

DOI: 10.26693/jmbs04.01.129

УДК 617.3:616-079.2:611.731.65

Радченко В. О.<sup>1</sup>, Скіданов А. Г.<sup>1</sup>, Вишняков А. Є.<sup>1</sup>,  
Яковенко С. М.<sup>1</sup>, Котульський І. В.<sup>1</sup>, Нессонова М. М.<sup>2</sup>

## УЛЬТРАСОНОГРАФІЯ ПАРАВЕРТЕБРАЛЬНИХ М'ЯЗІВ ПАЦІЄНТІВ З ДЕГЕНЕРАТИВНИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ ПОПЕРЕКОВОГО ВІДДІЛУ ХРЕБТА ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ЇХ ХІРУРГІЧНОГО ЛІКУВАННЯ

<sup>1</sup>ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України»,  
Харків, Україна

<sup>2</sup>Національний фармацевтичний університет», Харків, Україна

skidanov\_artem@ukr.net

У статті розглянуто питання встановлення ультрасонографічних критеріїв для оцінки стану паравертебральних м'язів пацієнтів з дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта та прогнозування результатів їх хірургічного лікування. Усіх хворих (31 чоловік і 43 жінки) розділили на чотири групи – N, G, S і St. Групу N склали 15 (20,27 %) осіб із нестабільністю хребтових рухових сегментів, групу G – 25 пацієнтів (33,78 %) із встановленим у процесі обстеження діагнозом грижі міжхребцевого диска. Група S представлена 15 (20,27 %) пацієнтами зі спондилолітезом, St – 19 (25,68 %) зі стенозом хребтового каналу. П'ята група – контрольна (n=12). Для оцінки стану скелетних м'язів використовували лінійні ультразвукові датчики з частотою 5,0–7,5 МГц. Доведено наявність залежності між ультрасонографічними змінами паравертебральних м'язів і результатами хірургічного лікування хворих із дегенеративними ураженнями поперекового відділу хребта. Основними факторами впливу є товщина м'язового шару, підвищена ехогенність тканини і значення відношення підшкірно-жировий шар / м'язовий шар. Запропоновано модель, яка дозволяє прогнозувати результати хірургічного лікування на основі даних ультрасонографічного дослідження паравертебральних м'язів пацієнтів з дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта з точністю 84,4 %.

**Ключові слова:** дегенеративні захворювання хребта, поперековий відділ, паравертебральні м'язи, ультрасонографія, прогнозування результатів хірургічного лікування.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дослідження проводилося в рамках науково-дослідної роботи «Дослідити структурно-метаболичні порушення у м'язовій та сполучній тканинах у хворих на дегенеративні за-

хворювання поперекового відділу хребта та вплив на них коморбідної патології», № держ. реєстрації 0116U001085, 2016-2018 рр.

**Актуальність.** Відомо що паравертебральні м'язи грають величезну роль у розвитку та перебігу дегенеративних захворювань хребта, але на сьогодні немає достатньої кількості обґрунтованих неінвазивних методів прижиттєвої діагностики структури м'язів, зокрема й у поперековій ділянці спини. Обмежені можливості для вивчення паравертебральних м'язових тканин у живих індивідуумів підштовхують до пошуку таких нових шляхів, які дозволять розширити знання в цій галузі. Відомі розроблені методики ультрасонографії (УСГ) м'язових тканин за умов норми та патології [1–3]. Автори цих розробок відзначають, що метод є дуже корисним у диференціальній діагностиці дегенеративно-дистрофічних захворювань, запальних процесів, травматичних ушкоджень. Відомо, що зміни з боку м'язів призводять зміни кісткового скелета. Це стосується їх анатомічних взаємовідношень, структурних характеристик і функціональних особливостей [4–7].

Останнім часом можливості та показання до застосування ультразвукового дослідження для діагностики патології нервово-м'язової системи як у дітей, так і в дорослих значно розширились [8, 9, 10]. УСГ є одним із основних методів візуалізації м'язів [3]. Використання неінвазивного УСГ-методу дає змогу визначити ступінь і поширеність змін у різних ділянках м'язового черевця та дати їм об'єктивну оцінку. Так само, як і комп'ютерна [11–14] та магнітно-резонансна томографії [15–17], УСГ є неінвазивним методом дослідження, але порівняно з ними має певні переваги — відсутність іонізуючого випромінювання та значно меншу вартість необхідної апаратури. Наявність УСГ-приладів майже в усіх медичних закладах України дає можливість

використовувати цей метод у практиці травматологів-ортопедів, зокрема для багаторазового обстеження пацієнтів у динаміці та виконання різноманітних функціональних проб у режимі on-line. Під час вивчення м'язів УСГ забезпечує аналіз їхніх розмірів [18–20]. К. С. Gibbon і співавт. [21] провели дослідження точності вимірювань товщини паравертебральних м'язів за допомогою УСГ, в результаті якого дійшли висновку про достатню надійність цього методу, хоча він і поступається МРТ [22]. Під час сканування здорових тканин за допомогою УСГ візуалізують чітку фасцикулярну структуру м'язів: м'язові волокна мають низьку ехогенність (тобто виглядають практично чорними), а сполучнотканинні елементи (перимізій та епімізій) - підвищену (виглядають практично білими) [23]. Ехогенність характеризує ступінь, з яким структурні елементи органу відбивають ультразвукові хвилі. М'язи є гіпоехогенними порівняно з кісткою, підшкірною жировою клітковиною та сухожилками. Для кількісного оцінювання ехогенності застосовують визначення показника ехоінтенсивності (ехощільності), отриманої з використанням стандартної методики аналізу сірої шкали в обраній ділянці інтересу [2, 24]. Якісна оцінка ехогенності залежить від досвіду лікаря, налаштування параметрів апарата, індивідуальних особливостей пацієнта. Зазвичай, для визначення ступеня ехоінтенсивності скелетних м'язів використовують рейтингову шкалу Нескмата, де основним орієнтиром для порівняння ехогенності їхньої структури є кістка [25]. Інфільтрація жиру в м'язи та заміна м'язових волокон жировою тканиною призводить до збільшення їхньої щільності [23]. Виявлено, що ехоощільність м'язів у здорових людей різних вікових груп прямо пов'язано з віком і вірогідно збільшується з його підвищенням [9].

