

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

**СКІДАНОВ АРТЕМ ГЕННАДІЙОВИЧ**

УДК 617.559-007.17:616.74-07-089.22-092.9

**КЛІНІКО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВПЛИВУ ЗМІН  
ПАРАВЕРТЕБРАЛЬНИХ М'ЯЗІВ НА РЕЗУЛЬТАТИ ХІРУРГІЧНОГО  
ЛІКУВАННЯ ПАЦІЄНТІВ ІЗ ДЕГЕНЕРАТИВНИМИ  
ЗАХВОРЮВАННЯМИ ПОПЕРЕКОВОГО ВІДДІЛУ ХРЕБТА**

14.01.21– травматологія та ортопедія

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора медичних наук



Харків 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Державній установі «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І.Ситенка Національної академії медичних наук України».

Науковий консультант: доктор медичних наук, професор  
заслужений діяч науки і техніки України  
РАДЧЕНКО Володимир Олександрович  
Державна установа «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І.Ситенка Національної академії медичних наук України»,  
заступник директора з наукової роботи

Офіційні опоненти: доктор медичних наук, професор  
ГОЛКА Григорій Григорович  
Харківський національний медичний  
університет МОЗ України, завідувач  
кафедри травматології та ортопедії

доктор медичних наук, професор  
заслужений діяч науки і техніки України  
ПОВОРОЗНЮК Владислав Володимирович  
Державна установа "Інститут геронтології  
імені Д.Ф.Чеботарьова Національної академії  
медичних наук України", керівник відділу  
клінічної фізіології та патології опорно-рухового  
апарату

доктор медичних наук, професор  
ШИМОН Василь Михайлович  
Державний вищий навчальний заклад  
«Ужгородський національний університет»  
МОН України, завідувач кафедри загальної  
хірургії з курсами травматології, оперативної  
хірургії та судової медицини

Захист відбудеться « 21 » червня 2019 р. об 11.30 на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.607.01 Державної установи «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І. Ситенка Національної академії медичних наук України» (61024, м. Харків, вул. Пушкінська, 80).

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Державної установи «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І. Ситенка Національної академії медичних наук України» (61024, м. Харків, вул. Пушкінська, 80).

Автореферат розісланий « 20 » травня 2019 р.

В.о. вченого секретаря  
спеціалізованої вченої ради  
доктор медичних наук, професор



О.А. Тяжелов

**Актуальність теми.** Проблема лікування дегенеративних захворювань хребта залишається актуальною через значну кількість людей, страждаючих на біль у спині, тому фахівці всього світу докладають багато зусиль для вивчення механізмів розвитку та способів лікування цієї патології. Сьогодні накопичено значний обсяг знань щодо механізмів змін міжхребцевих дисків, дуговідросткових суглобів, тіл хребців у разі зазначеної патології (Шайдаков Е. В. та ін., 2013; Iatridis J. C. et al., 2009; Radchenko V. et al., 2018, Stokes I.A. & Iatridis, J.C., 2004). До факторів ризику розвитку дегенеративних захворювань поперекового відділу хребта відносять й порушення структури паравертебральних м'язів як стабілізаторів хребтових рухових сегментів (Crossman K. et al., 2004; Hultman G. et al., 1993).

На нашу думку, паравертебральні м'язи мають значний реабілітаційний ресурс, який забезпечує успіх консервативного і хірургічного лікування. Тому розуміння механізмів м'язових розладів, які призводять до дегенеративних захворювань хребта, могло б допомогти в прогнозуванні результатів хірургічного лікування, а також у розробленні адекватного індивідуального протоколу післяопераційного реабілітаційного лікування.

Крім стабілізуювальної, рухової та захисної функцій, паравертебральним м'язам належить ключова роль у живленні структур хребта, а венозний відтік від них забезпечує скорочення скелетних м'язів. Оскільки у венах є кишениподібні клапани, кров може текти лише в напрямку до серця. Якщо скелетні м'язи не скорочуються, у венах накопичується велика кількість крові, призводячи до їхнього варикозного розширення, що нерідко можна бачити під час хірургічних втручань. У разі розвитку запалення в структурах хребта зменшення венозного відтоку спричинює порушення дренажу скомпрометованої ділянки та накопичення бідної киснем крові, насиченої шкідливими продуктами обміну та факторами запалення, що суттєво перешкоджає відновленню.

Доведено значення паравертебральних м'язів у формуванні заднього спондилодезу, який утворюється внаслідок проростання судин від прилеглих м'язів. Вони забезпечують зону зрощення кісток киснем, факторами росту, створюють умови для міграції клітин (Bawa M. et al., 2006). Проте інформації щодо впливу паравертебральних м'язів на результати лікування дегенеративних захворювань поперекового відділу хребта, зокрема хірургічного, дуже небагато. Однією з причин є відсутність достатньої кількості неінвазійних методів обстеження хворих. Обмежені можливості для вивчення паравертебральних м'язових тканин у живих індивідуумів підштовхують до пошуку нових шляхів, які дозволять розширити знання в цій галузі.

Незважаючи на загальноприйнятий пріоритет магнітно-резонансної томографії для оцінювання м'язових тканин, сучасна комп'ютерна томографія (КТ) також дозволяє досить точно їх дослідити. Розвиток програмного забезпечення дає можливість вийти на якісно новий рівень дослідження паравертебральних м'язів. КТ дає змогу визначити рентгенощільність м'язових тканин в одиницях Хаунсфілда (HU). Для вивчення м'язів за допомогою КТ використовують псевдокольорову техніку, що дає можливість визначити кількісний вміст у них жирової тканини (Deyo R.A., 2010), але відокремити

також сполучну тканину до останнього часу нікому ще не вдалося.

Відомості про характер вікових змін у паравертебральних м'язах дорослих відображені в поодиноких публікаціях, а стосовно дітей і підлітків такі дослідження не проведені.

Нині з'ясовано, що на тканинному рівні паравертебральні м'язи (*m. multifidus*, *m. erector spinae*) відрізняються від решти скелетної мускулатури переважанням м'язових волокон I типу, що пов'язано з їхньою функцією підтримки фізіологічної постави. Проте за умов дегенеративних захворювань хребта отримані суперечливі результати щодо структури зазначених м'язів, що обумовлює виконання детальних морфологічних досліджень паравертебральних м'язів у разі виникнення патологічних станів і після хірургічних втручань на хребті.

Дослідження паравертебральних м'язів у хворих зазвичай стосуються пацієнтів із люмбалгією. Щодо їхнього стану за різних нозологічних варіантів перебігу остеохондрозу виявлено лише поодинокі публікації, які більшою мірою присвячені грижам міжхребцевих дисків.

Недостатньо досліджено вплив паравертебральних м'язів на результати хірургічного лікування пацієнтів із дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта.

Розширення знань відносно змін паравертебральних м'язів необхідні для розуміння прогнозування перебігу, розроблення стратегій профілактики та лікування пацієнтів із дегенеративними захворюваннями хребта.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана згідно з планом науково-дослідних робіт Державної установи «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М. І. Ситенка Національної академії медичних наук України» («Вивчити структурно-функціональні зміни паравертебральних м'язів при дегенеративних захворюваннях поперекового відділу хребта», шифр теми ЦФ.2013.2.НАМНУ, держреєстрація № 0113U002240. Автором запропоновано методики оцінювання стану паравертебральних м'язів за допомогою комп'ютерної томографії в пацієнтів із дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта, алгоритм прогнозування результатів хірургічного лікування, виконано експериментальне моделювання транспедикулярної фіксації хребців шурів та інтерпретовано результати. «Дослідити структурно-метаболичні порушення у м'язовій та сполучній тканинах у хворих на дегенеративні захворювання поперекового відділу хребта та вплив на них коморбідної патології», Шифр теми ЦФ.2016.1. НАМНУ, держреєстрації № 0116U001085. Автор взяв участь у хірургічному лікуванні пацієнтів та узагальненні його результатів).

**Мета дослідження:** дослідити структурно-функціональні зміни паравертебральних м'язів у пацієнтів із дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта та вивчити вплив цих змін на результати хірургічного лікування.

**Завдання дослідження:**

1. На підставі аналізу наукової літератури узагальнити інформацію щодо структурно-функціональних змін паравертебральних м'язів у пацієнтів із

дегенеративними захворюваннями хребта, проаналізувати сучасні можливості для вивчення стану паравертебральних м'язів, їхніх функціональних особливостей і прогнозування результатів хірургічного лікування.

2. Провести ретроспективний аналіз клінічних результатів хірургічного лікування пацієнтів із дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта та визначити клінічні фактори, які впливають на результати хірургічного лікування.

3. Провести аналіз функціонального стану паравертебральних м'язів у пацієнтів із дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта за допомогою клінічних тестів та електроміографії.

4. Виконати експериментальні хірургічні втручання із застосуванням транспедикулярної стабілізації тіл хребців на поперековому відділі хребта щурів та проаналізувати якість спондилодезу з огляду на структурні особливості паравертебральних м'язів залежно від рухової активності тварин до та після операції.

5. Дослідити за допомогою комп'ютерної томографії рентгенощільність жирової, м'язової та сполучної тканин, які входять до складу паравертебральних м'язів та розробити алгоритм розпізнавання цих тканин для вивчення стану паравертебральних м'язів.

6. Дослідити за допомогою комп'ютерної томографії вікові особливості змін паравертебральних м'язів.

7. На підставі аналізу даних комп'ютерної томографії визначити зміни в паравертебральних м'язах пацієнтів із дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта.

8. Визначити зміни в паравертебральних м'язах пацієнтів із дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта на підставі аналізу даних ультрасонографії.

9. Вивчити морфологічні особливості паравертебральних м'язів у післяопераційному матеріалі пацієнтів із дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта.

10. Встановити діагностичну значущість ферменту креатинфосфокінази як біохімічного маркеру метаболізму м'язової тканини в пацієнтів з дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта.

11. Довести наявність залежності між змінами паравертебральних м'язів і результатами хірургічного лікування хворих із дегенеративними ураженнями поперекового відділу хребта та розробити алгоритм прогнозування результатів хірургічного лікування на підставі оцінювання стану паравертебральних м'язів у передопераційному періоді.

*Об'єкт дослідження* – дегенеративні захворювання поперекового відділу хребта та їх хірургічне лікування

*Предмет дослідження* – зміни паравертебральних м'язів та їхній вплив на результати хірургічного лікування пацієнтів із дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта.

*Методи дослідження:* клінічний – для оцінювання стану паравертебральних м'язів залежно від віку хворого, діагнозу, тривалості

захворювання, інтенсивності загострення, дослідження результатів хірургічного лікування хворих з дегенеративними ураженнями поперекового відділу хребта та виявлення прогностичних ознак для цього лікування, з урахуванням структурно-функціональних особливостей паравертебральних м'язів; комп'ютерна томографія – для аналізу рентгенощільності жирової, сполучної та власно м'язової тканин, їх відсоткового вмісту в паравертебральних м'язах і вимірювання площі їх поперечного перерізу; біомеханічні – для оцінювання функції м'язів за допомогою клінічних тестів; ультразвукографія для оцінювання розмірів, ехогенності та структури паравертебральних м'язів; електроміографія – для оцінювання функціонального стану м'язів; біохімічні – для оцінювання метаболізму м'язів; експериментальне моделювання заднього транспедикулярного спондилодезу в лабораторних тварин – для вивчення результатів хірургічного лікування дегенеративних захворювань поперекового відділу хребта залежно від структурно-функціональних особливостей паравертебральних м'язів за умов різної фізичної активності; гістологічний – для дослідження дегенеративних змін паравертебральних м'язів у пацієнтів з дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта й експериментальних тварин; статистичні – для встановлення достовірності отриманих результатів.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Уперше на підставі результатів клінічних, комп'ютерно-томографічних, ультразвукографічних, біохімічних, імунологічних, експериментальних і морфологічних досліджень доведено залежність між структурними змінами паравертебральних м'язів, перебігом захворювань і результатами хірургічного лікування хворих із дегенеративними ураженнями поперекового відділу хребта – нестабільністю хребтових рухових сегментів, грижами міжхребцевих дисків, спондилолітезом і стенозом хребтового каналу. Уперше на підставі вивчення комп'ютерно-томографічної рентгенологічної щільності м'язової, сполучної та жирової тканин паравертебральних м'язів поперекового відділу хребта створено новий метод їхнього дослідження, який дозволяє на сучасному науковому рівні оцінити та розрізнити кількісний склад м'язової, сполучної та жирової тканин.

