N., Kapoor, A., Choi, S. H., Kim, J. H., Kim, K. J., Bang, J. S., Yang, K. H., Han, S., Lim, J. H., Jang, J., Jang, I., &

Oh, S. (2018). A mobile outside-in technique of Transforaminal lumbar endoscopy for lumbar disc Herniations. *Journal of Visualized Experiments*, (138). https://doi.org/10.3791/57999-v

87. King, S., Magnussen, J., Elliott, J., & Hancock, M. J. (2023). Development of normalized quantitative measures of lumbar disc degeneration. *JOR SPINE, 6*(3). https://doi.org/10.1002/jsp2.1278

88. Kotheeranurak, V., Liawrungrueang, W., Quillo-Olvera, J., Siepe, C. J., Li, Z. Z., Lokhande, P. V., Choi, G., Ahn, Y., Chen, C., Choi, K., Van Isseldyk, F., Hagel, V., Koichi, S., Hofstetter, C. P., Del Curto, D., Zhou, Y., Bolai, C., Bae, J. S., Assous, M., … Kim, J. (2023). Full-endoscopic lumbar Discectomy approach selection. *Spine, 48*(8), 534-544. https://doi.org/10.1097/brs.0000000000004589

89. Kozlowska, K., Domisiewicz, K., Klepinowski, T., Kolodziej, W., Latka, D., & Latka, K. (2026). Full-endoscopic lumbar spine discectomy: In search of the optimal approach—a meta-analysis comparing interlaminar endoscopic lumbar discectomy (IELD) and transforaminal endoscopic lumbar discectomy (TELD). *Neurosurgical Review, 49*(1). https://doi.org/10.1007/s10143-026-04187-z

90. Krishnan, A., Anil, A., Mayi, S. C., Rai, R. R., Dave, M. B., Murkute, K., Panthackel, M., Vashishtha, A., Krishnan, P., & Dave, B. R. (2025). The Transiliac approach: A forgotten alternative for Transforaminal endoscopic decompression at the L5-S1 level in patients with high iliac crests. *Cureus.* https://doi.org/10.7759/cureus.100149

91. Krishnan, A., Murugan, C., Panthackel, M., Anil, A., Degulmadi, D., Mayi, S., Rai, R. R., Dave, M. B., Narvekar, M., Killekar, R., Krishnan, P. A., & Dave, B. R. (2024). Transforaminal endoscopic ventral stenosis decompression in calcified lumbar disc Herniation: A long term outcome in 79 patients. *World Neurosurgery,* 186, e191-e205. https://doi.org/10.1016/j.wneu.2024.03.104

92. Kuligowski, T., & Sipko, T. (2021). Lumbopelvic biomechanics in patients with lumbar disc Herniation—Prospective cohort study. *Symmetry, 13*(4), 602. https://doi.org/10.3390/sym13040602

93. Kumar, A., Kishun, J., Singh, U., Gaur, D., Mishra, P., & Pandey, C. (2023). Use of appropriate statistical tools in biomedical research: Current trend & status. *Indian Journal of Medical Research, 157*(4), 353-357. https://doi.org/10.4103/ijmr.ijmr_809_20

94. Kumari, C., Gupta, T., Gupta, R., Kumar, V., Sahni, D., Aggarwal, A., & Neelkamal. (2021). Cadaveric anatomy of the lumbar triangular safe zone of Kambin's in north west Indian population. *Anatomy & Cell Biology*, *54*(1), 35-41. https://doi.org/10.5115/acb.20.243

95. Kweon, M., Bak, K., Yi, H., Choi, K., Han, M., Na, M., & Chun, H. (2024). Changes in disc height as a prognostic factor in patients undergoing microscopic Discectomy. *Journal of Korean Neurosurgical Society*, *67*(2), 209-216. https://doi.org/10.3340/jkns.2023.0110

96. Kwon, W., & Hur, J. W. (2023). Overview and prevention of complications during fully endoscopic lumbar spine surgery. *Journal of Minimally Invasive Spine Surgery and Technique, 8*(2), 136-144. https://doi.org/10.21182/jmisst.2023.00864

97. Łątka, K., Kołodziej, W., Pawuś, D., Waligóra, M., Trompeta, J., Klepinowski, T., Lasowy, P., Tanaka, M., Łabuz-Roszak, B., & Łątka, D. (2024). Extremely rare complications in Uniportal spinal endoscopy: A systematic review with unique case analyses. *Journal of Clinical Medicine, 13*(6), 1765. https://doi.org/10.3390/jcm13061765

98. Lee, J. S., Lee, S., Kang, K., Oh, S. H., & Chae, D. (2025). Review of recent treatment strategies for lumbar disc Herniation (LDH) focusing on Nonsurgical and regenerative therapies. *Journal of Clinical Medicine, 14*(4), 1196. https://doi.org/10.3390/jcm14041196

99. Lee, S. G., & Ahn, Y. (2021). Transforaminal endoscopic lumbar Discectomy: Basic concepts and technical keys to clinical success. *International Journal of Spine Surgery*, *15*(suppl 3), S38-S46. https://doi.org/10.14444/8162

100. Lew, S. M., Mehalic, T. F., & Fagone, K. L. (2001). Transforaminal percutaneous endoscopic discectomy in the treatment of far-lateral and foraminal lumbar disc herniations. *Journal of Neurosurgery: Spine*, *94*(2), 216-220. https://doi.org/10.3171/spi.2001.94.2.0216.

101. Lewik, G., Lewik, G., Müller, L. S., Von Glinski, A., Schulte, T. L., & Lange, T. (2024). Postoperative epidural fibrosis: Challenges and opportunities - A review. *Spine Surgery and Related Research*, *8*(2), 133-142. https://doi.org/10.22603/ssrr.2023-0106

102. Li, L., An, J., Guo, L., Shan, X., Sun, Y., Li, J., Zhang, F., & Zhang, W. (2025). Comparison of percutaneous endoscopic lumbar discectomy (PELD) and unilateral biportal endoscopic (UBE) discectomy in the treatment of far lateral lumbar disc herniation (FLLDH): a retrospective study. *J Orthop Surg Res., 20*(1), 510. https://doi.org/10.1186/s13018-025-05906-w.

103. Li, P., Yang, F., Chen, Y., & Song, Y. (2021). Percutaneous transforaminal endoscopic discectomy for different types of lumbar disc herniation: A retrospective study. *Journal of International Medical Research, 49*(10). https://doi.org/10.1177/03000605211055045

104. Li, P., Yang, F., Tong, Y., Chen, Y., & Song, Y. (2021). Comparison of percutaneous Transforaminal endoscopic decompression and Transforaminal lumbar Interbody fusion in the treatment of single-level lumbar disc Herniation with Modic type I changes. *Journal of Pain Research*, 14, 3511-3517. https://doi.org/10.2147/jpr.s338342

105. Li, T., Yang, G., Zhong, W., Liu, J., Ding, Z., & Ding, Y. (2024). Percutaneous endoscopic transforaminal vs. interlaminar discectomy for L5–S1 lumbar disc herniation: A retrospective propensity score matching study. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research, 19*(1). https://doi.org/10.1186/s13018-024-04543-z

106. Li, W., Yan, Q., & Cong, L. (2021). Comparison of endoscopic Discectomy versus non-endoscopic Discectomy for symptomatic lumbar disc Herniation: A systematic review and meta-analysis. *Global Spine Journal, 12*(5), 1012-1026. https://doi.org/10.1177/21925682211020696

107. Li, Z., Yang, H., Zhang, Y., Han, C., Liu, Y., Guan, L., Yang, J., Hai, Y., & Pan, A. (2024). Percutaneous endoscopic transforaminal discectomy and unilateral biportal endoscopic discectomy for lumbar disc herniation: A comparative analysis of learning curves. *European Spine Journal, 33*(6), 2154-2165. https://doi.org/10.1007/s00586-024-08293-8

108. Li, J., Chu, X., Wan, W., Du, L., & Xu, B. (2023). Radiographic characteristics-based classification system for percutaneous endoscopic lumbar discectomy surgical approach selection in patients with L5–S1 disc herniation: A hierarchical clustering analysis. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, *13*(12), 8204-8217. https://doi.org/10.21037/qims-23-277

109. Li, P., Yang, F., Chen, Y., & Song, Y. (2021). Percutaneous transforaminal endoscopic discectomy for different types of lumbar disc herniation: A retrospective study. *Journal of International Medical Research*, *49*(10). https://doi.org/10.1177/03000605211055045

110. Licina, P., & Johnston, E. (2022). Recurrent Disc Herniation – Diagnosis and Management. Section 18, Chapter 2. In: Lumbar Spine Online Textbook.

111. Lin, Z., Lu, F., Ma, X., Xia, X., Zou, F., & Jiang, J. (2021). Roles of circular RNAs in the pathogenesis of intervertebral disc degeneration (Review). *Experimental and Therapeutic Medicine, 22*(5). https://doi.org/10.3892/etm.2021.10655

112. Linhares, D., Fonseca, J. A., Ribeiro da Silva, M., Conceição, F., Sousa, A., Sousa-Pinto, B., & Neves, N. (2021). Cost effectiveness of outpatient lumbar discectomy. *Cost Effectiveness and Resource Allocation*, *19*(1). https://doi.org/10.1186/s12962-021-00272-w

113. Lintz, M., Walk, R. E., Tang, S. Y., & Bonassar, L. J. (2022). The degenerative impact of hyperglycemia on the structure and mechanics of developing murine intervertebral discs. *JOR SPINE, 5*(1). https://doi.org/10.1002/jsp2.1191

114. Liu, C., Xiao, L., Zhang, Y., Zhao, Q., & Xu, H. (2020). Regeneration of annulus fibrosus tissue using a DAFM/PECUU-blended electrospun scaffold. *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition, 31*(18), 2347-2361. https://doi.org/10.1080/09205063.2020.1812038

115. Louis, R., Kollannur, L.J., Shaji, U. A., & Ranjith, C. G. (2023). Risk factors for recurrent lumbar disc herniation. *International Journal of Academic Medicine and Pharmacy (JAMP), 5*(4), 1311-1315. DOI: 10.47009/jamp.2023.5.4.264

116. Luan, J., Wang, Q., Lyu, D., Wang, Z., & He, Y. (2022). Comparable effectiveness of transforaminal endoscopic spine system technique combined with selective nerve root block between far lateral lumbar disc herniation and central or paracentral herniation. *Joint Diseases and Related Surgery*, *33*(3), 513-520. https://doi.org/10.52312/jdrs.2022.761

117. Luo, M., Wang, Z., Zhou, B., Yang, G., Shi, Y., Chen, J., Tang, S., Huang, J., & Xiao, Z. (2023). Risk factors for lumbar disc herniation recurrence after percutaneous endoscopic lumbar discectomy: A meta-analysis of 58 cohort studies. *Neurosurgical Review*, *46*(1). https://doi.org/10.1007/s10143-023-02041-0

118. Mansoor, A., Khan, H., Amin, F., Khan, A., & Kalib, A. (2025). Frequency of lumbar disc Herniation in patients with lower back pain on magnetic resonance imaging at Peshawar Institute of Cardiology. *Journal of Health, Wellness, and Community Research*, e541. https://doi.org/10.61919/8gzjq482

119. Mariscal, G., Torres, E., & Barrios, C. (2022). Incidence of recurrent lumbar disc herniation. *Journal of Craniovertebral Junction and Spine, 13*(2), 110-113. https://doi.org/10.4103/jcvjs.jcvjs_38_22

120. Martens, F., Lesage, G., Muir, J. M., & Stieber, J. R. (2018). Implantation of a bone-anchored annular closure device in conjunction with

tubular minimally invasive discectomy for lumbar disc herniation: A retrospective study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, *19*(1). https://doi.org/10.1186/s12891-018-2178-4

121. Modic, M. T., & Herfkens, R. J. (1990). Intervertebral disk: Normal age-related changes in MR signal intensity. *Radiology, 177*(2), 332-333. https://doi.org/10.1148/radiology.177.2.2217764

122. Morale, V., Tavares Junior, M.C., & Letaif. O. B. (2024). Comparison of interlaminar and transforaminal approaches in endoscopic lumbar discectomies. *Coluna/Columna, 23*(2). https://doi.org/10.1590/s1808-185120242302283486

123. Mu, X., Yu, C., Kim, S. W., Ou, Y., Wei, J., & Schöller, K. (2021). Correlation of Modic changes with sagittal Lumbopelvic parameters. *Journal of Pain Research*, *14*, 3877-3885. https://doi.org/10.2147/jpr.s345098

124. Nagamatsu, M., Maste, P., Tanaka, M., Fujiwara, Y., Arataki, S., Yamauchi, T., Takeshita, Y., Takamoto, R., Torigoe, T., Tanaka, M., Tanaka, R., & Moriue, S. (2022). Usefulness of 3d CT/Mri fusion imaging for the evaluation of lumbar disc Herniation and Kambin's triangle. *Diagnostics, 12*(4), 956. https://doi.org/10.3390/diagnostics12040956.