Протягом останніх 20 років інтенсивно розробляють концепції неспецифічних рефлекторно-м'язових синдромів за умов патології опорно-рухової системи. В їхній основі лежать полісегментарні ланцюгові міотонічні рефлекси. С. С. Страфун [26] виявив значні структурні зміни та атрофію денервованих м'язів верхньої кінцівки, виразність яких залежала від ступеня тяжкості ушкодження нервів і давності денерваційного процесу. Автор звернув увагу на збільшення шару підшкірної жирової клітковини з посиленням її структурованості та щільності фасціальних оболонок м'яза. Саме тоді автор звернув увагу на те, що ехогенність уражених м'язів значно відрізняється від інтактних та має певну негативну динаміку в часі.

Існують дослідження, які висвітлюють роль паравертебральних м'язів у прогнозуванні одужання при поперековому болю [27–29]. Фахівці зверта-

ють увагу на важливість у прогнозуванні розвитку поперекового болю у пацієнтів на дегенеративні захворювання поперекового відділу хребта таких якостей паравертебральних м'язів як жирова інфільтрація та площа поперечного перерізу [30]. Вивчення скелетних м'язів має важливе значення в розумінні патологічних змін в них, які викликають дегенеративні захворювання поперекового відділу хребта. Результати цих досліджень можуть в подальшому допомогти в профілактиці та діагностиці на ранніх етапах розвитку захворювань, в процесі лікування та реабілітації пацієнтів, визначити прогноз результатів лікування.

**Мета дослідження** – встановити ультрасонографічні критерії для оцінки стану паравертебральних м'язів пацієнтів з дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта та прогнозування результатів їх хірургічного лікування.

**Матеріали і методи досліджень.** Матеріалом дослідження стали результати обстеження 74 пацієнтів (31 чоловік і 43 жінки), яких прооперували в клініці вертебології з приводу дегенеративних захворювань поперекового відділу хребта. Усіх хворих розділили на чотири групи (N, G, S і St) з урахуванням ознак захворювання, які більшою мірою визначають клінічну картину, на підставі класифікації, розробленої в ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України» [31]. Групу N склали 15 (20,27 %) осіб із нестабільністю хребтових рухових сегментів, групу G – 25 пацієнтів (33,78 %) із встановленим у процесі обстеження діагнозом грижі міжхребцевого диска. Група S представлена 15 (20,27 %) пацієнтами зі спондилолістезом, St — 19 (25,68 %) зі стенозом хребтового каналу. П'ята група – контрольна (n=12).

Дослідження виконані з дотриманням основних положень «Правил етичних принципів проведення наукових медичних досліджень за участю людини», затверджених Гельсінською декларацією (1964-2013 рр.), ICH GCP (1996 р.), Директиви ЄЕС № 609 (від 24.11.1986 р.), наказів МОЗ України № 690 від 23.09.2009 р., № 944 від 14.12.2009 р., № 616 від 03.08.2012 р. Кожен пацієнт підписував інформовану згоду на участь у дослідженні.

Хірургічні втручання хворим виконували відповідно до загальних уявлень і без хірургічних технічних помилок. Усім пацієнтам виконувалась транспедикулярна фіксація на одному або двох рівнях L3, L4, L5, S1. Кількість пацієнтів з одно- або дво-рівневою фіксацією рівномірно розподілено між групами. Під час операції проводили аутокісткову пластику у вигляді резекції задніх відділів дугоросткових суглобів і декортикації дуг, тканини суглобових відростків залишали в рані.

Клінічне обстеження виконувалось до хірургічного втручання та через рік після операції. Під час клінічного обстеження встановлювали дані анамнезу. З'ясовували початок і причину захворювання, його перебіг, розвиток, загальну тривалість. Конкретизували скарги: уточнювали локалізацію та інтенсивність болю, яку оцінювали за візуально-аналоговою шкалою (ВАШ) від 1 до 10 балів. Оцінювання тяжкості дисабілітації до і через рік після хірургічного лікування виконували за шкалою Oswestry від 0 до 100 % [32]. У разі значень  $J_{OSW}$  від 0 до 20 % порушення працездатності оцінювали як мінімальні, ступінь тяжкості I; від 20 % до 40 % – помірні, ступінь тяжкості II, від 40 % до 60 % – серйозні, ступінь тяжкості III, від 60 % до 80 % – інвалідизуючі, ступінь тяжкості IV; від 80 % до 100 % – як такі, що приковують до ліжка або як перебільшення симптомів – ступінь тяжкості V. Для спрощення аналізу результатів хірургічного лікування пацієнти були поділені на три групи, для цього об'єднали деякі ступені тяжкості: I розглядали як найкращий результат, II – задовільний, III, IV і V – незадовільний.

Виявляли об'єктивні симптоми і синдроми. Враховували зміни обсягу рухів у поперековому відділі хребта, напруження м'язів, деформації хребта, симптом Ласега. *Ультрасонографічне дослідження* проводилося в режимі реального часу в відділенні Відділ функціональної діагностики і патофізіології, на апараті "Toshiba Aplio", Японія. Для оцінки стану скелетних м'язів використовували лінійні ультразвукові датчики з частотою 5,0-7,5 МГц. Датчик розташовувався 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. Середня тривалість дослідження складала близько 20 хв. Проводилось дослідження *m. multifidus*, *m. erector spinae*, *m. quadratus lumborum* (рис. 1).