Уперше за допомогою даних комп'ютерної томографії та створеної комп'ютерної програми встановлено, що з віком у людини в паравертебральних м'язах відбувається зменшення вмісту м'язової тканини на фоні збільшення сполучної та жирової тканин. Встановлено, що від 6 до 21 років вміст м'язової тканини значно не змінюється, проте зростає відсоток вмісту сполучної тканини; в осіб старших за 21 рік протягом життя виявлено зменшення вмісту м'язової тканини з віком на фоні зростання відсотку жирової тканини, що більшою мірою виявляється у м'язі-випрямлячі хребта і багатороздільному м'язі.

Уперше встановлено, що в пацієнтів із дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта порівняно з умовно здоровими особами у всіх паравертебральних м'язах, але в першу чергу в *m. erector spinae* і *m. multifidus*, є збільшеним вміст жирової тканини. Доведено, що дегенеративні зміни в паравертебральних м'язах прямо корелюють із порушеннями в інших

структурах поперекового відділу хребта і прогресують залежно від діагнозу в порядку «нестабільність хребтових сегментів – грижі міжхребцевих дисків – спондилолітез – стеноз хребтового каналу».

Уперше вивчено перебіг і терміни відновлення функції паравертебральних м'язів після хірургічних втручань у пацієнтів на поперековому відділі хребта з приводу дегенеративних захворювань. Встановлено, що функція паравертебральних м'язів у пацієнтів до лікування є зниженою, ще більше знижується після та остаточно повільно відновлюється протягом трьох років після хірургічного лікування.

Уперше за допомогою ультрасонографічного дослідження встановлено збільшення ехогенності та порушення ехоструктури паравертебральних м'язів у хворих на дегенеративні захворювання поперекового відділу хребта порівняно зі здоровими з найбільшою частотою трапляння в разі стенозу хребтового каналу та спондилолітезу.

Доповнено наукові знання щодо морфологічних особливостей багатороздільних м'язів пацієнтів із дегенеративними захворюваннями хребта. Доведено, що дистрофічні порушення м'язових волокон (нерівномірність товщини, дискоїдний розпад, втрата поперечної смугастості та полігональності, заміщення м'язових волокон жировою тканиною, розростання фіброзної тканини, набряк) більш виражені в багатороздільних м'язах пацієнтів із діагнозами «спондилолітез» і «стеноз хребтового каналу». Виявлені на ультрамікроскопічному рівні атрофічні зміни в структурі міофібрил, дезорганізація розподілу та гіпертрофія мітохондрій із руйнуванням структури крист, міжміофібрилярний набряк мали найбільший прояв у пацієнтів із діагнозом «стеноз хребтового каналу».

Визначено зменшення активності ферментів креатинфосфокінази в сироватці крові при меншому вмісті креатинфосфату в м'язовій тканині хворих із різними дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта. Встановлено збільшення вмісту загальних ліпідів у тканині багатороздільного м'яза хворих із більш вираженими дегенеративними змінами у поперековому відділі хребта.

На підставі експериментальних досліджень доведено позитивний вплив фізичних навантажень на структурно-функціональні особливості багатороздільного м'яза та формування заднього спондилодезу в разі застосування транспедикулярної конструкції для фіксації тіл хребців L<sub>IV</sub>–L<sub>V</sub>. Найкращі результати досягнуті в групі тварин із підвищеною м'язовою активністю до та після операції.

**Практичне значення одержаних результатів.** Встановлені клінічні ознаки, які дозволяють виявляти випадки менш задовільного відновлення працездатності пацієнта після хірургічного лікування: старший вік (понад 48 років), більша тривалість захворювання (понад 6-7 років), довший період загострення (понад 2-2,5 міс.), діагноз «спондилолітез» і «стеноз хребтового каналу», показник індексу Освестрі до операції понад 78 %.

Розроблено спосіб визначення структури паравертебральних м'язів за допомогою комп'ютерної томографії та створеної комп'ютерної програми

(патент 111269 UA), який дозволяє виявити відсоткові відношення жирової, сполучної, м'язової тканин виділеної ділянки м'яза.

Розроблено алгоритми які дозволяють прогнозувати результати хірургічного лікування хворих із дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта на підставі оцінювання передопераційного стану пацієнта і структурних особливостей паравертебральних м'язів, визначених за допомогою комп'ютерної томографії та ультрасонографії.

За допомогою клінічного та електроміографічного досліджень функції паравертебральних м'язів встановлено особливості її відновлення після хірургічних втручань із приводу дегенеративних захворювань поперекового відділу хребта, що в подальшому дасть можливість обґрунтувати та розробити адекватні реабілітаційні заходи.

За допомогою ультрасонографії запропоновано розрізнити чотири ступені порушення ехогенності паравертебральних м'язів, де за 0-ий ступінь прийнято нормальну ехогенність, I ступінь – легке збільшення ехогенності, II ступінь – помірне збільшення ехогенності, III ступінь – виражене збільшення ехогенності. Чим вище ступінь, тим вираженіші дегенеративні зміни м'язів.

Визначено діагностичну цінність активності ферментів креатинфосфокінази в сироватці крові пацієнтів для оцінювання стану паравертебральних м'язів, що дає змогу оцінювати стан паравертебральних м'язів у тому числі за допомогою біохімічного аналізу крові.

Розроблена транспедикулярна конструкція для фіксації хребців щурів і спосіб спондилодезу (патент 94502 UA) дає можливість моделювати операції задньої транспедикулярної стабілізації за різних патологічних станів та вивчати структурно-функціональні особливості складових хребтового рухового сегмента, а також паравертебральних м'язів.

Результати дослідження впроваджено в науковий процес кафедри травматології та ортопедії Харківської медичної академії післядипломної освіти МОЗ України та клінічну практику Державної установи «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І. Ситенка Національної академії медичних наук України», КНП «Міська клінічна лікарня швидкої та невідкладної медичної допомоги ім. проф. О.І. Мещанінова» Харківської міської ради, КНП «Обласна клінічна травматологічна лікарня» Харківської міської ради.

**Особистий внесок здобувача.** Автором визначені мета і завдання дослідження, виконано ретроспективний аналіз результатів хірургічного лікування 129 пацієнтів із дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта. Ним узагальнено результати клінічних, електрофізіологічних, комп'ютерно-томографічних, ультрасонографічних, лабораторних досліджень пацієнтів, даних експерименту, які включено в роботу. Особисто автором прооперовано більшість хворих, проведено обстеження та динамічне спостереження за всіма пацієнтами. Інтерпретація отриманих результатів належить авторові, ним сформульовано висновки роботи.

Наукові дослідження виконані в Державній установі «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І. Ситенка Національної академії



медичних наук України»: експериментальні з моделювання на тваринах транспедикулярної фіксації поперекових хребців – в експериментально-біологічній клініці за консультативної допомоги к.б.н. Малишкіної С.В.; гістологічні з аналізу структурних особливостей паравертебральних м'язів пацієнтів із дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта, а також структурних особливостей паравертебральних м'язів і формування спондилодезу в експериментальних тварин за умов різної фізичної активності – в лабораторії морфології сполучної тканини за консультативної допомоги д.б.н., професора Дедух Н.В, зав. лабораторією к.б.н. Ашукіної Н.О., наукового співробітника Данищук З.М.; біохімічні та імунологічні – у відділі лабораторної діагностики з КДЛ за консультативної допомоги зав. відділом к.б.н. Леонтєвої Ф. С. і наукового співробітника д.вет.н. Морозенка Д. В., ультрасонографічні й електроміографічні – у відділі функціональної діагностики і патофізіології за консультативної допомоги зав. відділом к.мед.н Котульського І. В., старшого наукового співробітника к.б.н. Дуплій Д. Р., к.мед.н. Вишнякова А.Є.

Створення комп'ютерної програми, ідея якої належить авторові, виконано за допомогою співробітника Національного фармацевтичного університету Нессонової М.М., співробітників Харківського національного університету радіоелектроніки Авруніна О.Г. і Тимковича М.Ю. Автор узагальнив отримані результати, виконав статистичну обробку цифрових показників та обґрунтував висновки дослідження. Участь співавторів відображено в спільних наукових публікаціях.

**Апробація результатів дослідження.** Результати досліджень викладені на XVI та XVII з'їздах ортопедів-травматологів України (Харків, 2013; Київ, 2016); III Науковому симпозіумі з міжнародною участю «Актуальні питання сучасної ортопедії та травматології» (Дніпропетровськ, 2012); III Міжнародному медичному конгресі «Впровадження медичних досягнень медичної науки в практику охорони здоров'я України» (Київ, 2014); науково-практичній конференції з міжнародною участю «Сучасні дослідження в ортопедії та травматології» наукові читання, присвячені пам'яті академіка О.О. Коржа (Харків, 2014, 2017, 2018); XI, XII, XIII, XIV, XV Міжнародних симпозіумах малоінвазивної та інструментальної хірургії хребта (Харків, 2014, 2015, 2016 2017, 2018); WCMISST 2014 (Париж, 2014); The 2nd Scientific Meeting of North American Spine Society (NASS), International Society for Minimal Intervention in Spinal Surgery (ISMIS), and Indonesian Spine Society (ISS) – NASSISMIS (Surabaya, Indonesia, 2017), The 3rd Scientific Meeting of North American Spine Society (NASS), International Society for Minimal Intervention in Spinal Surgery (ISMIS), and Indonesian Spine Society (ISS) – NASSISMIS (2018, Jakarta, Indonesia).

**Публікації.** За темою дисертації опубліковано 32 наукові праці, із них 2 довідково-методичні видання, 23 статті у наукових фахових виданнях, 3 патенти України, 4 роботи у матеріалах з'їздів та наукових конференцій.

**Обсяг і структура дисертації.** Дисертація складається зі вступу, аналітичного огляду літератури, опису матеріалу та методів, 10 розділів

власних досліджень, висновків, списку використаних джерел, додатків. Робота викладена на 360 сторінках машинописного тексту, містить 37 таблиць, 115 рисунків. Список використаних джерел складається з 350 найменувань, із них 237 – латиницею.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**Матеріал і методи.** *Клінічні дослідження.* Матеріалом дослідження стали результати обстеження 129 пацієнтів (53 чоловіки і 76 жінок), яких прооперували в клініці вертебрології з приводу дегенеративних захворювань поперекового відділу хребта.

Усіх хворих розділили на чотири групи з урахуванням ознак захворювання, які більшою мірою визначають клінічну картину, на підставі класифікації, розробленої в ДУ «ПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН»: 64 пацієнти з встановленим у процесі обстеження діагнозом «грижі міжхребцевого диска», 30 пацієнтів зі спондилолістезом, 20 хворих на стеноз хребтового каналу, 15 осіб з нестабільністю хребтових рухових сегментів.

Хірургічні втручання хворим проведено відповідно до загальних уявлень і без технічних помилок. Усім пацієнтам виконано транспедикулярну фіксацію на одному або двох рівнях — L<sub>III</sub>, L<sub>IV</sub>, L<sub>V</sub>, S<sub>I</sub>. Пацієнтів з одно- або дворівневою фіксацією рівномірно розподілено в кожній групі окремо та між групами. Під час операції проводили аутокісткову пластику: резектували задні відділи дуговідросткових суглобів і виконували декортикацію дуг, тканини суглобових відростків залишали в рані.

Під час клінічного обстеження встановлювали дані анамнезу. З'ясовували початок і безпосередню причину захворювання, його перебіг, розвиток, загальну тривалість. Конкретизували скарги: уточнювали локалізацію та інтенсивність болю, яку оцінювали за візуальною аналоговою шкалою (ВАШ) від 1 до 10 балів.

Виявляли об'єктивні симптоми та синдроми. Враховували зміни обсягу рухів у поперековому відділі хребта, напруження м'язів, деформації хребта, симптом Ласега.

Оцінювання тяжкості дисабілітації до і після хірургічного лікування виконували за індексом Освестрі від 0 до 100 %.

Для дослідження функціонального стану м'язів спини проводили тест «екстензія тулуба», оцінювали ступінь підйому кутоміром, витривалістю м'язів був час у секундах. Виконували три спроби. Порівнювали значення до та після операції, а також з контрольною групою, залежно від термінів, що минули після операції.