125. Nazwar, T. A., Bal'afif, F., Wardhana, D. W., & Panjaitan, C. (2025). A comparative study of transforaminal and interlaminar approaches in percutaneous endoscopic lumbar discectomy for L5-S1 disc Herniation: Systematic review. *Journal of Clinical Neuroscience,* 133, 111022. https://doi.org/10.1016/j.jocn.2024.111022

126. Nikpour, N., Fazelinejad, Z., Sametzadeh, M., Lordjani, M. A., & Moghadam, A. R. (2024). Anatomical assessment of the Kambin's triangle for percutaneous posterolateral transforaminal endoscopic surgery of lumbar intervertebral discs: A magnetic resonance imaging based study. *Anatomy & Cell Biology*, *57*(4), 523-534. https://doi.org/10.5115/acb.24.112

127. Ningthoujam, J. S., Naorem, A. S., & Ningthoukhongjam, S. D. (2021). Demographic profile of the patients with lumbar disc herniation presented

in a tertiary care center, Manipur. *Journal of Medical Society, 35*(2), 67-71. https://doi.org/10.4103/jms.jms_106_21

128. Noh, S. H., Ndraha, E., Shin, D. A., Cho, P. G., Kim, K. N., & Kim, S. H. (2022). Immediate postoperative lumbar spine magnetic resonance imaging: Correlation with postoperative pain in lumbar microdiscectomy. *Medicine*, *101*(43), e31287. https://doi.org/10.1097/md.0000000000031287

129. Öncü, M., & Mete, F. (2020). Age and gender-related changes in radiological findings of lumbar disc hernia detected by magnetic resonance imaging. *İstanbul Kanuni Sultan Süleyman Tıp Dergisi.* https://doi.org/10.5222/iksstd.2020.62634

130. Ono, K., Ohmori, K., Yoneyama, R., Matsushige, O., & Majima, T. (2022). Risk factors and surgical management of recurrent Herniation after full-endoscopic lumbar Discectomy using interlaminar approach. *Journal of Clinical Medicine, 11*(3), 748. https://doi.org/10.3390/jcm11030748

131. Osman, S. G., & Marsolais, E. B. (1997). Endoscopic Transiliac approach to L5-S1 disc and foramen. *Spine, 22*(11), 1259-1263. https://doi.org/10.1097/00007632-199706010-00020

132. Özcan-Ekşi, E. E., Yayla, A., Orhun, Ö., Turgut, V. U., Arslan, H. N., & Ekşi, M. Ş. (2021). Is the distribution pattern of Modic changes in vertebral end-plates associated with the severity of Intervertebral disc degeneration?: A cross-sectional analysis of 527 caucasians. *World Neurosurgery*, 150, e298-e304. https://doi.org/10.1016/j.wneu.2021.02.128

133. 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., … Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *Journal of Clinical Epidemiology,* 134, 178-189. https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2021.03.001

134. Page, P. S., Ammanuel, S. G., & Josiah, D. T. (2022). Evaluation of endoscopic versus open lumbar Discectomy: A multi-center retrospective review utilizing the American College of surgeons' national surgical quality improvement program (ACS-NSQIP) database. *Cureus*. https://doi.org/10.7759/cureus.25202

135. Pairaiturkar, P. P., Sudame, O. S., & Pophale, C. S. (2019). Evaluation of dimensions of Kambin's triangle to calculate maximum permissible cannula diameter for percutaneous endoscopic lumbar Discectomy : A 3-Dimensional magnetic resonance imaging based study. *Journal of Korean Neurosurgical Society, 62*(4), 414-421. https://doi.org/10.3340/jkns.2018.0091

136. Parenteau, C. S., Lau, E. C., Campbell, I. C., & Courtney, A. (2021). Prevalence of spine degeneration diagnosis by type, age, gender, and obesity using Medicare data. *Scientific Reports, 11*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-021-84724-6

137. Park, C., Lee, H., & Ryu, K. (2017). Comparison of root images between post-myelographic computed tomography and magnetic resonance imaging in patients with lumbar Radiculopathy. *Journal of Korean Neurosurgical Society, 60*(5), 540-549. https://doi.org/10.3340/jkns.2016.0809.008

138. Parwani, S., Sharma, M., Srivastava, V. K., & Bhanarkar, U. (2025). Study of Causes, Symptoms, and Diagnosis of Lumbar Disc Herniation. *CME Journal Geriartric Medicine, 7*(3), 1-10. https://doi.org/10.61336/cmejgm/2025-03-01.

139. Patel, P. D., Canseco, J. A., Houlihan, N., Gabay, A., Grasso, G., & Vaccaro, A. R. (2020). Overview of minimally invasive spine surgery. *World Neurosurgery*, 142, 43-56. https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.06.043

140. Patgaonkar, P., Datar, G., Agrawal, U., Palanikumar, C., Agrawal, A., Goyal, V., & Patel, V. (2020). Suprailiac versus transiliac approach in transforaminal endoscopic discectomy at L5-S1: A new surgical classification of L5—iliac crest relationship and guidelines for approach. *Journal of Spine Surgery, 6*(S1), S145-S154. https://doi.org/10.21037/jss.2019.09.14

141. Patgaonkar, P., Goyal, V., Patel, P., Dhole, K., Ravi, A., Patel, V., & Borole, P. (2023). An algorithm for selection of full endoscopic approach for symptomatic nerve root decompression. *North American Spine Society Journal (NASSJ),* 15, 100244. https://doi.org/10.1016/j.xnsj.2023.100244

142. Pfirrmann, C. W., Metzdorf, A., Zanetti, M., Hodler, J., & Boos, N. (2001). Magnetic resonance classification of lumbar Intervertebral disc degeneration. *Spine, 26*(17), 1873-1878. https://doi.org/10.1097/00007632-200109010-00011

143. Pojskic, M., Bisson, E., Oertel, J., Takami, T., Zygourakis, C., & Costa, F. (2024). Lumbar disc herniation: Epidemiology, clinical and radiologic diagnosis WFNS spine committee recommendations. *World Neurosurgery: X,* 22, 100279. https://doi.org/10.1016/j.wnsx.2024.100279

144. Postacchini, F., & Postacchini, R. (2010). Operative management of lumbar disc Herniation. *Acta Neurochirurgica Supplementum*, 17-21. https://doi.org/10.1007/978-3-211-99370-5_4

145. Prado, M., Mascoli, C., & Giambini, H. (2022). Discectomy decreases facet joint distance and increases the instability of the spine: A finite element study. *Computers in Biology and Medicine,* 143, 105278. https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2022.105278

146. Pratama, Y. T., Sumarwoto, T., Nicko Perdana, H., Dhanan Prastanika, S. & Ermawan, R. (2022). Percutaneous Endoscopic Transforaminal Discectomy Vs Conventional Open Lumbar Discectomy for Lumbar Disc Herniation: A Systematic Review. *Asian Journal of Orthopaedic Research 5* (2):286-297. https://journalajorr.com/index.php/AJORR/article/view/156.

147. Rajasekaran, S., Ramachandran, K., K S, S. V., Kanna, R. M., & Shetty, A. P. (2024). From Modic to disc Endplate bone marrow complex - The natural course and clinical implication of vertebral Endplate changes. *Global Spine Journal, 15*(1), 196-209. https://doi.org/10.1177/21925682241271440

148. Rajasekaran, S., Ramachandran, K., Kanna, R. M., & Shetty, A. P. (2024). Ligamentum Flavum flap technique in lumbar Microdiscectomy. *JBJS Essential Surgical Techniques*, *14*(4). https://doi.org/10.2106/jbjs.st.23.00049

149. Rajesh, N., Moudgil-Joshi, J., & Kaliaperumal, C. (2022). Smoking and degenerative spinal disease: A systematic review. *Brain and Spine*, *2*, 100916. https://doi.org/10.1016/j.bas.2022.100916

150. Rajpal, K., Singh, J., Bahadur, R., Bansal, K., Shyam, R., & Khatri, K. (2022). Postoperative epidural fibrosis prevention: Which is better–autologous fat versus Gelfoam. *Asian Spine Journal*, *16*(3), 343-351. https://doi.org/10.31616/asj.2020.0268

151. Rao, P., Maharaj, M. M., & Maalouly, J. (2023). Endoscopic lumbar discectomy vs microdiscectomy: Early results, complications and learning curve an Australian perspective. *Interdisciplinary Neurosurgery,* 31, 101674. https://doi.org/10.1016/j.inat.2022.101674

152. Riffenburgh, R. (2012). Sequential analysis and time series. *Statistics in Medicine,* 509-533. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384864-2.00024-x

153. Samir, A., Ashraf, A., Mosaid, E. M., Elhois, I. S., Abdullah, A., Elzanaty, F. A., Oun, A., Moftah, A. W., Elsisi, M., & Sobeeh, M. G. (2025). Risk factors and Reoperation rate in revision lumbar disc Herniation surgery: A systematic review and meta-analysis of 1,031,348 patients. *Global Spine Journal*, *16*(3), 1633-1647. https://doi.org/10.1177/21925682251392171

154. Saravi, B., Ülkümen, S., Couillard-Despres, S., Hassel, F., & Lang, G. (2022). Full-endoscopic versus conventional microsurgical therapy of lumbar disc herniation: A prospective, controlled, single-center, comprehensive cohort trial (FEMT-LDH trial). *Trials, 23*(1). https://doi.org/10.1186/s13063-022-06892-8

155. Scarcia, L., Pileggi, M., Camilli, A., Romi, A., Bartolo, A., Giubbolini, F., Valente, I., Garignano, G., D'Argento, F., Pedicelli, A., & Alexandre, A. M. (2022). Degenerative disc disease of the spine: From anatomy to pathophysiology and radiological appearance, with morphological and

functional considerations. *Journal of Personalized Medicine, 12*(11), 1810. https://doi.org/10.3390/jpm12111810

156. Schmidt, H., Reitmaier, S., Yang, D., Duda, G., & Pumberger, M. (2025). Degenerative relationships in lumbar intervertebral discs and facet joints: An MRI-based comparative study of asymptomatic individuals and patients with chronic and intermittent low back pain. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology,* 13. https://doi.org/10.3389/fbioe.2025.1502082

157. Seo, J., & Lee, J. W. (2023). Magnetic resonance imaging grading systems for central canal and neural foraminal stenoses of the lumbar and cervical spines with a focus on the Lee grading system. *Korean Journal of Radiology*, *24*(3), 224. https://doi.org/10.3348/kjr.2022.0351

158. Shen, S., Chen, H., Tsou, H., Lin, R., Shih, Y., Huang, C., Tang, C., Chen, H., Chang, C., & Tzeng, C. (2023). Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for L5-S1 disc herniation based on image analysis and clinical findings: A retrospective review of 345 cases. *Medicine, 102*(5), e32832. https://doi.org/10.1097/md.0000000000032832

159. Shen, J., Wang, X., Cai, B., Chen, Y., Zhang, G., Xu, J., & Lian, X. (2022). Transforaminal endoscopic lumbar discectomy with targeted puncture and foraminotomy for very highly migrated disc herniation: A technique note with case series. *Heliyon*, *8*(10), e11115. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11115.

160. Siccoli, A., Schröder, M. L., & Staartjes, V. E. (2020). Association of age with incidence and timing of recurrence after microdiscectomy for lumbar disc herniation. *European Spine Journal, 30*(4), 893-898. https://doi.org/10.1007/s00586-020-06692-1

161. Sienkiel, T., Gaska, M., Kalisz, J., Koszyk, P., & Jasiewicz, B. (2025). Interlaminar versus Transforaminal full-endoscopic lumbar Discectomy for L4–L5 disc Herniation: Operative time, radiation exposure, complications, and learning curve. *Cureus.* https://doi.org/10.7759/cureus.100376

162. Simpson, A. K., Lightsey, H. M., Xiong, G. X., Crawford, A. M., Minamide, A., & Schoenfeld, A. J. (2022). Spinal endoscopy: Evidence, techniques, global trends, and future projections. *The Spine Journal*, *22*(1), 64-74. https://doi.org/10.1016/j.spinee.2021.07.004

163. Sinha, M. B., Rachel John, M., Abraham Poonuraparampil, J., & Prasad Sinha, H. (2024). Dimensions of BONY Kambin's triangle pertaining to endoscopic procedure. *Medical Journal Armed Forces India*, *80*, S127-S134. https://doi.org/10.1016/j.mjafi.2022.12.018

164. Skou, S. T., Poulsen, E., Bricca, A., Dideriksen, M., Lohmander, L. S., Roos, E. M., & Juhl, C. B. (2022). Benefits and harms of interventions with surgery compared to interventions without surgery for musculoskeletal conditions: A systematic review with meta-analysis. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy,* *52*(6), 312-344. https://doi.org/10.2519/jospt.2022.11075

165. Słowiński, J., Żurek, M., Wypych-Ślusarska, A., Krupa-Kotara, K., Oleksiuk, K., Głogowska-Ligus, J., Kozioł, A., & Kozioł, M. (2022). Nationwide study of risk factors for reoperation after surgical treatment for degenerative spinal disease in Poland. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1613331/v1

166. Soar, H., Comer, C., Wilby, M., & Baranidharan, G. (2022). Lumbar radicular pain. *BJA Education,* *22*(9), 343-349. https://doi.org/10.1016/j.bjae.2022.05.003

167. Soliman, M. A., Francois, H., Aguirre, A. O., Khan, A., Hamouda, W., Ćorluka, S., Buser, Z., Cho, S. K., & Yoon, S. T. (2026). Preoperative clinical and radiographic risk factors for recurrent lumbar disc Herniation: Systematic review and meta-analysis. *Neurospine,* *23*(1), 42-58. https://doi.org/10.14245/ns.2551242.621

168. Song, Q., Zhao, Y., Li, D., Zhang, Y., Fan, L., Li, Q., Duan, D., & Shi, Z. (2021). Percutaneous endoscopic transforaminal discectomy for the treatment of L5 S1 lumbar disc herniation and the influence of iliac crest height on its

clinical effects. *Experimental and Therapeutic Medicine, 22*(2). https://doi.org/10.3892/etm.2021.10298

169. Sousa, J. M., Serrano, A., Nave, A., Mascarenhas, V., Nogueira, P., Gamelas, J., & Guimarães Consciência, J. (2023). Transforaminal endoscopic approach to L5S1: Imaging characterization of the lower lumbar spine and pelvis for surgical planning. *World Neurosurgery,* 175, e809-e817. https://doi.org/10.1016/j.wneu.2023.04.026

170. Su, Z., Liu, Z., Wang, M., Li, S., Lin, L., Yuan, Z., Pang, S., Feng, Q., Chen, T., & Lu, H. (2022). Three‐dimensional reconstruction of Kambin's triangle based on automated magnetic resonance image segmentation. *Journal of Orthopaedic Research, 40*(12), 2914-2923. https://doi.org/10.1002/jor.25303