Опис сонограм включав візуальну оцінку структури м'яза (смугастість, гомогенність), локалізацію та тип змін (запальні зміни, оссифікати, генералізовані або локальні, гомогенні, симетричні). Проводився аналіз окремих стандартних сегментів отриманих ультразвукових зображень з метою якісної характеристики збереження м'язової структури. В ультразвуковому зображенні визначалася ехогенність м'яза щодо сірої шкали (анехогенні, гіпоехогенні, гіперехогенні) та наявність васкуляризації. Товщина підшкірно-жирового шару та м'язів вимірювалась в мм.

Статистичний аналіз виконували засобами програмного пакету Statistica (TIBCO Software Inc., 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. При виявленні значущих розбіжностей за значеннями кількісних показників у групах пацієнтів в залежності від діагнозу і з контрольною групою застосовано критерій Краскала-Уолліса, що є непараметричним аналогом дисперсійного аналізу (в тексті статистика критерію позначена як K-W H). Попарні порівняння незалежних груп виконували за допомогою критерію Манна-Уїтні (в тексті статистика критерію позначена як M-W U) з поправкою Бонферроні на множинність. Порівняння залежних вибірок (значень кількісних показників до та після хірургічного лікування) здійснювали за допомогою критерію Уїлкоксона (в тексті статистика критерію позначена як Wilcoxon Z). Для визначення значущості розбіжностей у значеннях якісних показників (ехогенності та ультрасонографічної структури м'язової тканини) між групами пацієнтів з різними діагнозами і в контрольній групі аналізувалися двоходові таблиці спряженості з використанням критерію  $\chi^2$  Пірсона. Якщо очікувані



Рис. 1. Розміщення датчика під час ультрасонографічного дослідження

частоти у клітинках таблиці спряженості не перевищували 5, висновок робився на підставі зазначеного критерію з поправкою Йетса. Сила взаємної залежності між досліджуваними кількісними показниками оцінювалася на підставі кореляційного аналізу. При цьому обчислювалися рангові коефіцієнти кореляції Спірмена (в тексті позначено через R), значення яких трактувалися на підставі шкали Чеддока.

При розробці моделі прогнозування результатів хірургічного лікування на підставі даних ультразвукографічного дослідження паравертебральних м'язів використано метод CART побудови дерева класифікації з апіорними ймовірностями приналежності об'єктів до класів, оціненими за навчальною вибіркою, і рівними цінами помилкової класифікації у кожному класі. Для отримання оптимального дерева рішення застосовано метод зупинки гілкування FACT із долею некласифікованих спостережень не більше 10%.

#### Результати дослідження та їх обговорення.

Серед обраних хворих до хірургічного лікування у 13 (17,6 %) були серйозні порушення дієздатності, у 30 (40,5 %) – інвалідизуючі, у 31 (41,9 %) – порушення, які приковують до ліжка. Після хірургічного лікування мінімальні порушення дієздатності спостерігали у 24 пацієнтів (32,4 %), помірні – у 37 (50,0 %), у 13 (17,6 %) залишилися серйозні та інвалідизуючі порушення.

Більшість результатів операцій, виконаних у клініці вертебрології Інституту, оцінено як найкращі й задовільні, тому для відбору необхідної групи з незадовільними результатами довелося провести пошук протягом більш тривалого часу. Дана група представляє особливий інтерес. До неї включено 13 осіб (5 чоловіків і 8 жінок) у віці (53,54±2,54) років. Тобто, незадовільні результати хірургічного лікування визначено у пацієнтів старших за 48 років. Діагноз «Стеноз поперекового відділу хребтового каналу» встановлено у 8 осіб (61,54 %), грижа міжхребцевого диска – у 3 (23,08 %), спондилолітез – у 2 (15,38 %). У пацієнтів цієї групи проведено хірургічне лікування призводило до покращення стану пацієнтів: виявлено значущість змін індексу дісабілітації Освестрі (Wilcoxon  $Z = 3,179797$ ,  $p < 0,05$ ), проте після операції їх стан залишився важким. У двох пацієнтів ступінь порушень дієздатності після лікування не змінилася. До хірургічного лікування серйозні порушення (ступінь тяжкості III) виявлено в 1 пацієнта, з даної групи; порушення, які призводять до інвалідності (ступінь тяжкості IV), – у 4; розлади, що приковують до ліжка (V ступінь) – у 8. Після лікування порушення дієздатності в 9 пацієнтів кваліфіковано як серйозні (ступінь тяжкості III), у 4 – інвалідизуючі (ступінь тяжкості IV).

**Ехогенність м'язової тканини контрольної групи.** М'язова тканина є ехонегативною і не перешкоджає проходженню ультразвукової хвилі. Скелетні м'язи в нормі мають фіброзні фасції та адіipoзні прошарки між м'язовими волокнами та їх пучками, які при ультразвуковому дослідженні виявляються ехогенними лініями при поздовжньому скануванні. Фасції, що розділяють м'язи, представляються гіперехогенними лінійними структурами.

У контрольній групі всі м'язи мали приблизно однакову ехоструктуру; на поздовжніх зрізах м'язи були представлені гіпоехогенними утвореннями веретеноподібної форми з множинними тонкими довгими лінійними гіперехогенними вклученнями (ехографічні сигнали від перимізію), які мали поздовжній або дещо косий напрямок (рис. 2).