*Комп'ютерна томографія.* Крім результатів обстеження 129 пацієнтів, додатково використані комп'ютерні томограми, виконані 93 особам віком від 6 до 21 року та 10 здоровим волонтерам. Досліджено 663 аксіальних зрізи. Для аналізу відібрано 3 978 зразків м'язової тканини, 658 сполучної та 663 жирової.

Комп'ютерно-томографічне обстеження проводили на спіральному комп'ютерному томографі SOMATOM Emotion (виробництво «Siemens»,

Німеччина) з покроковою КТ (130 kV, 225 mAs), товщиною зрізу 3 мм, крок подавання стола 3 мм у площині, паралельної міжхребцевим дискам. У разі спірального режиму сканування товщина зрізу становила 3 мм, індекс стола (pitch) – 4,5 мм, індекс реконструкції – 1,5 мм. Оцінювання зображень проводили в діапазонах: ширина вікна 350 HU, центр вікна 40 HU. Вивчали зрізи на трьох рівнях: L<sub>III</sub>-L<sub>IV</sub>, L<sub>IV</sub>-L<sub>V</sub>, L<sub>V</sub>-S<sub>I</sub>.

Для виділення потрібних м'язів використовували метод, коли визначають видимі межі м'язів, які не включають жир, який міститься між м'язом та фасцією. Вивчали зрізи на трьох рівнях: L<sub>III</sub>-L<sub>IV</sub>, L<sub>IV</sub>-L<sub>V</sub>, L<sub>V</sub>-S<sub>I</sub>.

**Електроміографія.** Дослідження проводили на чотириканальному електроміографії фірми «Нейрософт» (Росія, Іваново). Вхідний діапазон сигналу 30 мВ, нижня частота – 20 Гц, верхня частота – 10000 Гц.

Запис біоелектричних сигналів здійснювали поверхневими одноразовими електродами Skintact RT-34. Міжелектродна відстань становила 2,5 см. Електроди розміщували паравертебрально, у місці найбільшого контурування *m. erector spinae*, тобто на 2,5–3 см латеральніше остистих відростків поперекових хребців на рівні L<sub>IV</sub>–L<sub>V</sub>. Заземлювальний електрод розташовували на передпліччі. Одночасно проводили реєстрацію на двох каналах – для правого і лівого боків. Для зниження міжелектродного опору шкіру перед прикріпленням електродів обробляли спиртом, потім проводили контроль імпедансу, який не перевищував 10 кОм. Фіксували електроди на м'язі за допомогою липкого пластиру та гумового бинта. Усім обстеженим запропоновано прийняти положення лежачи на животі з прогином тулуба, відривом плечового пояса та нижніх кінцівок від кушетки, а потім утримувати таке положення протягом 60 с. Положення випробуваного суб'єктивно зазначалося ним як «максимальний прогин», який він може утримувати. Первинну реєстрацію інтерференційних сигналів проводили з використанням програмних пакетів «Нейро-МВП». Подальший розрахунок спектральних характеристик вихідних сигналів, представлених у вигляді звукових файлів у форматі WAVE з частотою дискретизації 20 кГц, проводили за допомогою спеціально розробленого модуля на мові MATLAB. У цій роботі досліджено частотні параметри ЕМГ-сигналу. У частотній зоні основними параметрами є медіанна частота (MedF) і середня частота спектра (MF). Проведено спектральний аналіз міограм із розрахунком медіанної та середньої частоти спектра, а також показників загальної (TotalP) та середньої потужності спектра (MP), пікової частоти (PF), початкової медіани частоти (startMedF), кінцевої медіани частоти Median Frequency (endMedF) і швидкості зміни медіани (frate). Вибір кількісних спектральних характеристик для розрахунку був заснований на літературних джерелах (Nagar V. R. et al., 2014).

**Ультрасонографія.** Ультрасонографічне дослідження проводили в режимі реального часу на апараті «Toshiba Aplio», Японія. Для оцінювання стану скелетних м'язів використовували лінійні ультразвукові датчики з частотою 5,0–7,5 МГц. Датчик розташовували над досліджуваною ділянкою, без посилення по глибині зі стандартним налаштуванням для дослідження м'яких тканин, вздовж м'язового волокна. Пацієнт перебував у

горизонтальному положенні, лежачи на животі в стані розслаблення. Стандартизація умов роботи досягалася шляхом дослідження паравертебрально в суворо симетричних ділянках. Кут сканування – 90°. Дослідження проводилося в однаковому режимі з однаковою послідовністю і орієнтацією, що забезпечувало високу діагностичну інформативність сонографії з метою виявлення змін морфологічної структури м'язів.

Опис сонограм включав візуальну оцінку структури м'яза (смугастість, гомогенність), локалізацію та тип змін (запальні зміни, осифікати, генералізовані або локальні, гомогенні, симетричні). Аналізували окремі стандартні сегменти отриманих ультразвукових зображень із метою якісної характеристики збереження м'язової структури. В ультразвуковому зображенні визначали ехогенність м'яза щодо сірої шкали (анехогенні, гіпоехогенні, гіперехогенні) та наявність васкуляризації. Товщину підшкірного жирового шару та м'язів вимірювали в міліметрах.

*Біохімічні дослідження.* Під час лабораторного обстеження хворих на дегенеративні захворювання хребта у сироватці крові було визначено наступні біохімічні маркери: загальний білок – біуретовим методом, глікопротеїни – модифікованим методом О.П. Штенберга та Я.Н. Доценко, хондроїтинсульфати – за методом Nemeth–Csoka у модифікації Л.І. Слущького, С-реактивний білок – за допомогою латекс-тесту, глюкозу – ферментативним методом, сечовину – уреазним методом, креатинін – методом Яффе,  $\beta$ -ліпопротеїни – турбідиметричним методом за Бурштейном та Самай. Вміст кальцію визначали на аналізаторі електролітів АЕК-01. Активність ферментів АлАТ, АсАТ, КФК та ЛДГ визначали кінетичними методами. Вміст креатинфосфату у м'язовій тканині визначали за вмістом фосфору, визначеному методом Фіске – Суббароу. Вміст ліпідів в м'язах визначали шляхом дослідження їх екстрактів: загальних ліпідів – колориметричним методом, фосфоліпідів – за реакцією з трихлороцтовою кислотою, холестеролу – методом Ілька.

Креатинфосфат, що характеризується високою лабільністю в кислому середовищі, визначали у м'язах за вмістом фосфору методом Фіске і Суббароу в безбілковому екстракті, з якого попередньо вилучений неорганічний фосфат.

*Імунологічне дослідження.* Концентрацію ІЛ-1, ІЛ-4 та ІЛ-6 в сироватці крові пацієнтів визначали за методом твердофазового «сендвіч»-варіанту імуноферментного аналізу з використанням інструкцій до діагностичних наборів «Вектор-Бест» (Новосибірськ, Росія).

Вимірювання проводили при довжині хвилі  $\lambda = 450$  нм для усіх зазначених показників. Вміст у м'язах хворих креатинфосфату та ліпідів порівнювали з вмістом у здорових на підставі даних літератури.

*Експериментальне моделювання.* Для морфологічного аналізу стану паравертебральних м'язів, а також спондилодезованої ділянки поперекового відділу хребта виконано експериментальне моделювання на 20 лабораторних щурах (вік 5 міс., маса тіла від 430 до 500 г) популяції експериментально-біологічної клініки ДУ «ІПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН».

Хірургічні втручання на тваринах виконували в умовах асептики під загальним знеболюванням (аміназин – 10 мг/кг, кетамін – 50 мг/кг). Операційне

поле обробляли розчином йоду, пошарово розтинали м'які тканини, виділяли задні відділи двох прилеглих хребців, які тупим і гострим шляхом були скелетовані.

Далі в кожного щура моделювали порушення іннервації паравертебральних м'язів шляхом руйнування задньої гілки спинномозкового нерва біля основи поперечного відростка зліва. У тіла суміжних хребців транспедикулярно встановлювали гвинти, після чого виконували монтаж авторської конструкції на рівні  $L_{IV}$ – $L_V$ . Під час операції проводили аутокісткову пластику: резектували задні відділи дуговідросткових суглобів для утворення місця введення гвинтів і декортикації, а тканини суглобових відростків залишали в рані. Після аплікації антибактеріального препарату рану пошарово зашивали.

Щурів виводили з експерименту шляхом передозування ефіру через 3 міс. після операції. Протокол проведення експериментів затверджений комітетом з питань біоетики ІПХС ім. проф. М. І. Ситенка, згідно з правилами «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, яких використовують в експериментальних та інших наукових цілях» та положеннями Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження».

Тварин розділили на 4 групи залежно від рухової активності, по 5 щурів у кожній:

I серія – плавали до та після хірургічного втручання;

II серія – плавали до хірургічного втручання;

III серія – плавали після хірургічного втручання;

IV серія – не плавали зовсім.

Клінічно результат вважали задовільним, якщо макроскопічно в рані та тактильно під час дотику металевим інструментом визначали тканини кісткової щільності, а рухливість в препараті оперованого сегмента після видалення транспедикулярної конструкції була відсутньою.

Рентгенологічне дослідження у двох проекціях виконували всім тваринам безпосередньо після хірургічного втручання та через 3 міс. після операції. Задовільними вважали результати, коли на рентгенограмах, у прямій проекції, через 3 міс. після хірургічного втручання, крім відповідного розташування конструкції, відмічали розмитість контурів замикальних пластинок і просвітлення міжтілового проміжку оперованого сегмента внаслідок накладання кісткових нашарувань задніх відділів хребців. Усі інші результати розглядали як незадовільні.

Також результат операції вважали задовільним, якщо під час гістологічного дослідження виявляли новоутворену кісткову тканину на рівні остистих відростків та в міждужкових проміжках, яка зєднувала їх проміж собою.

*Морфологічне дослідження.* Для гістологічного аналізу виділяли багатороздільні м'язи пацієнтів довжиною 8 мм, а також експериментальних щурів (на трьох рівнях – краніальніше ( $L_{III}$ – $L_{IV}$ ), на рівні ( $L_{IV}$ – $L_V$ ), та каудальніше ( $L_V$ – $L_{VI}$ ) ділянки хірургічного втручання) і фіксували в 10 % нейтральному формаліні. Підготовку матеріалу для гістологічного дослідження

виконували за рекомендаціями Д. С. Саркісова та Ю. Л. Перова. Гістологічні зрізи виготовляли на санному мікроскопі Reichert, забарвлювали гематоксиліном Вейгерта та еозином, пікрофуксином за Ван-Гізеном.

Із частини м'язів щурів безпосередньо після виділення виготовляли зрізи на кріостатному мікроскопі для гістохімічної реакції типування м'язових волокон за активністю сукцинатдегідрогенази. На препараті обчислювали відсоткове співвідношення швидких (II тип) та повільних (I тип) м'язових волокон.

Аналіз отриманих гістологічних препаратів (людини та щурів) проводили під світловим мікроскопом «Olympus BX-63», фотографували з використанням цифрової камери DP73 (Olympus) і програмного забезпечення «Cell Sens Dimension 1.8.1» (Olympus, 2013).

*Морфометричні дослідження* багатороздільного м'яза поперекового відділу хребта щурів на рівні хірургічного втручання, вище та нижче нього виконували за допомогою програмного забезпечення «CellSens Dimension 1.8.1.» для мікроскопу «Olympus BX-63». Вимірювали найменший середній діаметр м'язових волокон і площі тканин відповідно до описаних методик. Також обчислювали відносну площу жирової, сполучної та м'язової тканин.

У групах пацієнтів оцінювали частоту розвитку морфологічних ознак порушення структури багатороздільного м'яза, а саме: переважання жирової тканини (понад 50 % усієї території зрізу), наявність розростання сполучної тканини в перимізії та ендомізії.

Для *електронномікроскопічного дослідження* матеріал (фрагменти багатороздільного м'яза пацієнтів) обробляли за рекомендаціями Б. Уїклі. Напівтонкі (1–2 мкм) та ультратонкі зрізи (0,05–0,09 мкм) виготовляли за допомогою скляних ножів на ультрамікроскопі УМПТ-3М. Для отримання ультратонких зрізів обирали ділянки, де м'язові волокна розташовувалися поздовжньо для дослідження структури мітохондрій.