171. Tezuka, F., Sakai, T., Abe, M., Yamashita, K., Takata, Y., Higashino, K., Chikawa, T., Nagamachi, A., & Sairyo, K. (2017). Anatomical considerations of the iliac crest on percutaneous endoscopic discectomy using a transforaminal approach. *The Spine Journal, 17*(12), 1875-1880. https://doi.org/10.1016/j.spinee.2017.06.012

172. Tornatore, I., Basile, A., Aureli, A., Tarantino, A., Orlando, G., & Buharaja, R. (2025). Effectiveness and Safety of Transforaminal Spinal Endoscopy: Analysis of 1000 Clinical Cases. *Diagnostics*, *15*(8), 1021. https://doi.org/10.3390/diagnostics15081021

173. Udby, P. M., Modic, M., Elmose, S., Carreon, L. Y., Andersen, M. Ø., Karppinen, J., & Samartzis, D. (2022). The clinical significance of the Modic changes grading score. *Global Spine Journal, 14*(3), 796-803. https://doi.org/10.1177/21925682221123012

174. Ukeba, D., Nagahama, K., Yamada, K., Abe, Y., Hyugaji, Y., Horita, Y., Endo, T., Ohnishi, T., Tachi, H., Hasegawa, Y., Sudo, H., & Iwasaki, N. (2025). Duckbill release technique for the outside-in method in full-endoscopic spine surgery via Transforaminal approach: A technical note. *World Neurosurgery*, *193*, 149-154. https://doi.org/10.1016/j.wneu.2024.10.120

175. Van Isseldyk, F., Padilla-Lichtenberger, F., Guiroy, A., Asghar, J., Quillo-Olvera, J., Quillo-Reséndiz, J., & Hagel, V. (2024). Endoscopic treatment of lumbar degenerative disc disease: A narrative review of full-endoscopic and unilateral Biportal endoscopic spine surgery. *World Neurosurgery,* 188, e93-e107. https://doi.org/10.1016/j.wneu.2024.05.047

176. Vialle, L., Balsano, M., Härtl, R., & Hussain, I. Interlaminar endoscopic lumbar discectomy (IELD). Lumbar disc herniation – central and posterolateral. AO Surgery Reference. Інтернет-ресурс; доступ https://surgeryreference.aofoundation.org/spine/degenerative/lumbar/disc-herniation-central-posterolateral/interlaminar-endoscopic-lumbar-discectomy

177. Vialle, L., Balsano, M., Härtl, R., & Hussain, I. Transforaminal endoscopic lumbar discectomy (TELD). Lumbar disc herniation – foraminal and extraforaminal. AO Surgery Reference. Інтернет-ресурс; доступ https://surgeryreference.aofoundation.org/spine/degenerative/lumbar/disc-herniation-foraminal-extraforaminal/transforaminal-endoscopic-lumbar-discectomy

178. Waguia, R., Gupta, N., Gamel, K. L., & Ukachukwu, A. (2022). Current and future applications of the Kambin's triangle in lumbar spine surgery. *Cureus.* https://doi.org/10.7759/cureus.25686

179. Wald, A. (1960). *Sequential Analysis*

180. Wang, Y., Guo, J., Li, S., Yuan, Y., & Zhao, J. (2025). Comparison of efficacy between transforaminal and interlaminar endoscopic discectomy for single-level lumbar disc herniation. *Medicine, 104*(52), e46711. https://doi.org/10.1097/md.0000000000046711

181. Wang, Z., Jian, F., Wu, H., Wang, X., Wang, K., Duan, W., Liu, Z., & Chen, Z. (2022). Treatment of upper lumbar disc Herniation with a Transforaminal endoscopic technique. *Frontiers in Surgery*, *9*. https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.893122

182. Wei, B., & Wu, H. (2023). Study of the distribution of lumbar Modic changes in patients with low back pain and correlation with lumbar degeneration

diseases. *Journal of Pain Research*, 16, 3725-3733. https://doi.org/10.2147/jpr.s430792

183. Widmer, J., Cornaz, F., Scheibler, G., Spirig, J. M., Snedeker, J. G., & Farshad, M. (2020). Biomechanical contribution of spinal structures to stability of the lumbar spine—novel biomechanical insights. *The Spine Journal*, *20*(10), 1705-1716. https://doi.org/10.1016/j.spinee.2020.05.541

184. Wiltse, L. L., Berger, P. E., & McCulloch, J. A. (1997). A system for reporting the size and location of lesions in the spine. *Spine, 22*(13), 1534-1537. https://doi.org/10.1097/00007632-199707010-00023

185. Wu, H., Hu, S., Liu, J., He, D., Chen, Q., & Cheng, X. (2022). Risk factors involved in the early and medium-term poor outcomes of percutaneous endoscopic Transforaminal Discectomy: A single-center experience. *Journal of Pain Research*, *15*, 2927-2938. https://doi.org/10.2147/jpr.s380946

186. Yamada, K., Nagahama, K., Abe, Y., Hyugaji, Y., Takahata, M., & Iwasaki, N. (2021). Morphological analysis of Kambin's triangle using 3d CT/Mri fusion imaging of lumbar nerve root created automatically with artificial intelligence. *European Spine Journal*, *30*(8), 2191-2199. https://doi.org/10.1007/s00586-021-06916-y

187. Yan, Y., Zhu, M., Cao, X., Zhang, Y., Zhang, X., Xu, M., & Zhang, D. (2020). Different approaches to percutaneous endoscopic lumbar discectomy for L5/S1 lumbar disc herniation: A retrospective study. *British Journal of Neurosurgery, 38*(1), 16-22. https://doi.org/10.1080/02688697.2020.1861218

188. Yang, C., Chen, C., Lin, M. H., Huang, W., Lee, M., Kim, J., & Chen, K. (2022). Complications of full-endoscopic lumbar Discectomy versus open lumbar Microdiscectomy: A systematic review and meta-analysis. *World Neurosurgery,* 168, 333-348. https://doi.org/10.1016/j.wneu.2022.06.023

189. Yang, J. S., Liu, K. X., Kadimcherla, P., Chu, L., Deng, Z. L., Chan, Y. K., Liu, P., Liu, T. J., & Hao, D. J. (2020). Can the novel lumboIliac triangle technique based on biplane oblique fluoroscopy facilitate transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy for patients with L5-S1 disc

herniation combined with high iliac crest? Case-control study of 100 patients. *Pain Physician.,* 23, 305-314. PMID: 32517397.

190. Yang, F., Ren, L., Ye, Q., Qi, J., Xu, K., Chen, R., & Fan, X. (2021). Endoscopic and microscopic interlaminar Discectomy for the treatment of far-migrated lumbar disc Herniation: A retrospective study with a 24-Month follow-up. *Journal of Pain Research*, *14*, 1593-1600. https://doi.org/10.2147/jpr.s302717.

191. Yang, J., Liu, R., Miao, Y., Nian, L., & Meng, X. (2023). Risk factors for recurrence after percutaneous endoscopic lumbar Discectomy: A meta-analysis. *World Neurosurgery*, *172*, 88-93. https://doi.org/10.1016/j.wneu.2023.02.009

192. Yang, L., Sun, C., Gong, T., Li, Q., Chen, X., & Zhang, X. (2022). T1ρ, T2 and T2* mapping of lumbar intervertebral disc degeneration: A comparison study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, *23*(1). https://doi.org/10.1186/s12891-022-06040-y

193. Yeung, A. T., & Tsou, P. M. (2002). Posterolateral endoscopic excision for lumbar disc Herniation. *Spine*, *27*(7), 722-731. https://doi.org/10.1097/00007632-200204010-00009

194. Yoo, Y., & Kim, K. (2023). Facet joint disorders: From diagnosis to treatment. *The Korean Journal of Pain*, *37*(1), 3-12. https://doi.org/10.3344/kjp.23228

195. Yoshikane, K., Kikuchi, K., & Okazaki, K. (2021). Posterolateral Transforaminal full-endoscopic lumbar Discectomy for foraminal or Extraforaminal lumbar disc Herniations. *World Neurosurgery*, *146*, e1278-e1286. https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.11.141

196. Yousof, M., Din, R. U., Ahmad, M., Khattak, S., & Ali, S. (2021). The Prevalence of Pathologies Causing Low Back Pain Using Magnetic Resonance Imaging for Categorization. *OMICS J Radiol., 10*(4): 323. https://doi.org/10.4172/2167-7964.1000323.

197. Yuan, S., Lu, X., Zang, L., Mei, Y., Fan, N., & Du, P. (2024). Percutaneous Transforaminal endoscopic Discectomy for adjacent segment disease versus lumbar disc Herniation in elderly patients. *Journal of Pain Research,* 17, 2257-2265. https://doi.org/10.2147/jpr.s457225

198. Yuan, F. (2023). Development and validation of a prognostic model for the risk of recurrent lumbar disc Herniation after percutaneous endoscopic Transforaminal Discectomy. *Pain Physician Journal*, *26*(1), 81-90. https://doi.org/10.36076/ppj.2023.26.81

199. Zhang, G., Liu, M., Chen, H., Wu, Z., Gao, Y., Ma, Z., He, X., & Kang, X. (2021). NF‐κb signalling pathways in nucleus pulposus cell function and intervertebral disc degeneration. *Cell Proliferation, 54*(7). https://doi.org/10.1111/cpr.13057

200. Zhang, H., Gao, J., Xie, Q., & Zhang, M. (2025). Comparison of 7 surgical interventions for recurrent lumbar disc herniation: A network meta-analysis and systematic review. *PLOS ONE, 20*(3), e0309343. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0309343

201. Zhang, H., Liao, H., Bai, D., Wang, Z., & Xie, X. (2021). MAPK /ERK signaling pathway: A potential target for the treatment of intervertebral disc degeneration. *Biomedicine & Pharmacotherapy,* 143, 112170. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.112170

202. Zhang, J., Gao, Y., Zhao, B., Li, H., Hou, X., & Yin, L. (2022). Comparison of percutaneous transforaminal endoscopic discectomy and open lumbar discectomy for lumbar disc herniations: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Surgery,* 9. https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.984868

203. Zhang, Y., Chu, J., Xia, Y., Xie, Y., Zhang, R., Chen, X., Chen, Z., & Yao, X. (2023). Research trends of percutaneous endoscopic lumbar Discectomy in the treatment of lumbar disc Herniation over the past decade: A bibliometric analysis. *Journal of Pain Research*, *16*, 3391-3404. https://doi.org/10.2147/jpr.s421837

204. Zhao, Q., Xiao, L., Wu, Z., Liu, C., & Zhang, Y. (2022). Comparison of the efficacy of fully endoscopic spine surgery using transforaminal and interlaminar approaches in the treatment of prolapsed lumbar 4/5 disc herniation. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research, 17*(1). https://doi.org/10.1186/s13018-022-03282-3

205. Zhao, S., Yao, Z., Wang, Q., Huang, P., Tu, Z., Xie, F., Ye, B., Ma, Y., Wang, Z., Luo, Z., & Hu, X. (2024). Prevalence, distribution characteristic and risk factors of lumbar vertebral axial rotation in patients with lumbar disc herniation: A retrospective study. *Scientific Reports, 14*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-024-55826-8

206. Zhao, Y., Tian, B., Ma, Q., & Zhang, M. (2023). Study on the clinical effect of percutaneous transforaminal endoscopic discectomy combined with annulus fibrosus repair in the treatment of single-segment lumbar disc herniation in young and middle-aged patients. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, *40*(3). https://doi.org/10.12669/pjms.40.3.3419

207. Zheng, B., Yu, P., Ma, K., Liu, H., & Liang, Y. (2025). Percutaneous endoscopic lumbar Discectomy via sacral ALA-transverse process approach for the treatment of far-lateral disc Herniation at L5/S1: A technical note and case series. *World Neurosurgery,* 202, 124406. https://doi.org/10.1016/j.wneu.2025.124406

208. Zhou, Z., Ni, H., Zhao, W., Gu, G., Chen, J., Zhu, Y., Feng, C., Gong, H., Fan, Y., & He, S. (2021). Percutaneous endoscopic lumbar Discectomy via Transforaminal approach combined with interlaminar approach for L4/5 and L5/S1 two‐level disc Herniation. *Orthopaedic Surgery, 13*(3), 979-988. https://doi.org/10.1111/os.12862

209. Zhou, M., Theologis, A. A., & O'Connell, G. D. (2023). Understanding the etiopathogenesis of lumbar intervertebral disc herniation: From clinical evidence to basic scientific research. *JOR SPINE*, *7*(1). https://doi.org/10.1002/jsp2.1289

210. Zhu, Y., Zhang, X., Gu, G., Fan, Y., Zhou, Z., Feng, C., Gu, X., & He, S. (2024). Clinical outcomes of percutaneous Transforaminal endoscopic Discectomy assisted with selective nerve root block for treating radicular pain with diagnostic uncertainty in the elderly. *Journal of Pain Research,* 17, 753-759. https://doi.org/10.2147/jpr.s402033

211. Zou, T., Liu, X., Wang, P., Chen, H., Wu, P., Feng, X., & Sun, H. (2023). Incidence of spontaneous resorption of lumbar disc Herniation. *Clinical Spine Surgery*, *37*(6), 256-269. https://doi.org/10.1097/bsd.0000000000001490

ДОДАТОК А

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Radchenko, V., Piontkovskyi, V., Kolesnichenko, V., **Holbaum, M.**, Chernyshov, O., & Palkin, O. (2024). Epidemiologicalrisk factors of recurrence of lumbar intervertebral disc herniation after primary discectomy (literature review). *Orthopaedics traumatology and prosthetics*, (4), 128–132. https://doi.org/10.15674/0030-598720234128-132 (*Особистий внесок - проведено пошук науково-інформаційної літератури, відібрані і проаналізовані релевантні літературні джерела*).