**Рис. 2.** Ультрасонографічне зображення паравертебральних м'язів (*m. multifidus*, *m. erector spinae*). Контрольна група здорових волонтерів. Рівень L4-L5. Поздовжній переріз. Малюнок структури та товщина м'язів симетричні. Структура м'язової тканини однорідна. Ехогенність нормальна. Над контуром м'язів прошарок підшкірної жирової клітковини підвищеної ехогенності

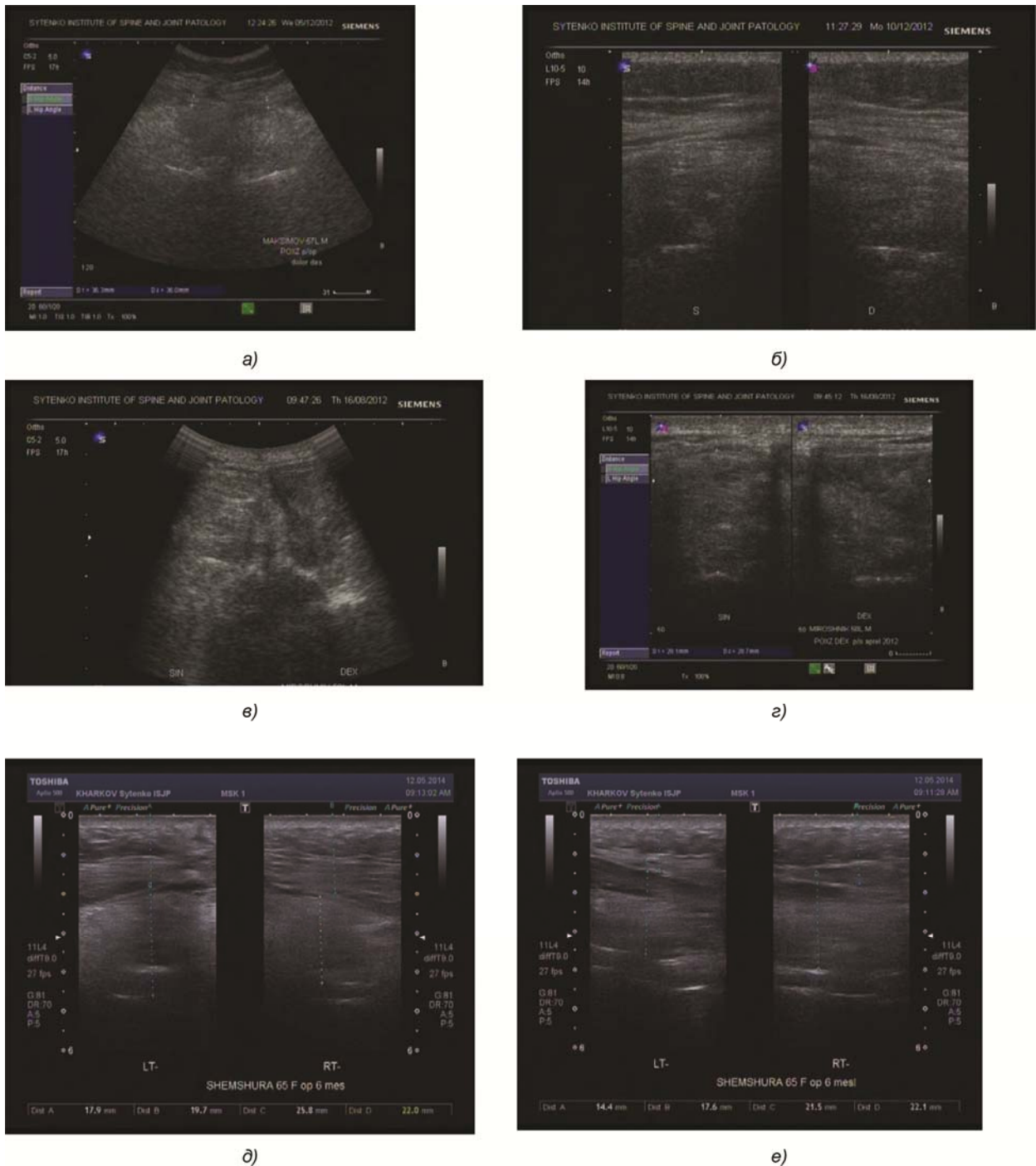
На поперечному зрізі ці внутрішні вклучення візуалізувалися як точкові або короткі лінійні структури. У спокої скорочень м'язових волокон не зафіксовано. Контур м'язів рівний, чітко відмежований гіперехогенними лінійними структурами. При доплерографічному дослідженні, у здорових кровообіг візуалізувався (рис. 3).

#### Ехогенність паравертебральних м'язів пацієнтів з дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта.

У пацієнтів з дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта спостерігалась інша ультрасонографічна картина. Порівняно з контрольною групою відмічалось характерне дифузне збільшення ехогенності і порушення ехоструктури паравертебральних м'язів. М'язова тканина







**Рис. 5.** Збільшення ехогенності і порушення ехоструктури паравертебральних м'язів у пацієнтів з дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта:

а, б) I ступінь – легке збільшення ехогенності та структури, в, г) II ступінь – помірне збільшення ехогенності та структури, д, е) III ступінь – виражене збільшення ехогенності. а), в), д) поперечний зріз; б), г), е) поздовжній зріз

При стенозах неоднорідна структура тканини спостерігалася частіше, ніж у разі нестабільності ( $c^2=7,14$ ,  $p=0,0076<0,05$ ) та спондилолітезу ( $c^2=8,02$ ,  $p=0,0046<0,05$ ).