Диференційне фарбування напівтонких зрізів проводили 1 % розчином метиленового синього та 1 % розчином основного фуксину за S. R. Арагісіо. Ультратонкі зрізи контрастували цитратом свинцю і уранілацетатом за методом Е. Рейнольдса.

Ультраструктурний аналіз проводили з використанням трансмісійного електронного мікроскопу ЕМВ-100БР (Суми, Україна).

*Статистичні методи.* Статистичний аналіз виконували переважно засобами програмного пакету Statistica 13 (TIBCO Software Inc., USA), для деяких допоміжних обчислень і побудови графіків використовували табличний процесор Microsoft Office Excel 2010 (Microsoft Corporation, USA). Для усіх застосованих методів і критеріїв використовувалася довірча ймовірність 95 %, відповідно, при отриманні обчислених рівнів значущості (p) менших за 0,05 результати вважалися статистично значущими.

Опис значень кількісних показників в досліджуваних групах надавали у вигляді медіан (Me) і процентилів (25% – нижнього (LQ) та 75% – верхнього (UQ) квантилів), і/або у вигляді  $M \pm m$  (середнього значення і його стандартної

похибки). Якісні показники описували наданням абсолютних і відносних (%) частот їх зустрічальності в групах.

Порівняння значень кількісних показників у непов'язаних групах (залежно від діагнозу, серії експерименту тощо) проводили за критерієм Краскала-Уолліса, який є непараметричним аналогом дисперсійного аналізу. При двогрупових порівняннях застосовували критерії Манна-Уїтні і Вальда-Вольфовіца з поправкою Бонферроні на множинність. Порівняння залежних вибірок (значень кількісних показників до і після хірургічного лікування) здійснювали за допомогою критерію Уїлкоксона.

Силу взаємної залежності між досліджуваними кількісними показниками оцінювали на підставі обчислення коефіцієнтів рангової кореляції Спірмена, значення яких трактувалися за шкалою Чеддока. У процесі аналізу спектральних характеристик для оцінювання сили залежності параметрів ЕМГ від віку і давності операції додатково використовували нелінійну кореляцію. Поряд з цим аналізувалися графічні представлення залежностей у вигляді графіків розсіювання.

Для визначення статистичної значущості розбіжностей у значеннях якісних показників між досліджуваними групами аналізували їхні таблиці частот. При цьому залежно від розміру порівнюваних груп застосовували критерій  $\chi^2$ , біноміальний критерій або Z-критерій, який є узагальненням критерію Стюдента на випадок порівняння двох пропорцій.

Значущість взаємозв'язку між якісними ознаками оцінювали на підставі аналізу їх таблиць спряженості. При цьому для незв'язаних вибірок використовували точний критерій Фішера або  $\chi^2$  Пірсона і максимальної правдоподібності (M-L)  $\chi^2$ , для пов'язаних спостережень – Мак-Немара  $\chi^2$ . Якщо очікувані частоти у клітинках таблиці спряженості не перевищували 5, висновок робився на підставі критерію  $\chi^2$  з поправкою Йетса. Для оцінювання сили взаємної залежності між порядковими показниками обчислювали коефіцієнт кореляції Гамма (Г). У випадку оцінювання щільності зв'язку між кількісними і порядковими змінними використовували коефіцієнт рангової кореляції Кендалла ( $\tau$ ).

У процесі розроблення математичної моделі визначення типу тканини за даними КТ, а також моделей прогнозування результатів хірургічного лікування на підставі передопераційного стану м'язів (за даними КТ і ультрасонографії) використовували методи «розкопки даних» (Data Mining), а саме методи побудови дерев рішень (або дерев класифікації, decision (classification) trees). Для трьох зазначених моделей дерева розроблялися на основі алгоритму повного перебору CART із правилом відсікання найскладніших дерев за методом FАСТ. Якість класифікації оцінювали з використанням міри Джині; апріорні ймовірності належності об'єктів до класів — за навчальною вибіркою; ціна похибки класифікації встановлювалась рівною для усіх груп.

**Результати досліджень.** Пацієнтів, яких включено в дослідження, поєднували два фактори: по-перше, тяжкість перебігу захворювання мала доволі виражений характер — від серйозних розладів до тих, які приковують до

ліжка, що примусило їх до госпіталізації в стаціонар із метою хірургічного лікування; по-друге, усі пацієнти мали ознаки втягнення до патологічного процесу нервових корінців. Головною відмінністю є провідні патологічні фактори, які викликали клінічні розлади. Визначено, що хірургічне лікування хворих на дегенеративні захворювання поперекового відділу хребта загалом приводить до покращення стану пацієнтів, але в деяких випадках сприяє менш задовільному відновленню працездатності пацієнта. Це пов'язано зі старшим віком хворого (понад 48 років) (M-U Z = -3,725, p = 0,0002), більшою тривалістю захворювання (понад 6-7 років) (M-W Z = -2,125, p = 0,034) та останнього загострення (понад 2-2,5 міс.) (M-W Z = -2,224, p = 0,026131), діагнозом «стеноз хребтового каналу» і «спондилолістез». Також до цієї групи належать пацієнти з індексом Освестрі до операції понад 78 %. Можна зробити висновок, що хоча за умов усіх розглянутих діагнозів і встановлено зменшення індексу Освестрі після операції відносно його значень до неї, впевнено говорити про покращення працездатності до отримання мінімальних або помірних порушень можна у випадку діагнозу «грижа міжхребцевого диска». Тобто, якщо за умов грижі міжхребцевого диска після своєчасного хірургічного лікування можна сподіватися на одужання, то у випадках стенозу хребтового каналу та спондилолістезу мова йде про покращення якості життя.

Посилення больового синдрому є основним недоліком під час виконання екстензійних тестів хворими з важким, стаціонарним, хірургічним перебігом захворювання. Зокрема, 12 пацієнтів (10,26 %) не змогли виконати тест через виражений больовий синдром і неможливість перевернутися обличчям униз. Значення кута розгинання клінічного тесту «екстензія тулуба» відрізнялися у пацієнтів усіх груп від контрольної групи (K-W H (4, n = 127) = 34,28788, p = 0,0000), крім пацієнтів групи «нестабільність хребтового рухового сегмента», у яких значущих відмінностей від контрольної групи не виявлено (M-W U = 27, p = 0,012827).

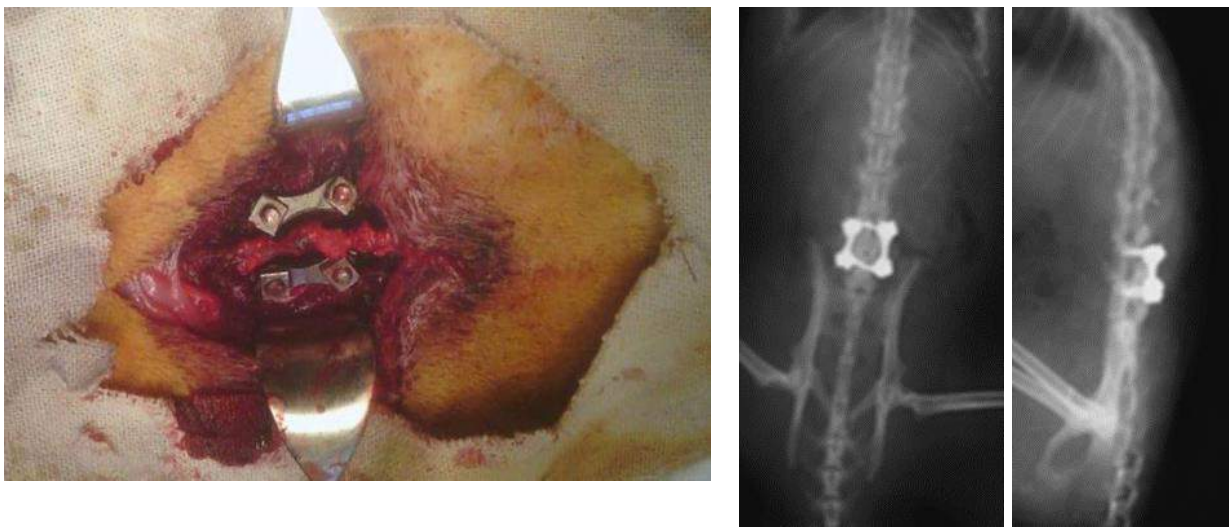
Про позитивні результати хірургічного лікування свідчить те, що пацієнти через рік після операції взагалі показували більші значення кута розгинання, ніж до лікування (M-W Z = 6,21756, p = 5,0557×10<sup>-10</sup>), хоча все ще значущо відрізнялися від контрольної групи здорових добровольців (M-W U = 86, p = 0,000126). Загалом залежність значень кута розгинання від термінів, що плинули після хірургічного лікування, описується значущою позитивною кореляцією Спірмена (R = 0,583746, p = 3,9834×10<sup>-12</sup>), що вказує на помірне зростання цього показнику із часом після операції. У пацієнтів усіх груп час утримання тулуба в положенні розгинання до хірургічного лікування був статистично значущо меншим, ніж у контрольній групі (K-W H (4, n = 44) = 20,31718, p = 0,0004). При цьому між групами пацієнтів значущих відмінностей не виявлено (K-W H(3, n = 34) = 1,670656, p = 0,6435). За допомогою клінічних тестів встановлено, що функція паравертебральних м'язів у пацієнтів є зниженою, зменшується після хірургічного лікування та повільно відновлюється протягом наступних 3 років.

У результаті електроміографічного дослідження виявлено, що спектральні характеристики міограм *m. erector spinae* у пацієнтів із



дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта суттєво нижчі порівняно зі здоровими особами. Після хірургічного лікування показники пацієнтів відрізнялися від контролю за загальною та середньою потужністю спектра, медіаною частоти спектра. Найбільш виражені відмінності виявлено в групі «спондилолітез». Визначено, що протягом 1,5 року після операції вказані показники знижуються, а з 18 міс. до 3 років – збільшуються до значень неоперованих пацієнтів. Відновлення розгиначів спини після хірургічного лікування відмічено лише через 3 роки після хірургічного втручання.

Розроблено титанову конструкцію, яка складалася з двох пластин і гвинтів діаметром 0,8 мм, а також інструментарій для неї. За допомогою цієї конструкції суміжні хребці поперекового відділу хребта успішно фіксували у 20 лабораторних щурів (рис. 1).



а

б

Рис. 1. Зовнішній вигляд транспедикулярної конструкції (а) і рентгенограм щурів в прямій і бічній проекціях з встановленою на поперековому відділі хребта транспедикулярною конструкцією (б).

У результаті морфологічного аналізу багатороздільного м'яза в експериментальних тварин через 3 міс. після стабілізації тіл хребців L<sub>IV</sub>–L<sub>V</sub> з використанням авторської конструкції встановлено, що відбувається адаптаційно-компенсаторна перебудова м'язових волокон, яка проявляється їх набуханням, втратою поперечної смугастості та полігональності, заміщенням жиром тканиною, розростанням фіброзної тканини та ознаками регенерації у вигляді нерівномірної щільності ядер. Мінімальні прояви деструктивних змін м'язових волокон зафіксовані в групі тварин із підвищеною (плавали до та після хірургічного втручання), а найбільші – зі зниженою (не плавали) фізичною активністю. Після гістохімічного визначення активності сукцинатдегідрогенази оцінили тип м'язових волокон і встановили переважання волокон I типу в багатороздільному м'язі на всіх досліджуваних рівнях та у всіх групах тварин. Гістохімічний аналіз багатороздільного м'яза показав, що кількість м'язових волокон I типу у тварин, які плавали до та після

операції, була більшою порівняно зі щурами, які плавали до операції на 2,7 % (M-W U = 19,5, p = 0,207579), плавали після операції – на 5,8 % (M-W U = 12, p = 0,04057), не плавали – на 11,9 % (M-W U=12, p = 0,004228), що свідчить про позитивний вплив рухової активності (режиму плавання) на функціонально-адаптаційні властивості м'яза. Встановлено, що у тварин, які не плавали (IV серія) кількість м'язових волокон I типу була меншою у порівнянні зі всіма іншими групами: з I на 11,92 % (M-W U = 12, p = 0,004228), II – 9,19 % (M-W U=15, p = 0,008209), III – 6,11 % (M-W U=22, p = 0,032647), що відображує конверсію волокон I типу в II за умов зниженої рухової активності. Показано, що важливу роль для утворення спондилодезу хребта відіграють м'язи, виступаючи основним джерелом васкуляризації кісткового регенерату, забезпечуючи зону спондилодезу киснем, факторами росту, створюють умови для міграції клітин. Ознаки сформованого спондилодезу через 3 міс. після операції відмічали у 80 % щурів I групи (плавали до та після операції), у 60 % – II (плавали до операції), у 40 % – III (після), у 20 % – IV (не плавали). Сила залежності між режимом фізичних навантажень і результатом операції може бути охарактеризована як статистично значуща і майже сильна ( $\Gamma = 0,671642$ , p = 0,013097). У тварин зі зниженим рівнем фізичної активності не відмічено утворення повноцінного кісткового з'єднання між тілами хребців у 80 % спостережень. За допомогою клінічних, рентгенологічних і гістологічних методів доведено позитивний вплив м'язових навантажень на формування заднього спондилодезу у щурів за умов стабілізації транспедикулярною конструкцією хребтового рухового сегмента L<sub>IV</sub>–L<sub>V</sub>.