2. Kolesnichenko, V., Piontkovskyi, V., **Holbaum, M.,** Chernyshov, O., Palkin, O., & Palkin, B. (2025). Risk factors of recurrence lumbar intervertebral disc herniation after primary endoscopic transforaminal discectomy. part 1 (literature review). *Orthopaedics traumatology and prosthetics*, (2), 92–98. https://doi.org/10.15674/0030-59872025292-98 (*Особистий внесок - проведено пошук науково-інформаційної літератури, відібрані і проаналізовані релевантні літературні джерела*).

3. Piontkovskyi, V., Kolesnichenko, V., & **Holbaum, M.** (2026). Risk factors of recurrence lumbar disc herniation after primary endoscopic transforaminal discectomy. part 2. *Orthopaedics traumatology and prosthetics,* (1), 101–108. https://doi.org/10.15674/0030-598720261101-108 (*Особистий внесок - проведено пошук науково-інформаційної літератури, відібрані і проаналізовані релевантні літературні джерела*).

4. Piontkovskyi V. K., & **Holbaum, M. B.** (2026). Differences in preoperative radiographic parameters of the lumbosacral segment and pelvis in the case of transforaminal and interlaminar discectomy of L5-S1 intervertebral disc herniation. *Bulletin of problems biology and medicine*, 1(180), 318-327. http://dx.doi.org/10.29254/2077-4214-2026-1-180-318-327 (*Особистий внесок - ретроспективний аналіз клінічного матеріалу, статистична обробка та*

інтерпретування отриманих даних).

5. Piontkovskyi V. K., & **Holbaum**, M. B. (2026). Comparative analysis of the results of radiographic parameters of the transverse-pelvic region and radiographic morphometry of the L5-S1 segment. *Kharkiv Surgical School*, (1), 77-82. https://doi.org/10.37699/2308-7005.1.2026.11 (*Особистий внесок - ретроспективний аналіз клінічного матеріалу, статистична обробка та інтерпретування отриманих даних*).

6. Piontkovskyi, V. K., Kolesnichenko, V. A., & **Golbaum, M. B.** (2026). Evaluation of imaging parameters of the lower lumbar segments and pelvis for preoperative planning of transforaminal endoscopic discectomy of L5-S1 intervertebral disc herniation (pilot study). *The Journal of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series Medicine*, 34(2(59), 203–217. https://doi.org/10.26565/2313-6693-2026-59-03 (*Особистий внесок - ретроспективний аналіз клінічного матеріалу, статистична обробка та інтерпретування отриманих даних*).

7. Piontkovskyi, V. K., Kolesnichenko, V. A., Marchuk O. F. & **Holbaum, M. B.** (2026) Preoperative planning of minimally invasive discectomy for L5-S1 intervertebral disc herniation using sequential statistical analysis. Kharkiv Surgical School, (2), 70-76. https://doi.org/10.37699/2308-7005.1.2026.12 (*Особистий внесок - проведення секвенційного статистичного аналізу та інтерпретування отриманих даних*).

8. Гольбаум М.Б. (2024). Структурні зміни поперекових сегментів у хворих з грижами LIV-LV, LV-SI міжхребцевих дисків. *Тези доповідей XXI міжнародної науково-практичної конференції студентів, молодих вчених та фахівців «Актуальні питання сучасної медицини»* (18-19 квітня, с. 79). Харків.

9. Гольбаум М.Б. (2024). Первісна оцінка параметрів рухового стереотипу у хворих з грижами поперекових міжхребцевих дисків. Збірник тез *XXIV міжнародної науково-практичної конференції «Фізична культура, спорт і здоров'я»* (4 грудня, с. 269-270), Харків.

10. Піонтковський В.К., **Гольбаум М.Б.**, Колесніченко В.А. (2025). Клінічні фактори ризику незадовільних результатів перкутанної ендоскопічної трансформамінальної дискектомії гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта. «*Сучасні технології лікування і реабілітації захворювань і бойових пошкоджень опорно-рухової системи: Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 140-річчю від дня народження проф. М.І. Ситенка*» (4 грудня, с. 144-146), Харків. (*Особистий внесок – набір клінічного матеріалу, статистична обробка та інтерпретування отриманих даних*).

11. Колесніченко В.А., Тяжелов О.А., Карпінська О.Д., **Гольбаум М.Б**. (2025). Вплив змін сагітальних викривлень поперекового відділу хребта на силу м’язів спини і передньої стінки живота. «*Сучасні технології лікування і реабілітації захворювань і бойових пошкоджень опорно-рухової системи: Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 140-річчю від дня народження проф. М.І. Ситенка*» (4 грудня, с. 144-146), Харків. (*Особистий внесок – зібрано та проаналізовано літературні джерела, підготовлено матеріал до друку*).

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1

Кодування клініко-рентгенологічних й МРТ ознак і їх градацій при передопераційному плануванні методу малоінвазивної дискектомії грижі L_V–S_I міжхребцевого диска

X_i	Прогностичні ознаки	Градації	
1	2	3	
X_1	Вік	1 2 3 4	0 ≤ 44 роки 45-59 років ≥ 60 років
X_2	Стать	1 2 3	0 чоловіки жінки
X_3	Тривалість «грижового» катамнезу	1 2 3 4	0 ≤ 2 міс. 2,5-6 міс. ≥ 6,5 міс.
X_4	Анталгічна деформація тулуба	1 2 3 4	0 кіфосколіоз кіфоз гіперлордоз
X_5	Сторона компресії	1 2 3	0 справа зліва
Y_1	Тип висоти гребеня клубової кістки	1 2 3 4 5	0 Іа Іб II III
Y_2	Висота гребеня клубової кістки, мм	1 2 3 4	0 9-13 14-16 ≥ 17

1	2	3	
Y_3	Крижово-клубовий кут, градуси	1 2 3 4 5	0 ≤ 18 19-23 24-28 ≥ 29
Y_4	Міжпоперечна висота_іпсі, мм	1 2 3 4	0 ≤ 2 3-4 ≥ 5
Y_5	Міжпоперечна ширина_іпсі, мм	1 2 3 4	0 ≤ 8 9-10 ≥ 11
Y_6	Відношення міжпоперечна висота /міжпоперечна ширина_іпсі	1 2 3 4 5	0 ≤ 0,20 0,21-0,35 0,36-0,45 ≥ 0,46
Y_7	Міжпоперечна висота_контра, мм	1 2 3 4	0 ≤ 2 3-4 ≥ 5
Y_8	Міжпоперечна ширина_контра, мм	1 2 3 4	0 ≤ 8 9-10 ≥ 11
Y_9	Відношення міжпоперечна висота /міжпоперечна ширина_контра	1 2 3 4 5	0 ≤ 0,20 0,21-0,35 0,36-0,45 ≥ 0,46
Y_{10}	Висота міжхребцевого отвору, мм	1 2 3 4	0 ≤ 3 4-5 ≥ 6

1	2	3	
Y_{11}	Ширина міжхребцевого отвору, мм	1 2 3 4	0 ≤ 2 3-4 ≥ 5
Y_{12}	Відношення висота міжхребцевого отвору / ширина міжхребцевого отвору	1 2 3 4 5	0 ≤ 1,0 1,1-1,39 1,4-1,69 ≥ 1,7
Y_{13}	Висота L5-S1 міжхребцевого диска, мм	1 2 3 4 5	0 ≤ 2 2,1-2,9 3,0-3,9 ≥ 4,0
Y_{14}	Індекс висоти L5-S1 міжхребцевого диска	1 2 3 4 5	0 ≤ 0,12 0,13-0,15 0,16-0,19 ≥ 0,20
Z_1	Локалізація грижі міжхребцевого диска	1 2 3 4 5 6	0 центральна парамедіанна латеральна форамінальна екстрафорамінальна
Z_2	Орієнтація суглобової фасетки_іпсі, град.	1 2 3 4 5	0 ≤45 46-55 56-69 ≥70
Z_3	Орієнтація суглобової фасетки_контра, град.	1 2 3 4 5	0 ≤45 46-55 56-69 ≥70

1	2	3	
Z_4	Відстань суглобова фасетка-тіло хребця_іпсі, мм	1 2 3 4 5	0 ≤ -2 (-1)-0 (+1)-(+2) ≥ 3
Z_5	Відстань суглобова фасетка-тіло хребця_контра, мм	1 2 3 4 5	0 ≤ -2 (-1)-0 (+1)-(+2) ≥ 3
Z_6	Тип дегенерації замикальних пластинок та кісткової тканини тіла хребця за Modic у L3-L4 сегменті	1 2 3 4	0 I II III
Z_7	Тип дегенерації замикальних пластинок та кісткової тканини тіла хребця за Modic у L4-L5 сегменті	1 2 3 4	0 I II III
Z_8	Тип дегенерації замикальних пластинок та кісткової тканини тіла хребця за Modic у L5-S1 сегменті	1 2 3 4	0 I II III
Z_9	Ступінь дегенерації L3-L4 міжхребцевого диска за Pfirrmann	1 2 3 4 5 6	0 I II III IV V
Z_{10}	Ступінь дегенерації L4-L5 міжхребцевого диска за Pfirrmann	1 2 3 4 5 6	0 I II III IV V

1	2	3	
Z_{11}	Ступінь дегенерації $L_V–S_I$ міжхребцевого диска за Pfirrmann	1 2 3 4 5 6	0 I II III IV V

ДОДАТОК В

Таблиця В.1

Характер кореляційних зв'язків між рентгенологічними ознаками морфології L_V–S_I сегмента, позиційними параметрами висоти гребеня клубової кістки й сагітального контуру попереково-крижового відділу хребта у пацієнтів з групи ТЕД (трансформінальна ендоскопічна дискектомія)

	Вік	Тип ВКК	ВКК	ККТ	МПВ	МПШ	МПП	ОФ	СФ-ТХ	ВМО	ШМО	ФМО	ІВД	LL	SS
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Вік	1	-0,05	0,08	0,14	-0,01	-0,25	0,09	0,38	0,10	0,24	0,09	0,30	-0,02	-0,31	-0,25
Тип ВКК	-0,05	1	0,76	0,32	-0,19	-0,02	-0,19	-0,06	-0,10	-0,30	-0,29	-0,18	-0,13	0,32	0,22
ВКК	0,08	0,76	1	0,22	0,02	0,03	-0,01	-0,03	0,07	-0,23	-0,19	-0,18	0,05	0,21	0,18
ККТ	0,14	0,32	0,22	1	-0,22	0,22	-0,30	0,15	-0,02	0,22	0,20	0,16	-0,26	-0,37	-0,36
МПВ	-0,01	-0,19	0,02	-0,22	1	0,12	0,89	0,05	-0,07	0,00	0,03	-0,03	0,19	-0,27	-0,21
МПШ	-0,25	-0,02	0,03	0,22	0,12	1	-0,34	0,30	0,07	0,08	0,25	-0,12	-0,19	-0,23	-0,19

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
МПП	0,09	-0,19	-0,01	-0,30	0,89	-0,34	1	-0,12	-0,12	-0,05	-0,04	-0,03	0,23	-0,29	-0,22
ОФ	0,38	-0,06	-0,03	0,15	0,05	0,30	-0,12	1	0,39	0,15	0,11	0,14	0,05	0,39	0,32
СФ-ТХ	0,10	-0,10	0,07	-0,02	-0,07	0,07	-0,12	0,39	1	-0,07	-0,11	0,02	-0,19	0,29	0,26
ВМО	0,24	-0,30	-0,23	0,22	0,00	0,08	-0,05	0,15	-0,07	1	0,79	0,81	0,190	-0,37	-0,26
ШМО	0,09	-0,29	-0,19	0,20	0,03	0,25	-0,04	0,11	-0,11	0,79	1	0,69	-0,06	-0,18	-0,11
ФМО	0,30	-0,18	-0,18	0,16	-0,03	-0,12	-0,03	0,14	0,02	0,81	0,69	1	0,35	-0,36	-0,29
ІВД	-0,02	-0,13	0,05	-0,26	0,19	-0,19	0,23	0,05	-0,19	0,19	-0,06	0,35	1	0,22	0,18
LL	-0,31	0,32	0,21	-0,37	-0,27	-0,23	-0,29	0,39	0,29	-0,37	-0,18	-0,36	0.22	1	0,67
SS	-0,25	0,22	0,18	-0,36	-0,21	-0,19	-0,22	0,32	0,26	-0,26	-0,11	-0,29	0,18	0,67	1

Таблиця В.2

Характер кореляційних зв'язків між рентгенологічними ознаками морфології L_V–S_I сегмента, позиційними параметрами висоти гребеня клубової кістки й сагітального контуру попереково-крижового відділу хребта у пацієнтів з групи ІЕД (інтерламінарна ендоскопічна дискектомія)