При порівнянні паравертебральних м'язів пацієнтів з контрольною групою (в якій структура ткани-

ни у всіх була однорідною) виявлено відсутність значущих відмінностей від здорових добровольців у пацієнтів з діагнозами нестабільність (Йетса  $c^2=1,13$ ,  $p=0,2869>0,05$ ). При діагнозах стеноз та грижа міжхребцевого диска спостережень з неоднорідною структурою тканини було значущо

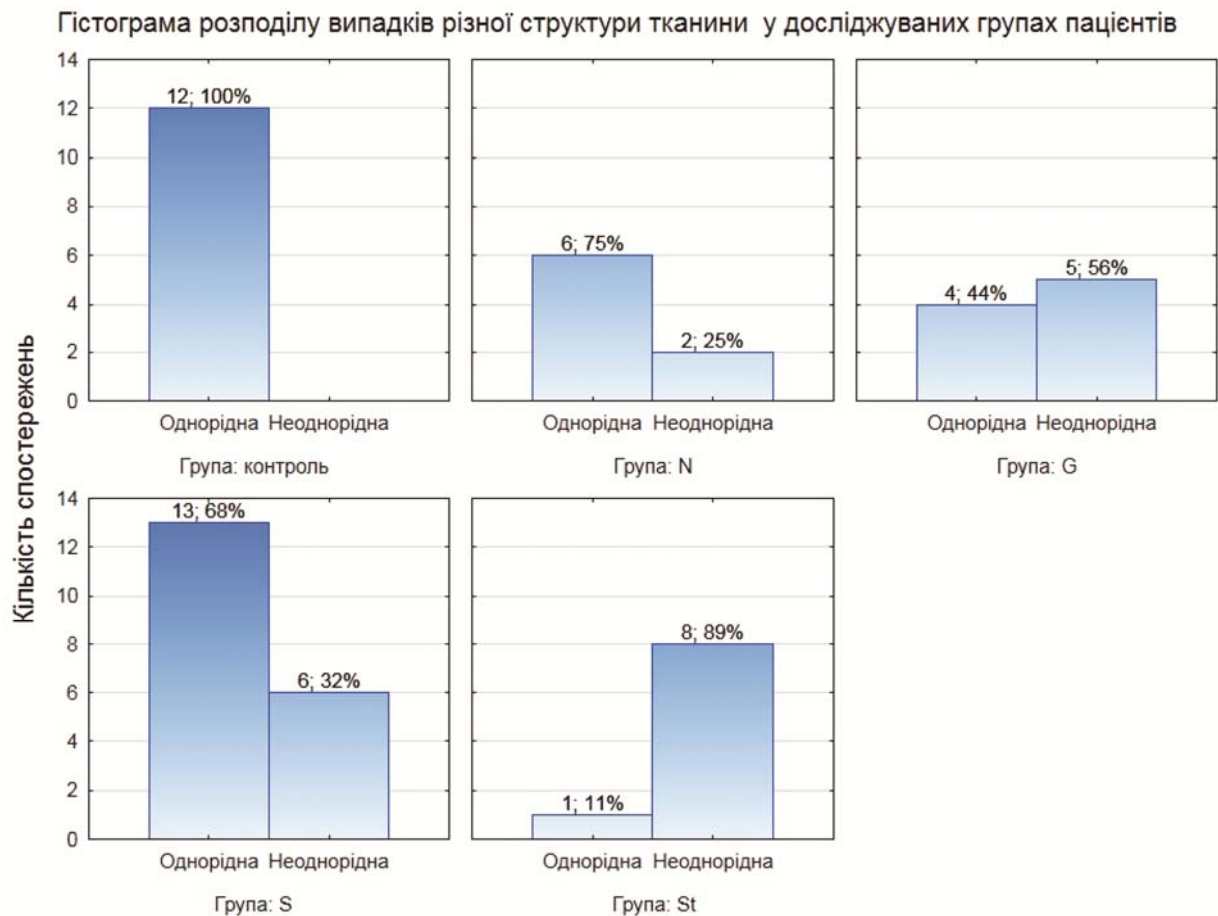


Рис. 6. Структура м'язових тканин у пацієнтів з дегенеративними захворюваннями хребта в залежності від діагнозу порівняно з контрольною групою

більше, ніж у контрольній групі (для стенозу: Йетса  $s^2=13,67$ ,  $p=0,0002<0,05$ ; для грижі: Йетса  $s^2=5,96$ ,  $p=0,0147<0,05$ ).

**Результати вимірювань товщини м'язового шару та підшкірно-жирового шару.**

Під час порівняння результатів вимірювань різних груп паравертебральних м'язів поперекового відділу, з метою виключення впливу конституціональних особливостей проведено порівняльний аналіз результатів вимірювань поперечного перерізу тіл хребців. У результаті порівняння не виявлено конституціональних відмінностей між досліджуваними групами пацієнтів (Kruskal-Wallis test:  $H(4, N=73) = 6,911251$   $p=0,1407$ ).

У пацієнтів з дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта товщина м'язового шару була значимо меншою, ніж у контрольній групі здорових добровольців, при діагнозах «Стеноз» (M-W  $U=2,5$ ,  $p=0,000282<0,05/10=0,005$ ), «Спондилолітез» (M-W  $U=11$ ,  $p=0,000032<0,05/10=0,005$ ) та «Грижа міжхребцевого диска» (M-W  $U=21,5$ ,  $p=0,022737<0,05$ ) (рис. 7).

Товщина м'язового шару при діагнозі «Нестабільність» значуще не відрізнялася від контрольної групи (M-W  $U=44$ ,  $p=0,786745>0,05$ ) (рис. 7).