На підставі вивчення за допомогою КТ рентгенощільності м'язової, сполучної та жирової тканин створена комп'ютерна програма для визначення їхньої частки у паравертебральних м'язах. У форматі DICOM зберігають дані КТ-дослідження, які дають змогу перетворити зображення в значення Хаунсфілда. Одиниці Хаунсфілда (Hounsfield units, HU), або коефіцієнти ослаблення рентгенівського випромінювання (m), виражають не в абсолютних величинах, а у відносних числах, нормованих по відношенню до m води. Число Хаунсфілда для води становить 0 HU. На аксіальних зрізах комп'ютерних томограм окружністю діаметром 7–10 мм виділяли ділянки всіх паравертебральних м'язів на трьох рівнях за можливості у місцях, візуально вільних від сполучної та жирової тканин. Так само виділяли ділянки жирової тканини в зоні підшкірної жирової клітковини і сполучної — в ділянці надостової зв'язки, якщо це було можна (рис. 2).

У результаті аналізу отримані дані, які характеризують обрані регіони в одиницях Хаунсфілда (мінімальне і максимальне значення, стандартне відхилення, середнє значення, пікові значення). Виявилось що за жодним з окремих параметрів рентгенівської щільності (HU) неможливо розрізнити три зазначених види тканини. При цьому за кожним із наявних параметрів (крім мінімуму і стандартного відхилення) можна виділити діапазони, які відрізняють жирову тканину від сполучної і м'язової. Проте діапазони, які дали б змогу відокремити з прийнятною точністю м'язову тканину від сполучної, встановити не вдалося.



Рис. 2. КТ-скан із виділеними в комп'ютерній програмі ділянками жирової тканини в зоні підшкірної жирової клітковини і сполучної в ділянці надостової зв'язки, м'язової тканини в ділянці *m. erector spinae*.

Тому що понад 75 % середніх значень щільності сполучної тканини лежать у діапазоні, характерному також і для м'язів. Цей факт зумовив необхідність створити складнішу (багатовимірну) математичну модель визначення типу тканини, яка використовувала б не один показник (наприклад лише середню рентгенощільність), а їхню комбінацію. Статистичну обробку проводили методом добування даних (Data Mining) за допомогою так званого дерева рішень (або дерева класифікації, decision (classification) trees). Результатом чого і стало дерево рішень як структурований алгоритм послідовного визначення типу тканин за кількома різними параметрами, на підставі яких тип тканини визначається з точністю 87,85 %.

Приклад результату роботи комп'ютерної програми, побудованої на основі дерева рішень, представлено на рис. 3. Перевагою цієї програми перед відомими світовими зразками стала можливість визначити не лише жирову, а й м'язову та сполучну тканини.

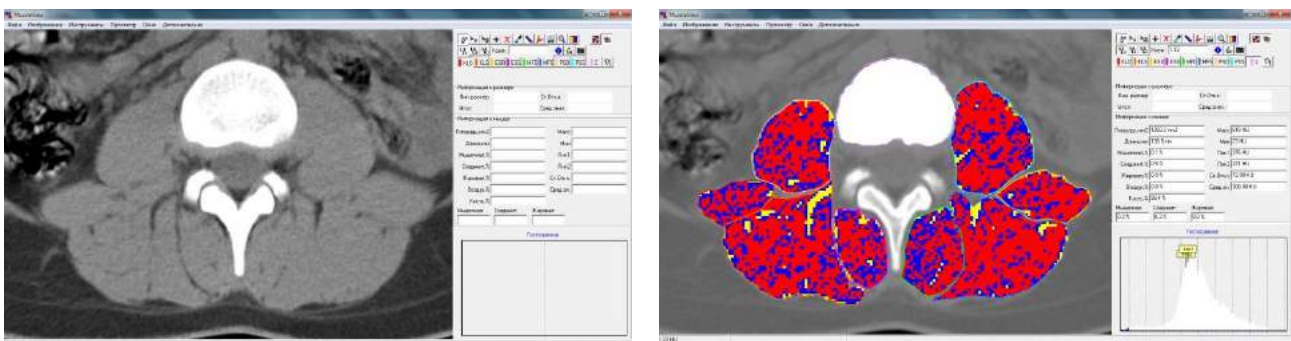


Рис. 3. Приклад визначення типу тканин у виділених на аксіальних КТ-зрізах поперекового відділу хребта, ділянках м'язів; газ — чорний колір, жирова тканина — жовтий, сполучна — синій, м'язова — червоний, кісткова — білий.

Встановлено, що з віком у паравертебральних м'язах зменшується вміст м'язової тканини на фоні збільшення сполучної та жирової. У дітей вміст

м'язової тканини із віком не змінюється, але зростає відсоток сполучної тканини у всіх м'язах. У дорослих вміст м'язової тканини з віком зменшується, а відсоток жирової помітно зростає. І в дітей, і в дорослих зміни більшою мірою проявляються у в *m. erector spinae* і *m. multifidus*.

Доведено, що в пацієнтів із дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта порівняно зі здоровими волонтерами вміст жирової тканини більший у паравертебральних м'язах, але в першу чергу в *m. erector spinae* і *m. multifidus*. Значно більшу її кількість у м'язах порівняно з контрольною групою ( $7,24 \pm 1,56$ ) % визначено в пацієнтів із грижами міжхребцевих дисків ( $16,03 \pm 1,62$ ) %, спондилолістезом ( $18,40 \pm 2,17$ ) %, стенозом хребтового каналу ( $19,70 \pm 2,36$ ) %. Дегенеративні зміни у м'язах прямо корелюють із порушенням інших структур хребта і прогресують залежно від діагнозу в порядку «нестабільність хребтових рухових сегментів – грижі міжхребцевих дисків – спондилолістез – стеноз хребтового каналу». За вмістом власно м'язової тканини в паравертебральних м'язах від контрольної групи відрізнялася група хворих на спондилолістез і стеноз хребтового каналу, в яких вміст м'язової тканини у всіх м'язах виявився меншим. За вмістом сполучної тканини, за умов порівняння «всіх з усіма», групи пацієнтів із нестабільністю хребтового рухового сегмента, грижами міжхребцевих дисків, спондилолістезом і стенозом хребтового каналу не розрізнялися ані між собою, ані з контрольною ( $26,34 \pm 3,66$ ) % групою (Kruskal-Wallis  $H(2, n=86)=1,461$ ,  $p = 0,48$ ), за винятком значущо більшого вмісту сполучної тканини на рівні нестабільності хребтового рухового сегмента в *m. erector spinae* ( $30,34 \pm 2,88$ ) %. На наш погляд, це пояснюється локальним фіброзом тканин внаслідок збільшеної рухомості на рівні нестабільності. Слід зазначити, що в пацієнтів зі спондилолістезом і стенозом поперекового відділу хребтового каналу, які мали триваліший перебіг захворювання і вираженіші дегенеративні зміни хребта, визначено істотно меншу площу поперечного перерізу не тільки *m. psoas*, але і *m. erector spinae* та *m. multifidus* порівняно з контрольною групою і групою з нестабільністю хребтового рухового сегмента.

У пацієнтів із дегенеративними захворюваннями хребта в багатороздільних м'язах гістологічно встановлені дистрофічні порушення (нерівномірність товщини м'язових волокон, дискоїдний розпад, втрата поперечної смугастості та полігональності, заміщення м'язових волокон жировою тканиною, розростання фіброзної тканини, набряк), які були більш вираженими в осіб із діагнозами «спондилолістез» і «стеноз поперекового відділу хребтового каналу» порівняно з хворими на нестабільність хребтового рухового сегмента та грижі міжхребцевих дисків, що підтверджує дані КТ. За допомогою електронної мікроскопії в післяопераційному матеріалі хворих цих груп, окрім міжміофірилярного набряку та порушення архітекtonіки саркомерів, а також структури та розташування мітохондрій, визначено вогнища некрозу міофібрил. Не виявлено ділянок із нормальним розподілом мітохондрій, що було відмічено в групі з діагнозом «грижа міжхребцевого диска». У групі з діагнозом «стеноз поперекового відділу хребтового каналу» встановлено порушення ультраструктурної організації венул, що спричинює

негативний вплив на живлення й, відповідно, функціонування багатороздільного м'яза та живлення ділянки сподилодеза.

У результаті електронно-мікроскопічного дослідження виявлено атрофічні зміни в структурі міофібрил — дезорганізацію розподілу та зменшення щільності мітохондрій, їхню гіпертрофію з руйнуванням структури крист, міжміофібрилярний набряк, що є відображенням порушення енергетичного та метаболічного обміну м'язового волокна. Гістологічні дані підтверджують результати комп'ютерної томографії. Зазначені зміни мали найбільший прояв у пацієнтів із діагнозом «стеноз поперекового відділу хребтового каналу».

Вивчено особливості ехогенності та ехоструктури паравертебральних м'язів у пацієнтів з дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта. Збільшення ехогенності м'язової тканини в пацієнтів із дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта порівняно з контрольною групою відмічено для усіх діагнозів ( $\chi^2 = 22,33086$ ,  $p = 0,00017$ ) Запропоновано чотири ступеня порушення ехогенності паравертебральних м'язів, де за 0-вий ступінь прийнято нормальну ехогенність, I ступінь — легке збільшення ехогенності, II — помірне збільшення, III — виражене збільшення. Нами запропоновано розрізнити чотири ступеня порушення ехогенності паравертебральних м'язів, де за 0-вий ступінь прийнято нормальну ехогенність, I ступінь — легке збільшення ехогенності, II — помірне збільшення, III — виражене збільшення. Випадків підвищеної ехогенності II-III ступеня за умов стенозу хребтового каналу та спондилолістезу спостерігали значно більше, ніж у контрольній групі ( $\chi^2 = 22,27147$ ,  $p = 0,00001$ ), що свідчить про більший вміст жирової тканини у паравертебральних м'язах цих пацієнтів.

Зазвичай, особливо інформативними біохімічними маркерами в сироватці крові в пацієнтів з дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта є вміст метаболітів колагену, вуглеводно-білкових сполук та активності маркерних ферментів. Встановлено, що в пацієнтів із грижами міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта вміст глікопротеїнів у сироватці крові був збільшений на 55,9 %, зі стенозом хребтового каналу — на 60,3 % порівняно з контрольною групою. Вміст хондроїтинсульфатів при цьому збільшився в пацієнтів із грижами міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта у 2,8 раза, у групі пацієнтів зі стенозом хребтового каналу — у 2,7 раза порівняно з контрольною групою. У процесі проведення біохімічного дослідження сироватки крові хворих на спондилолістез і нестабільність хребтових рухових сегментів поперекового відділу хребта було встановлено, що вміст глікопротеїнів у разі спондилолістезу збільшився на 44,1 %, нестабільності хребтових рухових сегментів — на 70,6 %. Показники хондроїтинсульфатів у разі спондилолістезу збільшилися у 3,1 раза, нестабільності хребтових рухових сегментів — у 2,8 раза порівняно з показниками контрольної групи. Такі зміни відображують перебіг в організмі хворих запального процесу, який супроводжується деструктивними змінами хрящової та кісткової тканин уражених сегментів поперекового відділу хребта. Збільшення вмісту в крові  $\beta$ -ліпопротеїнів за умов спондилолістезу та нестабільності хребтових рухових

сегментів на 34,4 і 42,6 % відповідно підтверджує наявність супутніх порушень ліпідного обміну.