	Вік	Тип ВКК	ВКК	ККТ	МПВ	МПШ	МПП	ОФ	СФ-ТХ	ВМО	ШМО	ФМО	ІВД	LL	SS
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Вік	1	0,26	0,27	0,03	-0,29	0,66	-0,58	-0,44	-0,41	0,37	0,35	0,20	0,00	-0,48	-0,37
Тип ВКК	0,26	1	0,88	0,13	-0,14	0,39	-0,32	-0,44	-0,49	0,04	-0,12	0,28	-0,18	0,31	0,27
ВКК	0,27	0,88	1	0,07	0,04	0,42	-0,27	-0,38	-0,42	0,08	0,04	0,11	-0,18	0,34	0,26
ККТ	0,03	0,13	0,07	1	-0,16	0,04	-0,09	-0,04	-0,01	-0,24	-0,36	0,07	0,21	0,36	0,24
МПВ	-0,29	-0,14	0,04	-0,16	1	-0,57	0,81	-0,01	-0,17	0,23	0,14	0,26	0,24	-0,28	-0,22
МПШ	0,66	0,39	0,42	0,04	-0,57	1	-0,94	-0,25	-0,24	0,04	0,21	-0,25	-0,20	-0,26	-0,19
МПП	-0,58	-0,32	-0,27	-0,09	0,81	-0,94	1	0,17	0,10	0,07	-0,10	0,30	0,24	-0,36	-0,23
ОФ	-0,44	-0,44	-0,38	-0,04	-0,01	-0,25	0,17	1	0,85	-0,23	-0,11	-0,31	0,16	0,56	0,44
СФ-ТХ	-0,41	-0,49	-0,42	-0,01	-0,17	-0,24	0,10	0,85	1	-0,37	-0,24	-0,38	0,15	0,54	0,39
ВМО	0,37	0,04	0,08	-0,24	0,23	0,04	0,07	-0,23	-0,37	1	0,89	0,67	-0,27	0,42	0,34
ШМО	0,35	-0,12	0,04	-0,36	0,14	0,21	-0,10	-0,11	-0,24	0,89	1	0,26	-0,39	0,40	0,32
ФМО	0,20	0,28	0,11	0,07	0,26	-0,25	0,30	-0,31	-0,38	0,67	0,26	1	0,07	0,44	0,36
ІВД	0,00	-0,18	-0,18	0,21	0,24	-0,20	0,24	0,16	0,15	-0,27	-0,39	0,07	1	0,38	0,33
LL	-0,48	0,31	0,34	0,36	-0,28	-0,26	-0,36	0,56	0,54	0,42	0,40	0,44	0,38	1	0,69
SS	-0,37	0,27	0,26	0,24	-0,22	-0,19	-0,23	0,44	0,39	0,34	0,32	0,36	0,33	0,69	1

Таблиця В.3

Характер кореляційних зв'язків між рентгенологічними ознаками морфології L_V–S_I сегмента, позиційними параметрами висоти гребеня клубової кістки й сагітального контуру попереково-крижового відділу хребта у пацієнтів з групи ВМДЕ (відкрита мікродискектомія)

	Вік	Тип ВКК	ВКК	ККТ	МПВ	МПШ	МПП	ОФ	СФ-ТХ	ВМО	ШМО	ФМО	ІВД	LL	SS
Вік	1	0,19	0,15	0,16	0,15	-0,30	0,19	0,13	-0,25	-0,28	-0,36	0,16	-0,04	0,32	0,30
Тип ВКК	0,19	1	0,85	0,10	-0,03	0,03	-0,09	-0,33	0,19	-0,20	-0,34	0,23	-0,03	0,21	0,18
ВКК	0,15	0,85	1	0,30	-0,08	0,21	-0,19	-0,23	0,20	-0,01	-0,12	0,16	-0,12	0,19	0,14
ККТ	0,16	0,10	0,30	1	-0,16	-0,04	-0,09	0,23	0,06	0,22	0,14	0,06	-0,35	0,33	0,24
МПВ	0,15	-0,03	-0,08	-0,16	1	-0,21	0,81	-0,13	0,24	-0,18	-0,13	-0,02	0,33	-0,24	0,21
МПШ	-0,30	0,03	0,21	-0,04	-0,21	1	-0,70	-0,20	0,16	0,18	0,38	-0,29	0,01	0,18	0,16
МПП	0,19	-0,09	-0,19	-0,09	0,81	-0,70	1	0,07	0,07	-0,21	-0,24	0,09	0,23	0,26	0,21
ОФ	0,13	-0,33	-0,23	0,23	-0,13	-0,20	0,07	1	-0,11	-0,37	-0,13	-0,25	-0,13	0,37	0,33
СФ-ТХ	-0,25	0,19	0,20	0,06	0,24	0,16	0,07	-0,11	1	0,20	0,20	-0,02	-0,04	0,35	0,30
ВМО	-0,28	-0,20	-0,01	0,22	-0,18	0,18	-0,21	-0,37	0,20	1	0,74	0,23	0,01	0,36	0,31
ШМО	-0,36	-0,34	-0,12	0,14	-0,13	0,38	-0,24	-0,13	0,20	0,74	1	-0,48	0,22	0,28	0,21
ФМО	0,16	0,23	0,16	0,06	-0,02	-0,29	0,09	-0,25	-0,02	0,23	-0,48	1	-0,24	-0,37	-0,33
ІВД	-0,04	-0,03	-0,12	-0,35	0,33	0,01	0,23	-0,13	-0,04	0,01	0,22	-0,24	1	0,34	0,29
LL	0,32	0,21	0,19	0,33	-0,24	0,18	0,26	0,37	0,35	0,36	0,28	-0,37	0,34	1	0,68
SS	0,30	0,18	0,14	0,24	-0,21	0,16	0,21	0,33	0,30	0,31	0,21	-0,33	0,29	0,68	1

Таблиця В.4

Статистичні показники клінічних, рентгенологічних й МРТ- ознак та їх градацій при виборі між трансфорамінальною та інтерламінарною ендоскопічною дискектомією грижі $L_V–S_I$ міжхребцевого диска

X_i	X^j	$P(x_i^j$ /ТЕД)	$P(x_i^j$ / ІЕД	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)	$\bar{P}(x_i^j$ / ІЕД	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)÷ $\bar{P}(x_i^j$ / ІЕД	**ПК$_i^j$**	**I_i^j**	**I_i**	**R**	**P**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
X_1	1	0	0	30,63	28,89	1,06	0	0,00			
	2	70,27	50,00	35,14	28,89	1,22	1	0,04			
	3	21,62	36,67	33,33	33,33	1,00	0	0,00			
	4	8,11	13,33	14,85	16,67	1,12	0	0,00	0,04	24	p>0.05
X_2	1	0	0	27,93	26,67	1,05	0	0,00			
	2	75,68	66,67	33,33	33,33	1,00	0	0,00			
	3	24,32	33,33	33,33	33,33	1,00	0	0,00	0,00	29-30	p>0.05
X_3	1	0	0	10,81	15,55	1,44	-2	0,06			
	2	8,11	13,33	8,11	7,78	1,04	0	0,00			
	3	16,21	10,00	33,33	33,33	1,00	0	0,00			
	4	75,68	76,67	30,63	28,89	1,06	0	0,00	0,06	20-21	p>0.05
X_4	1	0	0	41,44	44,45	1,07	0	0,00			
	2	48,65	56,67	29,73	30,00	1,01	0	0,00			

X_i	X^j	$P(x_i^j$ /ТЕД)	$P(x_i^j$ / ІЕД	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)	$\bar{P}(x_i^j$ / ІЕД	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)÷ $\bar{P}(x_i^j$ / ІЕД	$ПК_i^j$	I_i^j	I_i	R	P
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	3	40,54	33,33	38,71	33,33	1,16	1	0,04			
	4	10,81	10,00	17,12	14,44	1,19	1	0,02	0,06	19-20	p>0.05
X_5	1	0	0	18,92	16,67	1,13	1	0,02			
	2	45,95	40,00	33,33	36,67	1,10	0	0,00			
	3	54,05	60,00	33,33	33,33	1,00	0	0,00	0,02	25-26	p>0.05
Y_1	1	0	0	36,97	27,78	1,33	2	0,15			
	2	56,76	23,33	27,93	15,55	1,80	3	0,21			
	3	27,03	23,33	33,33	25,55	1,30	2	0,13			
	4	16,21	30,00	14,41	25,55	1,77	-2	0,09			
	5	0,00	23,33	5,40	17,78	3,29	-5	0,30	0,88	1	p<0,001
Y_2	1	0	0	23,42	20,00	1,17	2	0,10			
	2	70,27	36,67	33,33	22,22	1,5	2	0,12			
	3	29,73	30,00	33,33	30,00	1,11	0	0,00			
	4	0,00	23,33	9,91	17,78	1,79	-3	0,14	0,36	3	p<0,001
Y_3	1	0	0	3,60	8,89	2,50	-4	0,10			
	2	10,81	3,33	21,62	10,00	2,16	3	0,16			

X_i	X^j	$P(x_i^j$ /ТЕД)	$P(x_i^j$ / ІЕД	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)	$\bar{P}(x_i^j$ / ІЕД	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)÷ $\bar{P}(x_i^j$ / ІЕД	$ПК_i^j$	I_i^j	I_i	R	P
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	3	54,05	26,67	31,53	25,56	1,23	2	0,13			
	4	29,73	46,67	29,73	32,22	1,08	0	0,00			
	5	5,41	23,33	17,57	23,33	1,33	1	0,02	0,41	2	p<0,001
Y_4	1	0	0	3,61	12,22	3,39	-5	0,21			
	2	5,41	13,33	29,73	28,89	1,03	0	0,00			
	3	83,78	73,33	33,33	33,33	1,00	0	0,00			
	4	10,81	13,33	31,53	22,22	1,42	-1	0,03	0,24	7-9	p<0,01
Y_5	1	0	0	9,91	13,33	1,35	-1	0,01			
	2	18,92	26,67	22,52	22,22	1,01	0	0,00			
	3	48,65	40,00	33,33	33,33	1,00	0	0,00			
	4	32,43	33,33	27,02	24,44	1,11	0	0,00	0,01	27-28	p>0.05
Y_6	1	0	0	12,61	11,11	1,14	1	0,01			
	2	5,41	0,00	9,91	7,78	1,27	1	0,01			
	3	24,32	23,33	25,23	17,78	1,42	2	0,10			
	4	45,95	30,00	31,53	33,33	1,06	0	0,00			
	5	24,32	46,67	23,42	25,56	1,09	0	0,00	0,12	14-15	p<0.05

X_i	X^j	$P(x_i^j$ /ТЕД)	$P(x_i^j$ / ІЕД	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)	$\bar{P}(x_i^j$ / ІЕД	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)÷ $\bar{P}(x_i^j$ / ІЕД	$ПК_i^j$	I_i^j	I_i	R	P
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Y_7	1	0	0	16,21	24,45	1,51	-2	0,09			
	2	24,32	26,67	30,63	28,89	1,06	0	0,00			
	3	67,57	60,00	33,33	33,33	1,00	0	0,00			
	4	8,11	13,33	36,03	54,44	1,51	-2	0,16	0,25	5	p<0.01
Y_8	1	0	0	4,51	4,44	1,02	0	0,00			
	2	5,41	0,00	12,61	11,11	1,14	2	0,05			
	3	32,43	33,33	33,33	33,33	1,00	0	0,00			
	4	62,16	66,67	31,53	33,33	1,06	0	0,00	0,05	21-22	p>0.05
Y_9	1	0	0	4,59	2,00	2,30	3	0,03			
	2	24,32	20,00	26,12	26,67	1,02	0	0,00			
	3	54,05	60,00	33,33	33,33	1,00	0	0,00			
	4	21,63	20,00	25,23	26,67	1,06	0	0,02			
	5	0,00	0,00	2,98	2,00	1,49	2	0,00	0,05	29-30	p>0.05
Y_{10}	1	0	0	7,21	7,78	1,08	0	0,00			
	2	5,41	23,33	28,83	26,67	1,08	0	0,00			
	3	81,08	56,67	53,33	30,00	1,77	2	0,15	0,37		

X_i	X^j	$P(x_i^j$ /ТЕД)	$P(x_i^j$ / ІЕД	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)	$\bar{P}(x_i^j$ / ІЕД	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)÷ $\bar{P}(x_i^j$ / ІЕД	$ПК_i^j$	I_i^j	I_i	R	P
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	4	13,51	10,00	41,53	22,22	1,87	3	0,22		14-15	p<0.05
Y_{11}	1	0	0	4,50	8,89	1,98	-3	0,06			
	2	0,00	16,67	27,93	31,11	1,11	0	0,00			
	3	83,78	76,67	33,33	33,33	1,00	0	0,00			
	4	16,22	6,67	33,33	27,78	1,20	1	0,04	0,10	16	p>0.05
Y_{12}	1	0	0	10,81	10,00	1,08	0	0,00			
	2	16,22	23,33	14,41	15,55	1,08	0	0,00			
	3	27,02	23,33	26,13	30,00	1,15	-1	0,03			
	4	35,14	43,33	27,93	25,55	1.09	0	0,00			
	5	21,62	10,00	18,92	17,78	1,06	0	0,00	0,03	24	p>0.05
Y_{13}	1	0	0	18,02	21,11	1,17	-1	0,02			
	2	32,43	53,33	19,82	25,55	1,29	-1	0,03			
	3	27,02	23,33	31,53	33,33	1,06	0	0,00			
	4	35,14	23,33	22,52	15,55	1,45	2	0,09			
	5	5,41	0,00	13,51	7,78	1,74	2	0,06	0,20	10	p<0.05
Y_{14}	1	0	0	0,44	3,61	8,66	-9	0,14	0, 22		

X_i	X^j	$P(x_i^j$ /ТЕД)	$P(x_i^j$ / ІЕД	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)	$\bar{P}(x_i^j$ / ІЕД	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)÷ $\bar{P}(x_i^j$ / ІЕД	$ПК_i^j$	I_i^j	I_i	R	P
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	2	5,41	1,33	17,12	19,33	1,13	-1	0,02			
	3	45,95	56,67	25,23	26,00	1,02	0	0,00			
	4	24,32	20,00	31,53	28,89	1,09	0	0,00			
	5	24,32	10,00	16,21	10,00	1,62	2	0,06		6	p<0,01
Z_1	1	0	0	13,51	5,56	2,43	-4	0,16			
	2	6,67	16,22	8,89	11,71	1,32	1	0,01			
	3	20,00	18,92	22,22	21,62	1,03	0	0,00			
	4	40,00	29,73	30,00	23,01	1,42	2	0,13			
	5	30,00	29,73	24,44	22,52	1,09	0	0,00			
	6	8,10	3,33	12,61	11,11	1,14	1	0,01	0,30	4	p<0,01
Z_2	1	0	0	9,91	8,89	1,11	0	0,00			
	2	21,62	23,33	18,02	25,55	1,42	2	0,10			
	3	32,43	53,33	26,12	27,78	1,06	0	0,00			
	4	24,32	6,67	26,12	25,56	1,02	0	0,00			
	5	16,67	21,62	7,78	15,31	1,97	-3	0,11	0,21	8-10	p<0,01
Z_3	1	0	0	9,91	15,56	1,57	-2	0,06	0,16		