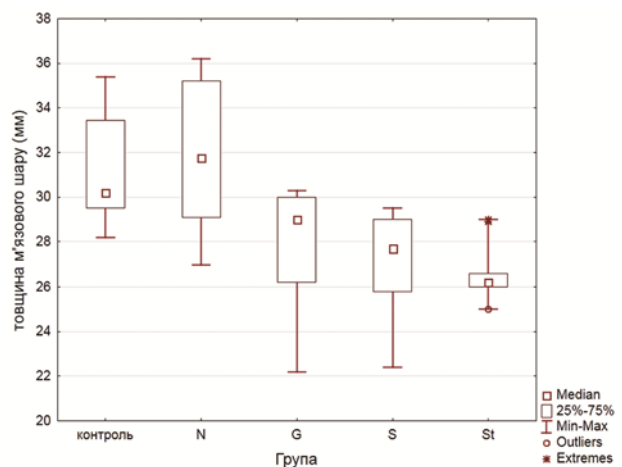


Рис. 7. Товщина м'язового шару пацієнтів з дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта порівняно з контрольною групою

За товщиною підшкірно-жирового шару у неоперованих пацієнтів значущих відмінностей не виявлено ні між окремими клінічними групами, ні по відношенню до контрольної групи (K-W  $H(4,57) = 9.419739$ ,  $p=0,0514 > 0,05$ ) (рис. 8).

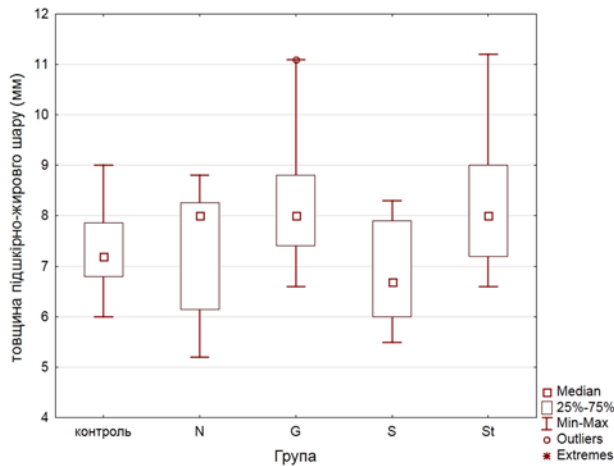


Рис. 8. Товщина підшкірного жирового шару пацієнтів з дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта до хірургічного лікування

За показником відношення товщини підшкірно-жирового шару до товщини м'язового шару пацієнти з діагнозом нестабільність не відрізнялися від контрольної групи (M-W  $U=40$ ,  $p=0,562834 > 0,05$ ). В той же час цей показник у пацієнтів з діагнозом «стеноз» був значимо більшим, ніж у контрольній групі здорових добровольців (M-W  $U=11$ ,  $p=0,002525 < 0,05$ ) (рис. 9).

Узагальнюючи отримані результати, можемо заключити, що пацієнти з діагнозом «Нестабільність рухових сегментів» були найбільш наближені до контрольної групи здорових добровольців за показниками товщини м'язового шару і відношення «підшкірно-жировий шар / м'язовий шар», в той час

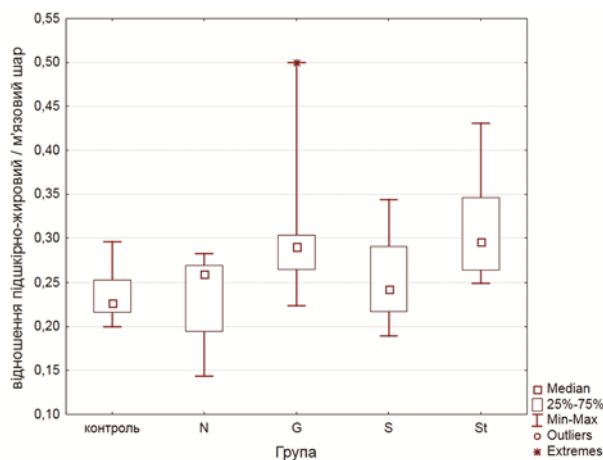


Рис. 9. Показник відношення «підшкірно-жировий шар / м'язовий шар» у пацієнтів різних клінічних груп

як пацієнти із стенозом найбільше відрізнялися від контрольної групи за цими показниками. Щодо інших діагнозів такий однозначний висновок, на жаль, зробити неможливо. Так, наприклад, пацієнти з діагнозом «Грижа» до операції не показували значущих відмінностей за показником «підшкірно-жировий шар / м'язовий шар» ні від контрольної групи (M-W  $U=16$ ,  $p=0,007699 > 0,05/10 = 0,005$ ), ні від пацієнтів інших підгруп. При сподилолістезі показник відношення товщини «підшкірно-жировий шар / м'язовий шар» до лікування значимо не відрізняється ні від контролю (M-W  $U=83$ ,  $p=0,216111 > 0,05$ ), ні від одного з інших діагнозів (у порівнянні зі стенозом M-W  $U=40,5$ ,  $p=0,028573 > 0,005$ ; в порівнянні з нестабільністю M-W  $U=63,5$ ,  $p=0,523936 > 0,05$ ; в порівнянні з грижами M-W  $U=50,5$ ,  $p=0,089631 > 0,05$ ).