Проведено біохімічний аналіз і визначено діагностичну цінність активності ферментів креатинфосфокінази в сироватці крові пацієнтів для оцінювання стану паравертебральних м'язів. Встановлено збільшення вмісту загальних ліпідів у тканині *m. multifidus* хворих із більш вираженими дегенеративними змінами. У випадку спондилолітезу відбувалось зниження активності КФК на 46,2 %, збільшення активності ЛДГ на 87,4 %, у разі нестабільності хребтових рухових сегментів КФК знизилась на 35,1 %, ЛДГ збільшилась у 2,37 рази порівняно з контрольною групою збільшення активності ЛДГ в сироватці крові в обох групах пацієнтів (із грижами міжхребцевих дисків – на 94,7 %, зі стенозом хребтового каналу – удвічі) свідчить про розвиток запально-дистрофічного процесу в паравертебральних м'язах поперекового відділу хребта.

Більшість результатів хірургічних втручань, виконаних у клініці вертебрології ДУ «ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка НАМН», оцінено як найкращі й задовільні, тому для відбору необхідної групи з незадовільними показниками довелося провести пошук протягом тривалішого часу. Обрана група представляє особливий інтерес. До неї включено 13 осіб (5 чоловіків і 8 жінок) віком ( $53,54 \pm 2,54$ ) року. Тобто, незадовільні результати хірургічного лікування визначено в пацієнтів старших за 48 років. Діагноз «стеноз поперекового відділу хребтового каналу» встановлено у 8 осіб (61,54 %), «грижа міжхребцевого диска» – в 3 (23,08 %), «спондилолітез» – у 2 (15,38 %).

Взагалі хірургічне лікування призводило до покращення стану пацієнтів: виявлено значущість змін індексу дисабілітації Освестрі (Wilcoxon  $Z = 3,1798$ ,  $p < 0,05$ ), проте після операції стан залишився важким. У двох пацієнтів ступінь порушень дієздатності після лікування не змінилася, тобто операція не допомогла. Для побудови моделі прогнозування результатів хірургічного лікування використано показники передопераційного обстеження пацієнтів із дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта, які отримували на підставі даних КТ-досліджень за допомогою оригінальної програми. За вмістом тканин у паравертебральних м'язах до хірургічного втручання група з незадовільними результатами хірургічного лікування відрізнялася від інших пацієнтів, насамперед, значуще більшим вмістом жирової тканини (K-W  $U(2, 74) = 18,5176$ ;  $p < 0,05$ ). Також значуще більший вміст жирової тканини визначено загалом і для кожного м'яза окремо. Також визначали значно менший вміст власне м'язової тканини у *m. erector spinae* у групі пацієнтів із незадовільними результатами хірургічного лікування порівняно з групою із найкращими (M-W  $U = 54$ ,  $Z = 3,25$ ;  $p < 0,05$ ). Найважливішими показниками для прогнозування результатів хірургічного лікування є загальний вміст жиру в паравертебральних м'язах і сполучної тканини в *m. erector spinae*. За ними йдуть показники вмісту м'язової тканини в *m. quadratus lumborum*, а також сполучної тканини в *m. multifidus*.

За допомогою статистичного методу «Дерев рішень» розроблена модель (алгоритм класифікації), яка дозволяє прогностично розділяти результати

хірургічного лікування пацієнтів на три групи: перша – з найкращими результатами (очікуваний після операції ступінь тяжкості I за Освестрі); друга – із задовільними результатами (очікуваний після операції ступінь тяжкості II за Освестрі); третя – із незадовільними результатами (очікуваний після операції ступеня тяжкості III або IV за Освестрі).

У результаті аналізу створеного алгоритму можна зробити висновок, що основним показником паравертебральних м'язів, який визначає незадовільний результат хірургічного лікування, є загальний вміст жиру понад 14,5 %. За умов меншого вмісту жиру в пацієнтів спостерігають мінімальні або помірні порушення дієздатності після операції. Точність прогнозування результату хірургічного лікування за допомогою розробленого алгоритму становить 89 %.

Побудовано також модель прогнозування результатів хірургічного лікування із використанням показників передопераційного обстеження пацієнтів із дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта, які отримували на підставі даних ультрасонографічних досліджень. Предикторами служили такі показники: товщина м'язового та підшкірного жирового шарів, відношення товщини підшкірного жирового шару до товщини м'язового; ехогенність тканини. Тісний, практично функціональний, зв'язок спостерігали і між показниками відношення товщини підшкірного жирового шару до товщини м'язового ( $R = 0,968$ ,  $p = 1,487 \times 10^{-27}$ ). Крім того, досить сильні кореляції виявлені між товщиною підшкірного жирового шару та відношенням «підшкірний жировий шар / м'язовий шар» ( $R = 0,844$ ,  $p = 3,343 \times 10^{-13}$ ). Це зумовило відсутність необхідності включення в модель усіх кількісних змінних і дозволило обмежитися лише двома з них – товщиною м'язового шару та відношенням підшкірний жировий шар / м'язовий шар. У результаті отримано модель прогнозування результатів хірургічного лікування хворих на дегенеративні захворювання поперекового відділу хребта за даними ультрасонографічного дослідження у вигляді дерева класифікації. Згідно з розробленою моделлю класифікації індикаторами можливих незадовільних результатів хірургічного лікування служать наступні значення ультрасонографічних показників: товщина м'язового шару не перевищує 25,6 мм; або товщина м'язового шару не перевищує 27,9 мм в поєднанні з підвищеною ехогенністю тканини і значенням відношення «підшкірний жировий шар / м'язовий шар» понад 0,40769. Відмінні результати хірургічного лікування можна отримати з високою ймовірністю за таких поєднань значень ультрасонографічних показників і діагнозу: товщина м'язового шару понад 29,9 мм; за умов діагнозу «нестабільність хребтових рухових сегментів» або «спондилостез», коли товщина м'язового шару становить від 29,6 до 29,9 мм, або ехогенність м'язової тканини однорідна та товщина м'язового шару складає від 27,9 до 29,6 мм. Відмінні результати також досягаються, коли товщина м'язового шару становить від 25,6 до 27,9 мм, підвищена ехогенність тканини, але відношення підшкірний жировий шар/м'язовий шар знаходиться в діапазоні від 0,2 до 0,4. Загальна точність розробленої моделі становить 84,4 %.

## ВИСНОВКИ

1. На підставі проведеного аналізу наукової літератури встановлено, що паравертебральні м'язи чинять значний вплив на розвиток дегенеративних захворювань хребта людини та результати лікування цих захворювань, комп'ютерна томографія дає змогу значно розширити можливості вивчення цього напрямку.

2. На підставі ретроспективного аналізу результатів хірургічного лікування хворих із дегенеративними захворюваннями хребта встановлені клінічні предиктори менш задовільного відновлення працездатності пацієнтів після хірургічного втручання: вік понад 48 років, тривалість захворювання понад 6–7 років, діагностований спондилолітез і стеноз хребтового каналу. До групи ризику належать також пацієнти з індексом Освестрі до операції понад 78 %.

3. За допомогою клінічних тестів та електроміографії вивчено перебіг і термін відновлення функцій паравертебральних м'язів після хірургічних втручань на поперековому відділі хребта. Встановлено, що функція паравертебральних м'язів у пацієнтів є зниженою, ще знижується після та повільно відновлюється протягом трьох років після хірургічного лікування. До хірургічного лікування статистично значуще зниження показників визначено в пацієнтів зі спондилолітезом, ще більш виражене – зі стенозом хребтового каналу порівняно з хворими на грижі міжхребцевих дисків і нестабільність хребтових рухових сегментів.

4. Для виконання експериментальної частини роботи розроблено транспедикулярну конструкцію для фіксації хребців щурів і спосіб заднього спондилодезу. У результаті морфологічного аналізу багатороздільного м'яза в експериментальних тварин через 3 міс. після виконання спондилодезу встановлено, що відбувається адаптаційно-компенсаторна перебудова м'язових волокон, яка проявляється набуханням, втратою поперечної смугастості та полігональності м'язових волокон, їх заміщенням жировою тканиною, розростанням сполучної тканини й ознаками регенерації у вигляді нерівномірної щільності ядер. Мінімальні прояви деструктивних змін м'язових волокон зафіксовані в групі тварин, які плавали до та після хірургічного втручання, а найбільш виражені – у щурів, які не плавали. Це підтверджує наявність прямого зв'язку між структурним та функціональним станом м'язів. Найбільша частота формування спондилодезу досягнута в групі тварин із підвищеною м'язовою активністю (плавали до та після операції).

5. У результаті вивчення за допомогою комп'ютерної томографії рентгенощільності паравертебральних м'язових тканин розроблено алгоритм розпізнавання, на підставі якого створена комп'ютерна програма, що дозволяє виявити площу поперечного перерізу; відсоткові відношення жирової, сполучної та м'язової тканин виділеної ділянки м'яза.

6. За допомогою комп'ютерної томографії та розробленої програми встановлено зменшення з віком у паравертебральних м'язах здорових осіб і хворих на дегенеративні захворювання поперекового відділу хребта власне



м'язової тканини на фоні збільшення сполучної та жирової. Визначено, що від 6 до 21 років вміст м'язової тканини значно не змінюється, але зростає частка сполучної у всіх м'язах, тобто м'язи грубішають. В осіб старших за 21 рік протягом життя (до 73 років) виявлено зменшення вмісту м'язової тканини з віком на фоні зростання відсотку жирової тканини, що більшою мірою виявляється у м'язі-випрямлячі хребта і багатороздільному м'язі.

7. Аналіз комп'ютерних томограм пацієнтів із діагнозом «грижа міжхребцевого диска», «спондилолітез» і «стеноз хребтового каналу» не виявив специфічних розбіжностей між цими групами за показниками вмісту жирової, сполучної та м'язової тканин у паравертебральних м'язах. Проте встановлено суттєве збільшення вмісту жирової тканини у всіх паравертебральних м'язах, але в першу чергу в *m. erector spinae* і *m. multifidus*, у хворих зазначених груп порівняно з умовно здоровими особами. Доведено, що дегенеративні зміни в паравертебральних м'язах прямо корелюють із порушеннями в інших структурах поперекового відділу хребта і прогресують залежно від діагнозу в порядку «нестабільність хребтових рухових сегментів – грижі міжхребцевих дисків – спондилолітез – стеноз хребтового каналу».

8. Ультрасонографічно, найчастіше серед дегенеративних захворювань поперекового відділу хребта, підвищена ехогенність та порушення структури паравертебральних м'язів спостерігається у хворих на стеноз хребтового каналу. Група пацієнтів із нестабільністю хребтових рухових сегментів не відрізняється від контролю за жодним із показників. Хворі на грижі міжхребцевих дисків займають проміжне становище – за товщиною м'язового шару вони ближче до групи зі стенозом хребтового каналу і спондилолітезом, а за показниками, що враховують підшкірний жировий шар, іноді не відрізняються ані від контрольної групи, ані від пацієнтів із нестабільністю хребтових рухових сегментів.

9. У результаті вивчення морфологічних особливостей багатороздільних м'язів пацієнтів із дегенеративними захворюваннями хребта визначено, що дистрофічні порушення м'язових волокон (нерівномірність товщини, дискоїдний розпад, втрата поперечної смугастості та полігональності, заміщення м'язових волокон жировою тканиною, розростання фіброзної тканини, набряк) більш виражені в разі діагнозів «спондилолітез» і «стеноз хребтового каналу». Виявлені елетронно-мікроскопічно атрофічні зміни в структурі міофібрил, дезорганізація розподілу та гіпертрофія мітохондрій із руйнуванням структури крист, міжміофібрилярний набряк мали найбільший прояв у пацієнтів із діагнозом «стеноз хребтового каналу».

10. Встановлена діагностична значущість ферменту креатинфосфокінази як біохімічного маркеру метаболізму м'язової тканини в пацієнтів із дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта, шляхом порівняння вмісту ферменту креатинфосфокінази в крові з вмістом креатинфосфату в тканині багатороздільного м'яза. Зменшення активності креатинфосфокінази в крові пацієнтів із дегенеративними захворюваннями хребта супроводжувалось зниженням вмісту креатинфосфату в тканині багатороздільного м'яза. Найнижчий рівень активності креатинфосфокінази

зафіксовано у хворих на стеноз хребтового каналу, що зумовлено важкістю в них патологічного процесу у хребті та, як наслідок, найменший рівень рухової активності.