X_i	X^j	$P(x_i^j$ /ТЕД)	$P(x_i^j$ / ІЕД	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)	$\bar{P}(x_i^j$ / ІЕД	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)÷ $\bar{P}(x_i^j$ / ІЕД	$ПК_i^j$	I_i^j	I_i	R	P
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	2	8,11	30,00	16,22	21,11	1,30	-1	0,02			
	3	40,54	33,33	22,52	25,55	1,13	-1	0,03			
	4	18,92	13,33	30,63	23,33	1,31	1	0,03			
	5	32,43	23,33	17,12	12,22	1,40	1	0,03		13-14	p<0.05
Z_4	1	0	0	13,51	8,89	1,52	2	0,06			
	2	8,11	3,33	14,41	10,00	1,44	2	0,05			
	3	35,14	26,67	30,63	26,67	1,15	1	0,03			
	4	48,65	50,00	30,63	32,22	1,05	0	0,00			
	5	8,11	20,00	18,92	26,67	1,41	-1	0,04	0,21	13-14	p<0.05
Z_5	1	0	0	8,11	10,00	0,81	0	0,00			
	2	16,22	10,00	15,32	21,11	1,38	-1	0,02			
	3	29,73	53,33	29,73	32,22	1,08	0	0,00			
	4	43,24	33,33	27,93	30,00	0.93	0	0,00			
	5	10,81	3,33	18,02	12,22	1,47	2	0,07	0,09	18-19	p>0.05
Z_6	1	0	0	4,50	3,33	1,35	1	0,00			
	2	2,70	6,67	25,22	18,89	1,34	1	0,02	0,02		

X_i	X^j	$P(x_i^j$ /ТЕД)	$P(x_i^j$ / ІЕД	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)	$\bar{P}(x_i^j$ / ІЕД	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)÷ $\bar{P}(x_i^j$ / ІЕД	$ПК_i^j$	I_i^j	I_i	R	P
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	3	72,97	50,00	33,33	33,33	1,00	0	0,00			
	4	24,32	43,33	32,43	31,11	1,04	0	0,00		26-27	p>0.05
Z_7	1	0	0	9,01	16,67	1,85	-3	0,13			
	2	2,70	6,67	21,62	11,11	1,94	3	0,16			
	3	62,16	26,67	33,33	33,33	1,00	0	0,00			
	4	35,14	66,67	32,43	31,11	1,04	0	0,00	0,29	5	p<0,01
Z_8	1	0	0	11,71	22,22	1,90	3	0,17			
	2	0,00	0,00	1,80	0,00	0,00	0	0,00			
	3	5,41	0,00	33,33	33,33	1,00	0	0,00			
	4	94,59	100,00	33,33	33,33	1,00	0	0,00	0,17	12	p<0.05
Z_9	1	0	0	31,53	33,33	1.06	0	0,00			
	2	0,00	0,00	11,71	8,89	1,32	1	0,01			
	3	35,14	26,67	33,33	31,11	1,07	0	0,00			
	4	64,86	66,67	33,33	33,33	1,00	0	0,00			
	5	0,00	6,67	21,62	24,45	1,13	0	0,00			
	6	0,00	0,00	0,00	2,22	0,00	0	0,00	0,01	27-28	p>0.05

X_i	X^j	$P(x_i^j$ /ТЕД)	$P(x_i^j$ / ІЕД	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)	$\bar{P}(x_i^j$ / ІЕД	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)÷ $\bar{P}(x_i^j$ / ІЕД	$ПК_i^j$	I_i^j	I_i	R	P
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Z_{10}	1	0	0	0,00	0,00	0,00	0	0,00			
	2	0.00	0,00	11,71	8,89	1,32	1	0,01			
	3	35,14	26,67	20,72	15,56	1,33	1	0,02			
	4	27,02	20,00	33,33	31,11	1,07	0	0,00			
	5	37,84	46,67	21,62	24,45	1,13	0	0,00			
	6	0,00	6,67	12,61	17,78	1,41	-1	0,02	0,05	22-23	p>0.05
Z_{11}	1	0	0	0,00	2,22	0,00	0	0,00			
	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00			
	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00			
	4	0,00	0,00	13,51	13,33	1,01	0	0,00			
	5	40,54	40,00	33,33	33,33	1,00	0	0,00			
	6	59,46	60,00	33,33	33,33	1,00	0	0,00	0,00	29-30	p>0.05

Таблиця В.5

Статистичні показники клінічних, рентгенологічних й МРТ- ознак та їх градацій при виборі між трансфорамінальною та відкритою мікродискектомією грижі LV–SI міжхребцевого диска

X_i	X^j	$P(x_i^j$ /ТЕД)	$P(x_i^j$ / ВДМЕ	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)	$\bar{P}(x_i^j$ / ВДМЕ	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)÷ $\bar{P}(x_i^j$ / ВДМЕ	$ПК_i^j$	I_i^j	I_i	R	P
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
X_1	1	0	0	30,63	30,43	1,01	0	0,00			
	2	70,27	73,91	35,14	33,33	1,05	0	0,00			
	3	21,62	17,39	33,33	33,33	1,00	0	0,00			
	4	8,11	8,70	14,85	8,70	1,71	2	0,05	0,05		
X_2	1	0	0	27,93	20,29	1,38	1	0,03			
	2	75,68	52,17	33,33	33,33	1,00	0	0,00			
	3	24,32	47,83	33,33	20,29	1,64	2	0,12	0,15		
X_3	1	0	0	10,81	20,20	1,87	-3	0,15			
	2	8,11	13,04	8,11	14,49	1,79	-3	0,11			
	3	16,21	30,43	3,33	33,33	1,00	0	0,00			
	4	75,68	56,52	30,63	28,98	1,06	0	0,00	0,26		
X_4	1	0	0	41,44	39,13	1,06	0	0,00			

X_i	X^j	$P(x_i^j$ /ТЕД)	$P(x_i^j$ / ВДМЕ	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)	$\bar{P}(x_i^j$ / ВДМЕ	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)÷ $\bar{P}(x_i^j$ / ВДМЕ	$ПК_i^j$	I_i^j	I_i	R	P
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
	2	48,65	60,87	29,73	31,88	1,07	0	0,00			
	3	40,54	34,78	38,71	33,33	1,16	1	0,04			
	4	10,81	4,35	17,12	13,04	1,31	1	0,02	0,06		
X_5	1	0	0	18,92	17,39	1,09	0	0,00			
	2	45,95	47,83	33,33	33,33	1,00	0	0,00			
	3	54,05	52,17	33,33	33,33	1,00	0	0,00	0,00		
Y_1	1	0	0	36,97	18,84	1,96	3	0,28			
	2	56,76	4,35	27,93	5,80	4,82	7	0,79			
	3	27,03	13,04	33,33	73,91	2,22	-3	0,35			
	4	16,21	56,52	14,41	31,88	2,21	-3	0,18			
	5	0,00	26,09	5,40	27,54	5,1	-7	0,77	2,37		
Y_2	1	0	0	23,42	14,49	1,62	2	0,09			
	2	70,27	17,39	33,33	24,64	1,35	1	0,03			
	3	29,73	56,52	33,33	33,33	1,00	0	0,00			
	4	0,00	26,09	9,91	27,54	2,96	-5	0,49	0,61		

X_i	X^j	$P(x_i^j/ТЕД)$	$P(x_i^j/ВДМЕ)$	$\bar{P}(x_i^j/ТЕД)$	$\bar{P}(x_i^j/ВДМЕ)$	$\bar{P}(x_i^j/ТЕД) \div \bar{P}(x_i^j/ВДМЕ)$	$ПК_i^j$	I_i^j	I_i	R	P
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Y_3	1	0	0	3,60	10,15	2,82	-6	0,25			
	2	10,81	4,35	21,62	5,80	3,73	6	0,49			
	3	54,05	13,04	31,53	24,64	1,28	1	0,03			
	4	29,73	56,52	29,73	31,88	1,07	0	0,00			
	5	5,41	26,09	17,57	27,54	1,57	-2	0,10	0,87		
Y_4	1	0	0	3,61	13,04	3,61	-6	0,31			
	2	5,41	13,04	29,73	28,97	1,03	0	0,00			
	3	83,78	73,92	33,33	33,33	1,00	0	0,00			
	4	10,81	13,04	31,53	28,99	1,09	0	0,00	0,31		
Y_5	1	0	0	9,91	10,14	1,02	0	0,00			
	2	18,92	17,39	22,52	11,59	1,94	3	0,17			
	3	48,65	17,39	33,33	33,33	1,00	0	0,00			
	4	32,43	65,22	27,02	27,54	1,02	0	0,00	0,17		
Y_6	1	0	0	12,61	26,09	2,07	-3	0,19			
	2	5,41	13,04	9,91	14,49	1,46	-2	0,05	0,27		

X_i	X^j	$P(x_i^j$ /ТЕД)	$P(x_i^j$ / ВДМЕ	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)	$\bar{P}(x_i^j$ / ВДМЕ	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)÷ $\bar{P}(x_i^j$ / ВДМЕ	$ПК_i^j$	I_i^j	I_i	R	P
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	3	24,32	30,43	25,23	24,63	1,02	0	0,00			
	4	45,95	30,43	31,53	28,98	1,09	0	0,00			
	5	24,32	26,09	23,42	18,84	1,24	1	0,03			
Y_7	1	0	0	16,21	10,15	1,60	2	0,06			
	2	24,32	4,35	30,63	26,09	1,17	1	0,03			
	3	67,57	73,91	33,33	33,33	1,00	0	0,00			
	4	8,11	21,74	25,23	31,88	1,26	-1	0,03	0,12		
Y_8	1	0	0	4,51	7,25	1,61	-2	0,03			
	2	5,41	0,00	12,61	13,04	1,03	0	0,00			
	3	32,43	39,13	33,33	33,28	1,00	0	0,00			
	4	62,16	60,70	31,53	33,28	1,06	0	0,00	0,03		
Y_9	1	0	0	28,83	21,68	1,33	1	0,03			
	2	24,32	4,35	26,12	23,19	1,13	1	0,03			
	3	54,05	65,22	33,33	28,99	1,15	1	0,04			
	4	21,63	17,39	25,23	31,88	1,26	1	0,03	0,14		

X_i	X^j	$P(x_i^j/ТЕД)$	$P(x_i^j/ВДМЕ)$	$\bar{P}(x_i^j/ТЕД)$	$\bar{P}(x_i^j/ВДМЕ)$	$\bar{P}(x_i^j/ТЕД) \div \bar{P}(x_i^j/ВДМЕ)$	$ПК_i^j$	I_i^j	I_i	R	P
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
	5	0,00	13,04	7,21	10,14	1,41	-1	0,01			
Y_{10}	1	0	0	7,21	5,80	1,24	1	0,01			
	2	5,41	4,35	28,83	28,99	1,00	0	0,00			
	3	81,08	82,61	33,33	33,33	1,00	0	0,00			
	4	13,51	13,04	31,53	31,88	1,01	0	0,00	0,01		
Y_{11}	1	0	0	4,50	17,39	3,86	-6	0,40			
	2	0,00	39,13	27,93	33,33	1,19	-1	0,04			
	3	83,78	60,87	33,33	33,33	1,00	0	0,00			
	4	16,22	0,00	33,33	20,29	1,64	2	0,12	0,56		
Y_{12}	1	0	0	10,81	0,00	0,00	0	0,00			
	2	16,22	0,00	14,41	5,80	2,48	4	0,19			
	3	27,02	17,39	26,13	8,70	3,00	5	0,45			
	4	35,14	8,70	27,93	33.33	1,19	-1	0,03			
	5	21,62	73,91	18,92	27,54	1,46	-2	0,10	0,77		
Y_{13}	1	0	0	18,02	40,58	2,25	-4	0,51	0,61		

X_i	X^j	$P(x_i^j$ /ТЕД)	$P(x_i^j$ / ВДМЕ	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)	$\bar{P}(x_i^j$ / ВДМЕ	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)÷ $\bar{P}(x_i^j$ / ВДМЕ	$ПК_i^j$	I_i^j	I_i	R	P
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	2	32,43	47,83	19,82	24,64	1,24	-1	0,03			
	3	27,02	26,09	31,53	31,89	1,01	0	0,00			
	4	35,14	21,74	22,52	17,39	1,29	1	0,02			
	5	5,41	4,35	13,51	8,70	1,55	2	0,05			
Y_{14}	1	0	0	3,61	2,9	1,24	1	0,00			
	2	5,41	4,35	17,12	21,74	1,27	1	0,02			
	3	45,95	60,87	25,23	28,99	1,15	1	0,03			
	4	24,32	21,74	31,53	31,88	1,01	0	0,00			
	5	24,32	13,04	16,21	11,59	1,40	1	0,02	0,07		
Z_1	1	0	0	13,51	8,69	1,55	2	0,05			
	2	16,22	13,04	11,71	11,59	1,01	0	0,00			
	3	18,92	21,74	21,62	21,74	1,01	0	0,00			
	4	29,73	30,43	26,13	26,09	1,00	0	0,00			
	5	29,73	26,09	22,52	21,74	1,04	0	0,00			
	6	8,10	8,70	12,61	11,60	1,09	0	0,00	0,05		