**Прогнозування результатів хірургічного лікування хворих на дегенеративні захворювання поперекового відділу хребта.**

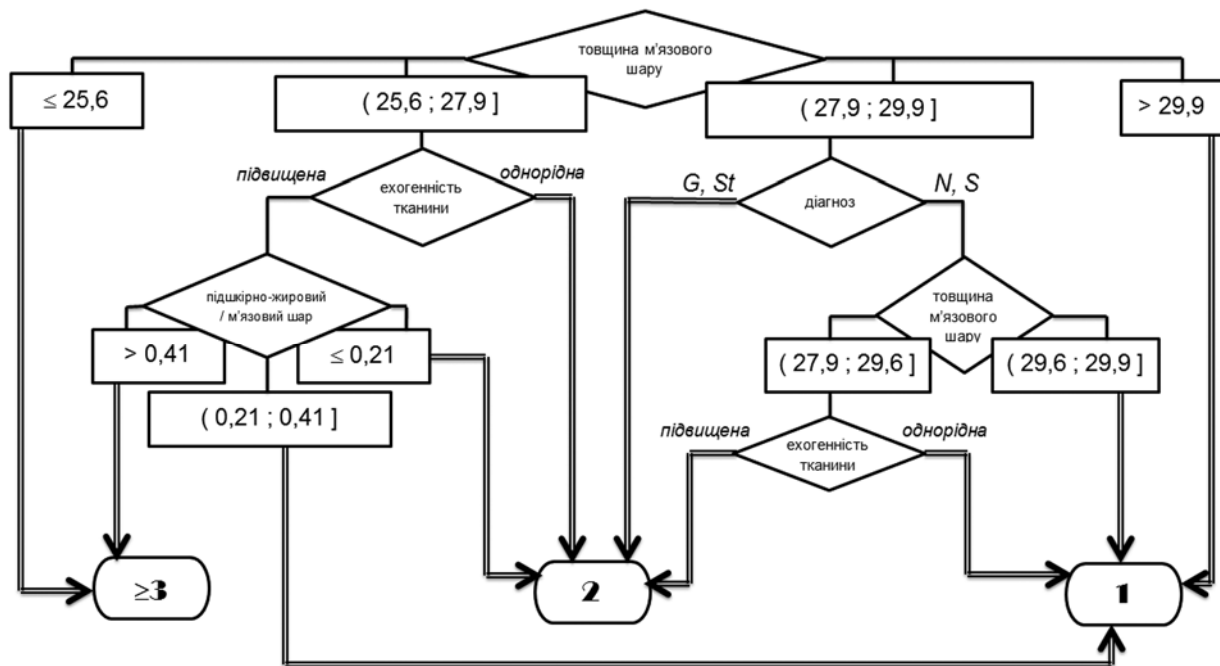
Для побудови моделі прогнозування результатів хірургічного лікування використовували показники передопераційного обстеження пацієнтів із дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта, які отримували на підставі даних ультрасонографічних досліджень.

Побудовано модель, яка дозволяє прогнозувати результат хірургічного лікування за даними доопераційного ультрасонографічного стану паравертебральних м'язів. Результати операції розглядалися на трьох рівнях: 1 – хороші результати, 2 – задовільні результати,  $\geq 3$  – незадовільні результати. Предикторами служили п'ять кількісних показників: товщина м'язового шару, товщина підшкірно-жирового шару, відношення товщини підшкірно-жирового шару до товщини м'язового шару; дві якісні ознаки: тип структури і ехогенність тканини, а також вік і діагноз пацієнта.

Тісний, практично функціональний зв'язок спостерігався і між показниками відношення товщини підшкірно-жирового шару до товщини м'язового шару ( $R=0,968$ ,  $p=1,487 \times 10^{-27}$ ). Крім того, досить сильні кореляції були виявлені між товщиною підшкірно-жирового шару і відношенням «підшкірно-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 тільки двома з них – товщиною м'язового шару і відношенням підшкірно-жировий шар / м'язовий шар.

В результаті отримано модель прогнозування результатів хірургічного лікування хворих на дегенеративні захворювання поперекового відділу хребта за даними ультрасонографічного дослідження у вигляді дерева класифікації (рис. 10).





**Рис. 10.** Алгоритм визначення результатів хірургічного лікування пацієнтів з дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта за даними до операційного ультразвукографічного дослідження паравертебральних м'язів

Згідно з розробленою моделлю класифікації індикаторами можливих незадовільних результатів хірургічного лікування служать наступні значення ультразвукографічних 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 «підшкірно-жировий шар / м'язовий шар» більше, ніж 0,41.

Відмінні результати хірургічного лікування можливо отримати з високою ймовірністю при таких поєднаннях значень ультразвукографічних показників і діагнозу: товщина м'язового шару більше, ніж 29,9 мм; при діагнозах «Нестабільність» або «Спондилостез», коли товщина м'язового шару від 29,6 мм до 29,9 мм, або ехогенність м'язової тканини однорідна та товщина м'язового шару складає від 27,9 мм до 29,6 мм. Відмінні результати також досягаються, коли товщина м'язового шару становить від 25,6 мм до 27,9 мм, підвищена ехогенність тканини, але відношення підшкірно жировий шар / м'язовий шар знаходиться в діапазоні від 0,2 до 0,4. Загальна точність розробленої моделі становить 84,4%.

#### Висновки

1. Ультрасонографічно, найчастіше серед дегенеративних захворювань поперекового відділу хре-

бта, підвищена ехогенність та порушення структури паравертебральних м'язів спостерігається при стенозі. Група «Нестабільність» не відрізняється від контролю за жодним з показників. Грижі займають проміжне становище (по товщині м'язового шару вони ближче до стенозу і спондилостезу, а за показниками, що враховують ПЖК, іноді не відрізняються ні від контролю, ні від нестабільності).

2. Доведено наявність залежності між ультразвукографічними змінами паравертебральних м'язів і результатами хірургічного лікування хворих із дегенеративними ураженнями поперекового відділу хребта. Основними факторами впливу є товщина м'язового шару, підвищена ехогенність тканини і значення відношення підшкірно-жировий шар / м'язовий шар.
3. Запропоновано модель, яка дозволяє прогнозувати результати хірургічного лікування на основі даних ультразвукографічного дослідження паравертебральних м'язів пацієнтів з дегенеративними захворюваннями поперекового відділу хребта з точністю 84,4 %.