11. Доведено наявність залежності між структурними змінами паравертебральних м'язів і результатами хірургічного лікування хворих із дегенеративними ураженнями поперекового відділу хребта. Основним фактором впливу є вміст у паравертебральних м'язах жирової тканини: чим більше її в м'язах, тим гіршим буде результат. Запропоновано алгоритм прогнозування результатів хірургічного лікування пацієнтів із використанням даних комп'ютерної томографії та розробленої програми, точність якого становить 89 %. Основними ультрасонографічними факторами впливу є товщина м'язового шару, підвищена ехогенність м'язової тканини і значення відношення підшкірний жировий шар/м'язовий шар. Із використанням даних ультрасонографії запропоновано алгоритм, який дозволяє прогнозувати результати хірургічного лікування на основі дослідження паравертебральних м'язів пацієнтів з точністю 84 %.

## ПЕРЕЛІК РОБІТ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Боль в спине. Пособие для семейных врачей / [Барков А. А., Костерин С. Б., Пионтковский В. К., Попов А. И., Попсуйшапка К. А., **Скиданов А. Г.**, Федотова И. Ф., Шманько А. П.]; под ред. Н. А. Коржа, В. А. Радченко. – Киев: ООО Библиотека «Здоровье Украины», 2018. – (Серия «Библиотека «Здоров'я України»).

Особисто автором відібрано та проаналізовано джерела літератури, підготовлено главу «Дегенеративні захворювання хребта. Остеохондроз» до друку.

2. Radchenko V. A. Lumbar discectomy / V. A. Radchenko, N. V. Deduch, I. F. Fedotova, **A. Skidanov**, V. K. Piontkovsky // The Spine Principles and Practice / T. Sohail, L. G. Lenke, K. Abumi, A. Sadami. – Lahore: Update book company, 2018. – Vol. 1. – P. 385-396.

Автором відібрано пацієнтів, взято участь в їхньому хірургічному лікуванні й узагальненні результатів дослідження.

3. Радченко В. А. Оценка состояния паравертебральных мышц поясничного отдела с помощью компьютерной томографии (обзор литературы) / В. А. Радченко, **А. Г. Скиданов**, Ю. А. Змиенко, Л. А. Левитская, Л. П. Мищенко // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2013. – № 4 (593). – С. 128-133.

Автором відібрано та проаналізовано джерела літератури, підготовлено статтю до друку.

4. Данищук З. Н. Морфология паравертебральных мышц пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника / З. Н. Данищук, **А. Г. Скиданов**, И. А. Батура // Таврический медико-биологический вестник. – 2013. – Т. 16, Вып. 1, ч. 2 (61). – С. 37-40.

Автор провів відбір матеріалу для морфологічних досліджень, оцінку результатів досліджень, підготував статтю до друку.

5. Радченко В. О. Моделювання фіксації хребців з використанням транспедикулярних конструкцій на поперековому відділі хребта щурів / В. О. Радченко, **А. Г. Скіданов**, Г. В. Іванов, Н. О. Ашукіна, П. Б. Левицький // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2014. – № 3 (596). – С. 86-89.

Авторові належить ідея експерименту, розроблено його дизайн, виконано експериментальне моделювання, підготував статтю до друку.

6. Радченко В. А. Структурные особенности паравертебральных мышц в норме и при дегенеративных заболеваниях поясничного отдела позвоночника (обзор литературы) / В. А. Радченко, Н. В. Дедух, Н. А. Ашукіна, **А. Г. Скіданов** // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2014. – № 4 (597). – С. 122-127.

Автор проаналізував джерела літератури, визначив стан проблеми, підготував статтю до друку.

7. **Скіданов А. Г.** Спектральный анализ электромиограмм мышц спины при дегенеративных заболеваниях позвоночника (обзор литературы) / **А. Г. Скіданов**, Д. Р. Дуплий, В. А. Колесниченко, В. А. Радченко // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2015. – № 1 (598). – С. 106-113.

Автор проаналізував джерела літератури, визначив стан проблеми, підготував статтю до друку.

8. **Скіданов А. Г.** Структурні особливості багатороздільного м'яза щурів після транспедикулярної фіксації хребців за умов різної рухової активності / **А. Г. Скіданов**, Н. О. Ашукіна, З. М. Данищук, І. О. Батура, В. О. Радченко // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2015. – № 2 (599). – С. 85-91.

Автор особисто розробив дизайн експерименту на щурах, взяв участь у його виконанні та аналізі результатів.

9. **Скіданов А. Г.** Оцінювання паравертебральних м'яких тканин за допомогою комп'ютерної томографії / **А. Г. Скіданов**, О. Г. Аврунін, М. Ю. Тимкович, Ю. А. Змієнко, Л. М. Левітьська, Л. П. Міщенко, В. О. Радченко // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2015. – № 3 (600). – С. 61-65.

Автор провів клінічне дослідження пацієнтів, розробив алгоритм подальшого діагностичного обстеження, провів оцінювання результатів комп'ютерної томографії, узагальнив результати дослідження).

10. **Скіданов А. Г.** Функциональное состояние мышц спины у пациентов с дегенеративными заболеваниями позвоночника / **А. Г. Скіданов**, Д. Р. Дуплий, И. В. Котульский, А. А. Барков, А. В. Кись, В. К. Пионтковский, В. А. Радченко // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2015. – № 4 (601). – С. 59-68.

Автор провів клінічну оцінку стану хворих та інтерпретацію результатів обстеження, підготував статтю до друку.

11. Радченко В. О. Формування заднього спондилодезу залежно від різної фізичної активності у тварин / В. О. Радченко, **А. Г. Скіданов**, Н. О. Ашукіна,

3. М. Данищук, П. Б. Левицький // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2016. – № 2 (603). – С. 55-59.

Автором розроблено дизайн експериментальних досліджень, взято участь в їх виконанні, інтерпретовано отримані результати.

12. **Скіданов А. Г.** Біохімічні маркери для оцінювання стану м'язів за умов дегенеративних захворювань хребта (огляд літератури) / **А. Г. Скіданов**, Ф. С. Леонтєва, Д. В. Морозенко, В. К. Піонтковський, В. О. Радченко // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2016. – № 4 (605). – С. 119-123.

Автор проаналізував джерела літератури, підготував статтю до друку.

13. Радченко В. О. Відносний вміст різних тканин у паравертебральних м'язах поперекового відділу хребта за умов дегенеративних захворювань та у здорових залежно від віку / В. О. Радченко, **А. Г. Скіданов**, Д. В. Морозенко, Ю. А. Змієнко, Л. П. Міщенко, М. М. Нессонова // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2017. – № 1 (606). – С. 80-86.

Автор провів клінічну оцінку та статистичну обробку результатів досліджень, узагальнив отримані дані.

14. Радченко В. О. Біохімічні маркери стану паравертебральних м'язів у хворих на грижі та стенози поперекового відділу хребта / В. О. Радченко, **А. Г. Скіданов**, Д. В. Морозенко, О. В. Перфільєв, В. К. Піонтковський // Актуальні проблеми сучасної медицини: вісник Української медичної стоматологічної академії. – 2017. – Т. 17, Вип. 2 (58). – С. 171-174.

Автор провів клінічну оцінку результатів обстеження пацієнтів, статистичну обробку результатів досліджень, підготував статтю до друку.

15. Радченко В. О. Особливості метаболічних порушень у хворих на грижі поперекового відділу хребта у поєднанні з артеріальною гіпертензією / В. О. Радченко, В. К. Піонтковський, **А. Г. Скіданов**, Д. В. Морозенко І. В. Корж // ScienceRise: Medical Science. – 2017. – № 5 (13). – С. 25-28.

Автор провів клінічну оцінку результатів обстеження пацієнтів, статистичну обробку отриманих числових показників, узагальнив одержані дані.

16. **Скіданов А. Г.** Вміст ліпідів у паравертебральних м'язах пацієнтів з дегенеративними захворюваннями хребта / **А. Г. Скіданов**, В. О. Радченко, Ф. С. Леонтєва // Український журнал медицини, біології та спорту. – 2018. – Т. 3, Вип. 4 (13). – С. 120-123.

Автор розробив схему діагностичного обстеження хворих, інтерпретував результати біохімічних досліджень, підготував статтю до друку.

17. **Скіданов А. Г.** Біохімічні та імунологічні маркери сироватки крові пацієнтів із спондилолістезом та нестабільністю хребтових сегментів поперекового відділу хребта / **А. Г. Скіданов**, В. О. Радченко, Д. В. Морозенко // Український журнал медицини, біології та спорту. – 2018. – Т. 3, Вип. 5 (14). – С. 171-175.

Автор провів клінічне дослідження пацієнтів, розробив схему подальшого діагностичного обстеження хворих, інтерпретував результати біохімічних та імунологічних досліджень, сформулював висновки.

18. Радченко В. О. Ультрасонографічне оцінювання стану паравертебральних м'язів за умов дегенеративних захворювань хребта / В. О. Радченко, **А. Г. Скіданов**, І. В. Котульський, А. Є. Вишняков, С. М. Яковенко, А. С. Моложон // Український журнал медицини, біології та спорту. – 2018. – Т. 3, Вип. 6 (15). – С. 254-261.

Автор провів аналіз літературних джерел, підготував статтю до друку.

19. Радченко В. О. Динаміка біохімічних маркерів крові у пацієнтів після оперативного лікування дегенеративних захворювань поперекового відділу хребта / В. О. Радченко, **А. Г. Скіданов**, Д. В. Морозенко // Український журнал медицини, біології та спорту. – 2018. – Т. 3 Вип. 7 (16) – С. 140-145.

Автор провів хірургічне лікування та клінічну оцінку результатів обстеження пацієнтів, статистичну обробку результатів досліджень, сформулював висновки.

20. Радченко В. О. Клінічні ознаки прогнозування результатів хірургічного лікування пацієнтів з дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта / В. О. Радченко, **А. Г. Скіданов** // Травма. – 2018. – Т. 19, Вип. 3. – С. 81-88.

Автор взяв участь у хірургічному лікуванні пацієнтів, проаналізував результати, виконав статистичну обробку числових показників, підготував статтю до друку.

21. Radchenko V. A. Musculus multifidus makes provisions to posterolateral spine fusion after transpedicular fixation of lumbar spine / V. A. Radchenko, **А. Г. Skidanov**, N. A. Ashukina, Z. N. Danyshchuk, M. N. Nessonova, D. V. Morozenko, N. A. Skidanov // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2018. – № 2 (611). – Р. 13-21.

Автор відібрав пацієнтів, провів обстеження, взяв участь в їхньому лікуванні, інтерпретації результатів.

22. Радченко В. О. Зміни в паравертебральних м'язах пацієнтів із дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта / В. О. Радченко, **А. Г. Скіданов** // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2018. – № 3 (612). – С. 50-56.

Автор провів клінічне дослідження пацієнтів, розробив алгоритм подальшого діагностичного обстеження хворих, підготував роботу до друку.

23. **Скіданов А. Г.** Прогнозування результатів хірургічного лікування пацієнтів із дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта залежно від стану паравертебральних м'язів / **А. Г. Скіданов** // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2018. – № 4 (613). – С. 14-23.

Автор провів клінічне дослідження пацієнтів, автор взяв участь у хірургічному лікуванні пацієнтів, проаналізував результати розробив алгоритм прогнозування, підготував роботу до друку.

24. Радченко В. О. Структурні особливості багатороздільного м'яза пацієнтів із дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта / В. О. Радченко, **А. Г. Скіданов**, Н. О. Ашукіна, В. Є. Мальцева, З. М. Данищук // ScienceRise: Medical Science. – 2018. – № 6 (26). – С. 41-49.

Автор провів клінічну оцінку результатів обстеження пацієнтів, взяв участь в їхньому хірургічному лікуванні та проаналізував його результати, відібрав матеріал для гістологічного дослідження.

25. Радченко В. О. Ультрасонографія паравертебральних м'язів пацієнтів з дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта та прогнозування результатів їх хірургічного лікування / В. О. Радченко, **А. Г. Скіданов**, А. Є. Вишняков, С. М. Яковенко, І. В. Котульський, М. М. Нессонова // Український журнал медицини, біології та спорту. – 2019. – Т. 4, Вип. 1 (17). – С.129-140.