X_i	X^j	$P(x_i^j$ /ТЕД)	$P(x_i^j$ / ВДМЕ	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)	$\bar{P}(x_i^j$ / ВДМЕ	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)÷ $\bar{P}(x_i^j$ / ВДМЕ	$ПК_i^j$	I_i^j	I_i	R	P
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Z_2	1	0	0	9,91	5,80	1,71	2	0,04			
	2	21,62	8,70	18,02	17,39	1,04	0	0,00			
	3	32,43	43,48	26,12	21,74	1,20	1	0,03			
	4	24,32	13,04	26,12	30,43	1,17	-1	0,03			
	5	21,62	34,78	15,31	15,94	1,04	0	0,00	0,10		
Z_3	1	0	0	9,91	18,84	1,90	-3	0,14			
	2	8,11	21,74	16,22	17,39	1,07	0	0,00			
	3	40,54	30,43	22,52	23,19	1,03	0	0,00			
	4	18,92	17,39	30,63	26,08	1,17	1	0,03			
	5	32,43	30,43	17,12	15,94	1,07	0	0,00	0,17		
Z_4	1	0	0	13,51	11,59	1,17	1	0,01			
	2	8,10	4,35	14,41	8,70	1,66	2	0,05			
	3	35,14	21,74	30,63	14,49	2,11	3	0,22			
	4	48,65	17,39	30,63	31,88	1,04	0	0,00	0,38		

X_i	X^j	$P(x_i^j/ТЕД)$	$P(x_i^j/ВДМЕ)$	$\bar{P}(x_i^j/ТЕД)$	$\bar{P}(x_i^j/ВДМЕ)$	$\bar{P}(x_i^j/ТЕД) \div \bar{P}(x_i^j/ВДМЕ)$	$ПК_i^j$	I_i^j	I_i	R	P
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
	5	8,11	56,52	18,92	24,64	1,30	2	0,10			
Z_5	1	0	0	8,11	21,74	2,68	-4	0,26			
	2	16,22	8,70	15,32	18,84	1,23	-1	0,02			
	3	29,73	47,83	29,73	33,33	1,12	0	0,00			
	4	43,24	43,48	27,93	31,77	1,13	-1	0,03			
	5	10,81	4,35	18,02	15,94	1,13	1	0,02	0,33		
Z_6	1	0	0	4,50	4,35	1,03	0	0,00			
	2	2,70	8,70	25,22	23,19	1,09	0	0,00			
	3	72,97	60,87	33,33	33,33	1,00	0	0,00			
	4	24,32	30,43	32,43	30,43	1,07	0	0,00	0,00		
Z_7	1	0	0	9,01	13,04	1,45	-2	0,05			
	2	2,70	8,70	21,62	14,49	1,49	2	0,08			
	3	62,16	34,78	33,33	33,33	1,00	0	0,00			
	4	35,14	56,52	32,43	30,43	1,07	0	0,00	0,13		

X_i	X^j	$P(x_i^j$ /ТЕД)	$P(x_i^j$ / ВДМЕ	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)	$\bar{P}(x_i^j$ / ВДМЕ	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)÷ $\bar{P}(x_i^j$ / ВДМЕ	$ПК_i^j$	I_i^j	I_i	R	P
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Z_8	1	0	0	11,71	18,84	1,61	-2	0,07			
	2	0,00	0,00	1,80	0,00	0,00	0	0,00			
	3	5,41	0,00	33,33	33,33	1,00	0	0,00			
	4	94,59	100,00	33,33	33,33	1,00	0	0,00	0,07		
Z_9	1	0	0	31,53	33,33	1,06	0	0,00			
	2	0,00	0,00	11,71	15,94	1,36	-1	0,02			
	3	35,14	47,83	33,33	20,29	1,64	2	0,12			
	4	64,86	13,04	33,33	33,33	1,00	0	0,00			
	5	0,00	39,13	21,62	17,39	1,24	1	0,02			
	6	0,00	0,00	0,00	13,04	0,00	0	0,00	0,16		
Z_{10}	1	0	0	0,00	0,00	0,00	0	0,00			
	2	0.00	0,00	11,71	0,00	0,00	0	0,00			
	3	35,14	0,00	20,72	8,70	2,38	4	0,25			
	4	27,02	26,09	33,33	20,29	1,64	2	0,12	0,67		

X_i	X^j	$P(x_i^j$ /ТЕД)	$P(x_i^j$ / ВДМЕ	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)	$\bar{P}(x_i^j$ / ВДМЕ	$\bar{P}(x_i^j$ /ТЕД)÷ $\bar{P}(x_i^j$ / ВДМЕ	$ПК_i^j$	I_i^j	I_i	R	P
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	5	37,84	34,78	21,62	33,33	1,54	-2	0,12			
	6	0,00	39,13	12,61	24,64	1,95	-3	0,18			
Z_{11}	1	0	0	0,00	13,04	0,00	0	0,00			
	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00			
	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00			
	4	0,00	0,00	13,51	1,45	9,32	10	0,52			
	5	40,54	4,35	33,33	33,33	1,00	0	0,00			
	6	59,46	95,65	33,33	33,33	1,00	0	0,00	0,52		

ДОДАТОК Д

ЗАТВЕРДЖУЮ
Головний директор з хірургії
Рівненської обласної клінічної
лікарні ім. Юрія Семенюка
Барса М.М.
керівник установи, в якій проведено впровадження
"01" вересня 2026 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Методика рентгенологічних та рентгенометричних досліджень попереково-крижового відділу хребта при плануванні ендоскопічної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска.**
(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ « ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка НАМНУ» Харків, вул. Григорія Сковороди, 80

Піонтковський В.К., Колесніченко В.А., Гольбаум М.Б.
(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3.Джерело інформації: Стаття Піонтковського В. К., Гольбаума М. Б. «Відмінності передопераційних рентгенологічних параметрів люмбосакрального сегмента й таза у разі трансформінальної та інтерламінарної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска». Вісник проблем біології і медицини. 2026;1(180):318-327. DOI: 10.29254/2077-4214-2026-1-180-318-327
(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження
Рівненська обласна клінічна лікарня ім. Юрія Семенюка

5. **Строки впровадження** з 01.01. 2026 по 01.06.2026 р.

6. **Загальна кількість спостережень** – 18 хворих

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна) Запропонована методика рентгенологічних та рентгенометричних досліджень попереково-крижового відділу хребта при плануванні ендоскопічної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска заснована на визначенні рентгенологічних якісних та кількісних ознак морфометрії L5-S1 сегмента та позиції гребеня клубової кістки відносно L5 та S1 хребців дозволяє об'єктивізувати вибір інтраопераційного доступу й уникнути помилок на етапі доопераційного обстеження даної категорії пацієнтів.

8. Зауваження, пропозиції: немає

Завідувач обласного центру ортопедії, травматології та вертебрології
Шевчук Ю.М.
Відповідальна за впровадження особа
(зав. кафедри, посада, прізвище, ініціали)

"01" вересня 2026 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. медичного директора

ДУ «Інститут загальної та невідкладної

хірургії ім. В.Т. Зайцева НАМН України»

Чикін А.В.

_____ 2026 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Методика рентгенологічних та рентгенометричних досліджень попереково-крижового відділу хребта при плануванні ендоскопічної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска.**

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ « ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка НАМНУ» Харків, вул. Григорія Сковороди, 80

Піонтковський В.К., Колесніченко В.А., Гольбаум М.Б.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3.Джерело інформації: Стаття Піонтковського **В.** К., Гольбаума М. Б. «Відмінності передопераційних рентгенологічних параметрів люмбосакрального сегмента й таза у разі трансформінальної та інтерламінарної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска», Вісник проблем біології і медицини. 2026;1(180):318-327. DOI: 10.29254/2077-4214-2026-1-180-318-327

назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження

Державна установа «Інститут загальної та невідкладної хірургії ім. В.Т. Зайцева Національної академії медичних наук України»

5. **Строки впровадження** з 01.02. 2026 по 05.06.2026 р.

6. **Загальна кількість спостережень** – 22 хворих

7. **Ефективність впровадження** (клінічна, наукова, соціальна, економічна) Запропонована методика рентгенологічних та рентгенометричних досліджень попереково-крижового відділу хребта при плануванні ендоскопічної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска заснована на визначенні рентгенологічних якісних та кількісних ознак морфометрії L5-S1 сегмента та позиції гребеня клубової кістки відносно L5 та S1 хребців дозволяє об'єктивізувати вибір інтраопераційного доступу й уникнути помилок на етапі доопераційного обстеження даної категорії пацієнтів.

8. **Зауваження, пропозиції:** немає

Завідувач відділення поліструктурних ушкоджень та реконструктивної хірургії,

доктор філософії Скорик І.О.

Відповідальна за впровадження особа

(зав. відділом, підпис, прізвище, ініціали)

«05» 06 2026 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Медичний директор з хірургії
Рівненської обласної клінічної
лікарні ім. Юрія Семенюка
Барса М.М.
керівник установи, в якій проведено впровадження
"__" _____ 2026 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Методика передопераційного планування способу мінімально інвазивної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска.
(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ « ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка НАМНУ» Харків, вул. Григорія Сковороди, 80
Піонтковський В.К., Колесніченко В.А., Гольбаум М.Б.
(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3.Джерело інформації: Стаття Піонтковського В.К., Колесніченко В.А., Марчука О.Ф., Гольбаума М.Б. «Передопераційне планування методу мінімально інвазивної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска з використанням секвенційного статистичного аналізу». Харківська хірургічна школа. 2026; 2(137):70-76. DOI: https://doi.org/10.37699/2308-7005.2.2026.12
назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження
Рівненська обласна клінічна лікарня ім. Юрія Семенюка

5. **Строки впровадження** з 01.01. 2026 по 01.06.2026 р.

6. **Загальна кількість спостережень** – 25 хворих

7. **Ефективність впровадження** (клінічна, наукова, соціальна, економічна) Запропонована методика передопераційного планування способу мінімально інвазивної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска, заснована на визначенні рентгенологічних якісних та кількісних ознак морфометрії L5-S1 сегмента та позиції гребеня клубової кістки відносно L5 та S1 хребців з наступним секвенційним статистичним аналізом дозволяє, з використанням кількісних прогностичних коефіцієнтів, об'єктивізувати вибір й уникнути тактичних помилок на етапі доопераційного обстеження даної категорії пацієнтів.

8. Зауваження, пропозиції: немає

Завідувач обласного центру
ортопедії, травматології та вертебрології
Шевчук Ю.М.
Відповідальна за впровадження особа
(зав. відділом, підпис, прізвище, ініціали)

"01" грудня 2026 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Медичний директор з хірургії
Рівненської обласної клінічної
лікарні ім. Юрія Семенюка
Барса М.М.
керівник установи, де здійснено впровадження
"01" 01 2026 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Методика рентгенологічних та рентгенометричних досліджень попереково-крижового відділу хребта при плануванні мінімально інвазивної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска.**
(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ « ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка НАМНУ» Харків, вул. Григорія Сковороди, 80

Піонтковський В.К., Гольбаум М.Б.
(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3.**Джерело інформації:** Стаття Піонтковського В. К., Гольбаума М. Б. « Порівняльна рентгенологічна характеристика нижньопопереково-тазової ділянки у разі трансформамінальної ендоскопічної дискектомії та відкритої мікродискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска». Харківська хірургічна школа 2026;1(136):77-82. Вісник проблем біології і медицини. 2026;1(180): 318-327. DOI: https://doi.org/10.37699/2308-7005.1.2026.11
назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. **Найменування установи, яка здійснила впровадження**
Рівненська обласна клінічна лікарня ім. Юрія Семенюка

5. **Строки впровадження** з 01.01. 2026 по 01.06.2026 р.

6. **Загальна кількість спостережень** – 12 хворих

7. **Ефективність впровадження** (клінічна, наукова, соціальна, економічна) Запропонована методика рентгенологічних та рентгенометричних досліджень попереково-крижового відділу хребта при плануванні мінімально інвазивної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска заснована на визначені рентгенологічних якісних та кількісних ознак морфометрії L5-S1 сегмента та позиції гребеня клубової кістки відносно L5 та S1 хребців і дозволяє об'єктивізувати вибір інтраопераційного доступу й уникнути помилок на етапі доопераційного обстеження даної категорії пацієнтів.

8. **Зауваження, пропозиції:** немає

Завідувач обласного центру ортопедії, травматології та вертебрології
Шевчук Ю.М.
(посада, підпис, прізвище, ініціали)

"01" грудня 2026 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з науково-педагогічної роботи
Харківського національного медичного університету
доцент
Кривошапка О. В.
керівник установи, в якій проведено впровадження
_____2026 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Методика передопераційного планування способу мінімально інвазивної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска.
(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ « ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка НАМНУ» Харків, вул. Григорія Сковороди, 80

Піонтковський В.К., Колесніченко В.А., Гольбаум М.Б.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3.Джерело інформації: Стаття Піонтковського В.К., Колесніченко В.А., Марчука О.Ф., Гольбаума М.Б. «Передопераційне планування методу мінімально інвазивної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска з використанням секвенційного статистичного аналізу». Харківська хірургічна школа. 2026; 2(137):70-76. DOI: https://doi.org/10.37699/2308-7005.2.2026.12
(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження

Харківський національний медичний університет, пр. Науки, 4, м. Харків

5. Строки впровадження з 01.01. 2026 по 01.06.2026 р.

6. Загальна кількість спостережень – 4 лекції

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна) Запропонована методика передопераційного планування способу мінімально інвазивної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска, заснована на визначенні рентгенологічних якісних та кількісних ознак морфометрії L5-S1 сегмента та позиції гребеня клубової кістки відносно L5 та S1 хребців з наступним секвенційним статистичним аналізом, дозволяє, з використанням кількісних прогностичних коефіцієнтів, об'єктивізувати вибір й уникнути тактичних помилок на етапі доопераційного обстеження даної категорії пацієнтів.

8. **Зауваження, пропозиції:** немає

В.о. завідувача кафедри екстренної та невідкладної медичної допомоги, ортопедії, травматології та протезування
доктор мед. наук, професор
Голка Г. Г.