Автор провів хірургічне лікування та клінічну оцінку результатів обстеження пацієнтів, статистичну обробку результатів досліджень, сформулював висновки.

26. Пат. 94502 Україна, МПК А61В 17/56 (2006.01). Спосіб експериментального міжтілового спондилодезу у тварин / Радченко В. О., Скіданов А. Г., Іванов Г. В., Стешенко В. М.; заявник і патентовласник ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І.Ситенка НАМН України». – № у 201407005; заявл. 23.06.2014; опубл. 10.11.2014, Бюл. № 21.

Особисто автором запропоновано ідею і розроблено дизайн експерименту, взято участь у його виконанні, проведено патентний пошук, підготовлено матеріали до друку.

27. Пат. 111269 Україна, МПК А61В 6/03, G06Т 7/40, G06F 15/18 (2006.01). Спосіб визначення структури паравертебральних м'язів за допомогою комп'ютерної томографії / Аврунін О. Г., Скіданов А. Г., Радченко В. О., Тимкович М. Ю., Нессонова М. М.; заявник і патентовласник Харківський Національний університет радіоелектроніки. – № а 201410285; заявл. 19.09.2014; опубл. 11.04.2016, Бюл. № 7.

Автор провів клінічне дослідження та відбір пацієнтів у дослідні групи, клінічну оцінку результатів комп'ютерної томографії, провів патентний пошук, підготував патент до друку.

28. Пат. 131520 Україна, МПК G01N 33/48 (2006.01). Спосіб діагностики можливих післяопераційних ускладнень у хворих із дегенеративними захворюваннями хребта та коморбідною патологією / Радченко В. О., Леонтьєва Ф. С., Туляков В. О., **Скіданов А. Г.**, Піонтковський В. К., Морозенко Д. В.; заявник і патентовласник ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І.Ситенка НАМН України». – № у 201804770; заявл. 02.05.2018; опубл. 25.01.2019, Бюл. № 2.

Автор провів клінічне дослідження та відбір пацієнтів у дослідні групи, клінічну оцінку результатів, провів патентний пошук, підготував патент до друку.

29. Радченко В. А. Влияние исходного состояния паравертебральных мышц на результаты хирургического лечения дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника / В. А. Радченко, **А. Г. Скіданов**, П. Б. Левицкий: Збірник наукових праць за матеріалами Всеукраїнської науково-практичної конференції [«Сучасні дослідження в ортопедії та травматології» (другі наукові читання пам'яті академіка О.О.Коржа)] (Харків,

30-31 жовтня 2014 р.) / МОЗ України, НАМН України, ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», ВГО «Українська асоціація ортопедів-травматологів». – Харків, 2014. – С. 101-102.

Особистий внесок автора полягає в участі у хірургічному лікуванні пацієнтів, аналізі його результатів, представленні доповіді на конференції.

30. **Скіданов А. Г.** Структурні зміни паравертебральних м'язів за умов остеохондрозу (КТ-дослідження) / **А. Г. Скіданов**, Ю. А. Змієнко, Л. М. Левітська, Л. П. Міщенко, П. Б. Левицький: III Міжнародний Медичний Конгрес [«Впровадження медичних досягнень медичної науки в практику охорони здоров'я України»] (Київ, 14-16 жовтня 2014 р.) / МОЗ України, НАМН України. – Київ, 2014. – С.54.

Автор відібрав пацієнтів, взяв участь у проведенні КТ-дослідження, інтерпретував його результати, підготував матеріал до публікації та виступив із доповіддю

31. Радченко В. А. Влияние изменений паравертебральных мышц на результаты хирургического лечения дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника / В. А. Радченко, А. Г. Скіданов, Н. А. Ашукина, З. Н. Данищук, И. А. Батура: Науковий симпозіум з міжнародною участю [«Актуальні питання сучасної ортопедії та травматології» (II Український симпозіум з біомеханіки опорно-рухової системи)] (Дніпропетровськ, 17-18 вересня 2015 р.) / МОЗ України, НАМН України, Придніпровський науковий центр НАЦ і МОН України, ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України», ВГО «Українська асоціація ортопедів-травматологів», Департамент охорони здоров'я Дніпропетровської ОДА. – Дніпропетровськ, 2015. – С. 71-72.

Авторові належить ідея дослідження, ним відібрано групу пацієнтів, проведено їхнє обстеження, взято участь у хірургічному лікуванні, відборі матеріалу для гістологічного аналізу, узагальненні отриманих даних. Він підготував матеріал до публікації та виступив із доповіддю.

32. Радченко В. О. Залежність заднього спондилодезу від фізичної активності за умов транспедікулярної фіксації хребців (експериментальне дослідження) / В. О. Радченко, **А. Г. Скіданов**, Н. О. Ашукіна, П. Б. Левицький: Збірник наукових праць XVII з'їзду ортопедів-травматологів України (Київ, 5-7 жовтня, 2016 р.) / МОЗ України, НАМН України, ВГО «Українська асоціація ортопедів-травматологів», ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України». – Київ, 2016. – С. 267.

Особисто автором розроблено дизайн і проведено експеримент, відібрано матеріал для гістологічного аналізу, узагальнено отримані результати. Він підготував матеріал до публікації та виступив із доповіддю.

## АНОТАЦІЯ

**Скіданов А.Г. Клініко-експериментальне обґрунтування впливу змін паравертебральних м'язів на результати хірургічного лікування пацієнтів із дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта. – На правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора медичних наук за спеціальністю 14.01.21 – травматологія та ортопедія. – Державна установа «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І.Ситенка Національної академії медичних наук України», Харків, 2019.

Дисертаційне дослідження спрямовано на визначення впливу структурно-функціональних змін паравертебральних м'язів у пацієнтів із дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта на результати хірургічного лікування.

Доведено, що старший вік пацієнтів, більша тривалість захворювання й останнього загострення, діагноз «стеноз хребтового каналу» і «спондилолітез» спричинюють менш задовільне відновлення працездатності після хірургічного лікування. Визначено діагностичну цінність активності ферментів креатинфосфокінази в сироватці крові пацієнтів для оцінювання стану паравертебральних м'язів.

Встановлено, що з віком у дорослих у паравертебральних м'язах зменшується вміст м'язової тканини на фоні збільшення сполучної та жирової, а в дітей зростає відсоток сполучної тканини у всіх м'язах на фоні незмінного вмісту власне м'язової тканини. Визначено, що дегенеративні зміни у м'язах прямо корелюють із порушенням інших структур хребта і прогресують залежно від діагнозу в порядку «нестабільність хребтових рухових сегментів – грижі міжхребцевих дисків – спондилолітез – стеноз хребтового каналу».

Експериментально доведено позитивний вплив м'язових навантажень на формування заднього спондилодезу за умов стабілізації хребців транспедикулярними конструкціями.

Розроблено алгоритми прогнозування результатів хірургічного лікування хворих із дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта на підставі стану паравертебральних м'язів за результатами комп'ютерної томографії та ультрасонографії, точність яких становить 89 % і 84 % відповідно.

**Ключові слова:** дегенеративні захворювання хребта, хірургічне лікування, паравертебральні м'язи, експеримент на щурах, комп'ютерна томографія, електроміографія, ультрасонографія, прогнозування.



## АННОТАЦИЯ

**Скиданов А.Г. Клинико-экспериментальное обоснование влияния изменений паравертебральных мышц на результаты хирургического лечения пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника.** – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук по специальности 14.01.21 – травматология и ортопедия. – Государственное учреждение «Институт патологии позвоночника и суставов имени профессора М.И.Ситенко Национальной академии медицинских наук Украины», Харьков, 2019.

Диссертационное исследование направлено на повышение эффективности прогнозирования результатов хирургического лечения пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника путем изучения дооперационных структурно-функциональных изменений паравертебральных мышц, снижающих реабилитационный ресурс.

Определено, что менее удовлетворительное восстановление работоспособности после хирургического лечения пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника связано со старшим возрастом больного, большей длительностью заболевания и последнего обострения, диагнозом «стеноз позвоночного канала» и «спондилолистез». Также к этой группе относятся пациенты с индексом Освестри до операции более 78 %.

С помощью клинических тестов и электромиографии установлено, что функция паравертебральных мышц у пациентов снижена и медленно восстанавливается в течение следующих 3 лет после хирургического лечения.

На основе изучения с помощью компьютерной томографии рентгеноплотности мышечной, соединительной и жировой тканей создана компьютерная программа для определения их доли в паравертебральных мышцах. Установлено, что в них с возрастом у взрослых уменьшается содержание мышечной ткани на фоне увеличения соединительной и жировой. У детей содержание мышечной ткани с возрастом не меняется, но повышается процент собственно соединительной ткани во всех мышцах.

Доказано, что у пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника дегенеративные изменения в мышцах прямо коррелируют с нарушением других структур позвоночника и прогрессируют в зависимости от диагноза в порядке «нестабильность позвоночных двигательных сегментов – грыжи межпозвоковых дисков – спондилолистез – стеноз позвоночного канала».

В результате морфологического анализа доказано положительное влияние мышечных нагрузок на формирование заднего спондилодеза у крыс в условиях стабилизации позвонков транспедикулярными конструкциями.

Проведен биохимический анализ и определена диагностическая ценность активности ферментов креатинфосфокиназы в сыворотке крови пациентов для оценки состояния паравертебральных мышц. Установлено увеличение

содержания общих липидов в ткани *m. multifidus* больных с более выраженными дегенеративными изменениями.

Разработан алгоритм прогнозирования результатов хирургического лечения больных с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника. Важнейшими КТ-показателями являются общее содержание жира в паравертебральных мышцах. Точность прогнозирования результата хирургического лечения с помощью разработанного алгоритма составляет 89 %.

Предложена модель, которая позволяет прогнозировать результаты хирургического лечения на основе ультрасонографических характеристик паравертебральных мышц с точностью 84 %.

**Ключевые слова:** дегенеративные заболевания позвоночника, хирургическое лечение, паравертебральные мышцы, эксперимент на крысах, спондилодез, компьютерная томография, электромиография, ультрасонография, гистология, прогнозирование.

## SUMMARY

**Skidanov A.G. Clinical and experimental substantiation of the influence of the paravertebral muscles on the results of surgical treatment of patients with degenerative diseases of the lumbar spine.** – Published as a manuscript.

Dissertation for a scientific degree of a Doctor of Medical Sciences following the specialty 14.01.21 - Traumatology and Orthopedics. – State institution "Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kharkiv, 2019.

The purpose of the study was to research the structural and functional changes of paravertebral muscles in patients with degenerative diseases of the lumbar spine and to study the effect of these changes on the results of surgical treatment.

It has been established that older age, longer duration of illness, diagnosed stenosis and spondylolisthesis contribute to a less satisfactory restoration of the patient's working ability after surgical treatment. The diagnostic value of the activity of creatine phosphokinase enzymes in patients' blood serum for assessing the state of the paravertebral muscles has been determined.

It has been established that the muscle tissue in paravertebral muscles of adults decreases with age while connective and fat tissues increase. In children's case the content of muscle tissue with age does not change, but the percentage of connective tissue in all muscles increases. It has been established that degenerative changes in muscles correlate directly with degenerative changes of other structures of the spine and progress according to the diagnosis in the following order: instability – hernia – spondylolisthesis – stenosis.

A positive effect of muscle loads on the formation of posterior spondylodesis in case of using transpedicular construction on the lumbar spine to stabilize the vertebrae has been experimentally proved.

Algorithms of prediction of the results of surgical treatment of degenerative diseases of the lumbar spine patients based on the condition of paravertebral muscles according to the results of CT and ultrasonography (the precision of which is 89 % and 84 % respectively) has been developed.

**Key words:** degenerative diseases of spine, surgical treatment, paravertebral muscles, experiment on rats, computed tomography, electromyography, ultrasonography, prognostication.

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,  
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

АЛАТ – аланінамінотрансфераза

АсАТ – аспартатамінотрансфераза

ВАШ – візуальна аналогова шкала

ЕМГ – електроміографія

ІЛ – інтерлейкін

КТ – комп'ютерна томографія

НУ – Hounsfield Unit (одиниці Хаунсфілда)