Відповідальна за впровадження особа
(зав. відділом, підпис, прізвище, ініціали)

"01" 05 2026 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з науково-педагогічної роботи
Харківського національного медичного університету
доцент
Кривошапка О. В.
(керівник установи, в якій проведено впровадження
_____ 2026 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Методика передопераційного планування способу мінімально інвазивної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска.
(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ « ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка НАМНУ» Харків, вул. Григорія Сковороди, 80

Піонтковський В.К., Колесніченко В.А., Гольбаум М.Б.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3.Джерело інформації: Стаття Піонтковського В.К., Колесніченко В.А., Марчука О.Ф., Гольбаума М.Б. «Передопераційне планування методу мінімально інвазивної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска з використанням секвенційного статистичного аналізу». Харківська хірургічна школа. 2026; 2(137):70-76. DOI: https://doi.org/10.37699/2308-7005.2.2026.12
(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження

Харківський національний медичний університет, пр. Науки, 4, м. Харків

5. Строки впровадження з 01.01. 2026 по 01.06.2026 р.

6. Загальна кількість спостережень – 4 лекції

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна) Запропонована методика передопераційного планування способу мінімально інвазивної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска, заснована на визначенні рентгенологічних якісних та кількісних ознак морфометрії L5-S1 сегмента та позиції гребеня клубової кістки відносно L5 та S1 хребців з наступним секвенційним статистичним аналізом, дозволяє, з використанням кількісних прогностичних коефіцієнтів, об'єктивізувати вибір й уникнути тактичних помилок на етапі доопераційного обстеження даної категорії пацієнтів.

8. **Зауваження, пропозиції:** немає

В.о. завідувача кафедри екстренної та невідкладної медичної
допомоги, ортопедії, травматології та протезування
доктор мед. наук, професор
Голка Г. Г.

Відповідальна за впровадження особа
(зав. відділом; підпис, прізвище, ініціали)

"01" 06 2026 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з науково-педагогічної роботи
Харківського національного медичного університету
доцент
Кривошапка О. В.
назва установи, в якій проведено впровадження
2026 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Методика передопераційного планування способу мінімально інвазивної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска.
(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ « ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка НАМНУ» Харків, вул. Григорія Сковороди, 80

Піонтковський В.К., Колесніченко В.А., Гольбаум М.Б.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3.Джерело інформації: Стаття Піонтковського В.К., Колесніченко В.А., Марчука О.Ф., Гольбаума М.Б. «Передопераційне планування методу мінімально інвазивної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска з використанням секвенційного статистичного аналізу». Харківська хірургічна школа. 2026; 2(137):70-76. DOI: https://doi.org/10.37699/2308-7005.2.2026.12
(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження

Харківський національний медичний університет, пр. Науки, 4, м. Харків

5. Строки впровадження з 01.01. 2026 по 01.06.2026 р.

6. Загальна кількість спостережень – 4 лекції

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна) Запропонована методика передопераційного планування способу мінімально інвазивної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска, заснована на визначенні рентгенологічних якісних та кількісних ознак морфометрії L5-S1 сегмента та позиції гребеня клубової кістки відносно L5 та S1 хребців з наступним секвенційним статистичним аналізом, дозволяє, з використанням кількісних прогностичних коефіцієнтів, об'єктивізувати вибір й уникнути тактичних помилок на етапі доопераційного обстеження даної категорії пацієнтів.

8. **Зауваження, пропозиції:** немає

В.о. завідувача кафедри екстренної та невідкладної медичної допомоги, ортопедії, травматології та протезування
доктор мед. наук, професор
Голка Г. Г.

Відповідальна за впровадження особа
(зав. відділом, підпис, прізвище, ініціали)

"01" 06 2026 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Медичний директор
ДУ «Інститут патології хребта та суглобів
ім.проф. М.І. Ситенка НАМН України»,
доктор мед.наук Лізогуб М.В.
керівник установи, в якій проведено впровадження
"01" 06 2026 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Методика рентгенологічних та рентгенометричних досліджень попереково-крижового відділу хребта при плануванні ендоскопічної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска.
(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ « ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка НАМНУ» Харків, вул. Григорія Сковороди, 80
Піонтковський В.К., Колесніченко В.А., Гольбаум М.Б.
(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3.Джерело інформації: Стаття Піонтковського В. К., Гольбаума М. Б. «Відмінності передопераційних рентгенологічних параметрів люмбосакрального сегмента й таза у разі трансфорамінальної та інтерламінарної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска». Вісник проблем біології і медицини. 2026;1(180):318-327. DOI: 10.29254/2077-4214-2026-1-180-318-327
назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження
Державна установа «Інститут загальної та невідкладної хірургії ім. В.Т. Зайцева Національної академії медичних наук України»

5. **Строки впровадження** з 01.01. 2026 по 01.06.2026 р.

6. **Загальна кількість спостережень** – 5 хворих

7. **Ефективність впровадження** (клінічна, наукова, соціальна, економічна) Запропонована методика рентгенологічних та рентгенометричних досліджень попереково-крижового відділу хребта при плануванні ендоскопічної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска заснована на визначенні рентгенологічних якісних та кількісних ознак морфометрії L5-S1 сегмента та позиції гребеня клубової кістки відносно L5 та S1 хребців дозволяє об'єктивізувати вибір інтраопераційного доступу й уникнути помилок на етапі доопераційного обстеження даної категорії пацієнтів.

8. **Зауваження, пропозиції:** немає

Завідувач
відділення вертебрології,
канд.мед.наук Палкін О.В.

Відповідальна за впровадження особа
(зав. відділом, підпис, прізвище, ініціали)

"01" 06 2026 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Медичний директор
ДУ «Інститут патології хребта та суглобів
ім.проф. М.І. Ситенка НАМН України»,
доктор мед.наук Лігогуз М.В
керівник установи, в якій проведено впровадження
"01" 06 2026 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Методика рентгенологічних та рентгенометричних досліджень попереково-крижового відділу хребта при плануванні мінімально інвазивної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска.
(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ « ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка НАМНУ» Харків, вул. Григорія Сковороди, 80
Піонтковський В.К., Гольбаум М.Б.
(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3.Джерело інформації: Стаття Піонтковського В. К., Гольбаума М. Б. «Порівняльна рентгенологічна характеристика нижньопопереково-тазової ділянки у разі трансфорамінальної ендоскопічної дискектомії та відкритої мікродискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска». Харківська хірургічна школа 2026;1(136):77-82. DOI: https://doi.org/10.37699/2308-7005.1.2026.11
назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження
Державна установа «Інститут загальної та невідкладної хірургії ім. В.Т. Зайцева Національної академії медичних наук України»

5. **Строки впровадження** з 01.01. 2026 по 01.06.2026 р.

6. **Загальна кількість спостережень** – 5 хворих

7. **Ефективність впровадження** (клінічна, наукова, соціальна, економічна) Запропонована методика рентгенологічних та рентгенометричних досліджень попереково-крижового відділу хребта при плануванні мінімально інвазивної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска заснована на визначені рентгенологічних якісних та кількісних ознак морфометрії L5-S1 сегмента та позиції гребеня клубової кістки відносно L5 та S1 хребців і дозволяє об'єктивізувати вибір інтраопераційного доступу й уникнути помилок на етапі доопераційного обстеження даної категорії пацієнтів.

8. **Зауваження, пропозиції:** немає

Завідувач
відділення вертеброгії,
канд.мед.наук Палкін О.В.
Відповідальна за впровадження особа
(зав. відділом, підпис, прізвище, ініціали)

"01" 06 2026 р.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Проректор
з науково-педагогічної роботи
Харківського національного
університету імені В.Н. Каразіна
Борис САМОРОДОВ
_____
«____» _____ 2026 р.

Акт про впровадження
інновації в навчальний процес

1. **Назва наукової пропозиції для впровадження:** «Метод передопераційного планування способу мінімально інвазивної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска»

2. **Розробник** (установа, заклад, структурний підрозділ) **та автори інновації:** ДУ « ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка НАМНУ» місто Харків, вул. Григорія Сковороди, 80. Піонтковський В.К., Колесніченко В.А., Гольбаум М.Б.

3. Джерело інформації та вид інновації: (Методичні рекомендації)

Стаття Піонтковського В.К., Колесніченко В.А., Марчука О.Ф., Гольбаума М.Б. «Передопераційне планування методу мінімально інвазивної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска з використанням секвенційного статистичного аналізу». Харківська хірургічна школа. 2026; 2(137):70-76. DOI: https://doi.org/10.37699/2308-7005.2.2026.12

4. Місце (установа, заклад, структурний підрозділ) **впровадження:** кафедра фундаментальної медичної підготовки II медичний факультет, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, майдан Свободи, 4, м. Харків
Міністерства освіти і науки України

5. Термін упровадження: з 01.01. 2026 по 01.06.2026 р.

6. Загальна кількість спостережень: 3 лекції

7. Ефективність впровадження (відповідно до критеріїв, викладених у джерелі інформації про впровадження):

Запропонована методика передопераційного планування способу мінімально інвазивної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска, заснована на визначенні рентгенологічних якісних та кількісних ознак морфометрії L5-S1 сегмента та позиції гребеня клубової кістки відносно L5 та S1 хребців з наступним секвенційним статистичним аналізом, дозволяє, з використанням кількісних прогностичних коефіцієнтів, об'єктивізувати вибір й уникнути тактичних помилок на етапі доопераційного обстеження даної категорії пацієнтів.

8. Зауваження, пропозиції: зауважень немає.

Завідувач кафедри фундаментальної медичної підготовки
II медичного факультету
Харківського національного університету
імені В.Н. Каразіна
доктор філософії з медицини, доцент — Станіслав ПАНОВ

Декан II медичного факультету
Харківського національного
університету імені В.Н. Каразіна
к.мед. н., доцент — Олександр КОЗЛОВ

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. медичного директора
ДУ «Інститут загальної та невідкладної хірургії ім. В.Т. Зайцева НАМН України»
Чикін А.В.

керівник установи, в якій проведено впровадження
_____ 2026 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Методика передопераційного планування способу мінімально інвазивної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска.**

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ « ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка НАМНУ» Харків, вул. Григорія Сковороди, 80

Піонтковський В.К., Колесніченко В.А., Гольбаум М.Б.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. **Джерело інформації:** Стаття Піонтковського В.К., Колесніченко В.А., Марчука О.Ф., Гольбаума М.Б. «Передопераційне планування методу мінімально інвазивної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска з використанням секвенційного статистичного аналізу». Харківська хірургічна школа. 2026; 2(137):70-76. DOI: https://doi.org/10.37699/2308-7005.2.2026.12

назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. **Найменування установи, яка здійснила впровадження**

Державна установа «Інститут загальної та невідкладної хірургії ім. В.Т. Зайцева Національної академії медичних наук України»

5. **Строки впровадження** з 01.02. 2026 по 05.06.2026 р.

6. **Загальна кількість спостережень** – 22 хворих

7. **Ефективність впровадження** (клінічна, наукова, соціальна, економічна) Запропонована методика передопераційного планування способу мінімально інвазивної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска, заснована на визначенні рентгенологічних якісних та кількісних ознак морфометрії L5-S1 сегмента та позиції гребеня клубової кістки відносно L5 та S1 хребців з наступним секвенційним статистичним аналізом дозволяє, з використанням кількісних прогностичних коефіцієнтів, об'єктивізувати вибір й уникнути тактичних помилок на етапі доопераційного обстеження даної категорії пацієнтів.

8. **Зауваження, пропозиції:** немає

Завідувач відділення
поліструктурних ушкоджень та реконструктивної хірургії,
доктор філософії Скорик І.О..

Відповідальна за впровадження особа
(зав. відділом, підпис, прізвище, ініціали)

"05" 06 2026 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. медичного директора
ДУ «Інститут загальної та невідкладної
хірургії ім. В.Т. Зайцева НАМН України»
Чикіи А.В.

_____2026 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Методика рентгенологічних та рентгенометричних досліджень попереково-крижового відділу хребта при плануванні мінімально інвазивної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска.**
(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ « ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка НАМНУ» Харків, вул. Григорія Сковороди, 80

Піонтковський В.К., Гольбаум М.Б.
(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. **Джерело інформації:** Стаття Піонтковського В. К., Гольбаума М. Б. « Порівняльна рентгенологічна характеристика нижньопопереково-тазової ділянки у разі трансфорамінальної ендоскопічної дискектомії та відкритої мікродискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска». Харківська хірургічна школа 2026;1(136):77-82. Вісник проблем біології і медицини. 2026;1(180): 318-327. DOI: https://doi.org/10.37699/2308-7005.1.2026.11
назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. **Найменування установи, яка здійснила впровадження**
Державна установа «Інститут загальної та невідкладної хірургії ім. В.Т. Зайцева Національної академії медичних наук України»

5. **Строки впровадження** з 01.02. 2026 по 05.06.2026 р.

6. **Загальна кількість спостережень** – 12 хворих

7. **Ефективність впровадження** (клінічна, наукова, соціальна, економічна) Запропонована методика рентгенологічних та рентгенометричних досліджень попереково-крижового відділу хребта при плануванні мінімально інвазивної дискектомії грижі L5-S1 міжхребцевого диска заснована на визначені рентгенологічних якісних та кількісних ознак морфометрії L5-S1 сегмента та позиції гребеня клубової кістки відносно L5 та S1 хребців і дозволяє об'єктивізувати вибір інтраопераційного доступу й уникнути помилок на етапі доопераційного обстеження даної категорії пацієнтів.

8. **Зауваження, пропозиції:** немає

Завідувач відділення
поліструктурних ушкоджень та реконструктивної хірургії,
доктор філософії Скорик І.О.
Відповідальна за впровадження особа
(зав. відділом, підпис, прізвище, ініціали)

«05» 06 2026 р.