**Перспективи подальших досліджень у цьому напрямку.** Планується розробка діагностичного алгоритму для оцінки стану паравертебральних м'язів у хворих на дегенеративні захворювання хребта із застосуванням клінічних, біохімічних та ультразвукографічних методів дослідження.

#### References

1. Jacobson JA. *Fundamentals of musculoskeletal ultrasound*. Philadelphia: Saunders Elsevier; 2007. 346 p.

2. Ozcakar A, Tok F, De Muynck M, Vanderstraeten G. Musculoskeletal sonography in physical and rehabilitation medicine. *J Rehabil Med.* 2012; 44(4): 310–8. PMID: 22402760. DOI: 10.2340/16501977-0959
3. Mironov SP, Eskin NA, Orletskiy AK, i dr. Ultrazvukovaya diagnostika patologii poperechno-polosatykh myshts. *Vestnik travmatologii i ortopedii im NN Priorova.* 2005; 1: 24–33. [Russian]
4. Mironov SP, Burmakova GM, Saltykova VG, i dr. Diagnosticheskie vozmozhnosti sonografii pri poyasnichno-kresttsovykh bolyakh. *Vestnik travmatologii i ortopedii im NN Priorova.* 2003; 1: 24–31. [Russian]
5. Zubarev AR, Nemenova NA. *Ultrazvukovoe issledovanie oporno-dvigatel'nogo apparata u vzroslykh i detey.* M: Izdatelskiy dom «Vidar»; 2006. 136 p. [Russian]
6. MakNelli Yu. *Ultrazvukovoe issledovanie kostno-myshechnoy sistemy: Prakticheskoe rukovodstvo.* Eds by GI Nazarenko, IB Geroeva; per s angl AN Khitrova. M: Izdatelskiy dom «Vidar»; 2007. 400 c. [Russian]
7. Bucklein W, Vollert K, Wohlgenuth A, Bohndorf K. Ultrasonography of acute musculoskeletal disease. *Eur Radiol.* 2000; 10(2): 290–6. DOI: 10.1007/s003300050046
8. Heidari P, Farahbakhsh F, Rostami M, Noormohammadpour P, Kordi R. The role of ultrasound of the causes of low back pain: a review of the literature. *Asian J Sports Med.* 2015; 6(1): e23803. PMID: 25883773. PMCID: PMC4393543. DOI: 10.5812/asjms.23803
9. Arts IM, Pillen S, Schelhaas HJ, Overeem S, Zwarts MJ. Normal values for quantitative muscle ultrasonography in adults. *Muscle Nerve.* 2010; 41(1): 32–41. PMID: 19722256. DOI: 10.1002/mus.21458
10. Pillen S, Verrips A, Van Alfen N, Arts IM, Sie LT, Zwarts MJ. Quantitative skeletal muscle ultrasound: diagnostic value in childhood neuromuscular disease. *Neuromuscul Disord.* 2007; 17(7): 509–16. DOI: 10.1016/j.nmd.2007.03.008
11. Radchenko VA, Skidanov AG, Zmienko YuA, i dr. Otsenka sostoyaniya paravertebralnykh myshts poyasnichnogo otdela pozvonochnika s pomoshchyu kompyuternoy tomografii (obzor literatury). *Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye.* 2013; 4: 128–33. [Russian] DOI: 10.15674/0030-598720134128-133
12. Ondo WG, Haykal HA. Paraspinal muscle asymmetry in Parkinson's disease. *Int J Neurosci.* 2013; 124(2): 93–6. PMID: 23865391. DOI: 10.3109/00207454.2013.825259
13. Skidanov AH, Avrunin OH, Tymkovich MYu, ta in. Otsinyuvannya paravertebralnykh m'yakykh tkanyn za dopomohoyu komp'yuternoi tomografii. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye.* 2015; 3: 61–5. [Ukrainian] DOI: 10.15674/0030-59872015361-64
14. *Patent 111269 Ukraine*, MPK A61B 6/03, G06T 7/40, G06F 15/18. Sposib vyznachennya struktury paravertebralnykh m'yazyv za dopomohoyu komp'yuternoi tomografii / Avrunin OH, Skidanov AH, Radchenko VO, ta in. (UA); zayavnik i vlasnik patentu DU «IPKhs im prof MI Sytenka NAMN» (UA). № a201410285; zayavl 19.09.2014; opubl 10.02.2015, Byul № 3. [Ukrainian]
15. Shahidi B, Parra CL, Berry DB, Hubbard JC, Gombatto S, Zlomislic V, et al. Contribution of lumbar spine pathology and age to paraspinal muscle size and fatty infiltration. *Spine.* 2017; 42(8): 616–23. PMID: 27517512. PMCID: PMC5303569. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001848
16. Xu WB, Liu JH, Chen ZJ, Fang XQ, Fan SW, Hu ZJ. Multifidus muscle atrophy not observed following two-segment anterior interbody fusion: a rabbit model study with a 12-month follow-up. *Spine.* 2017; 42(10): 711–7. PMID: 27683975. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001917
17. Takayama K, Kita T, Nakamura H, Kanematsu F, Yasunami T, Sakanaka H, Yamano Y. New predictive index for lumbar paraspinal muscle degeneration associated with aging. *Spine.* 2016; 41(2): E84–E90. PMID: 26335668. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001154
18. Ohe A, Kimura T, Goh AC, Oba A, Takahashi J, Mogami Y. Characteristics of trunk control during crook-lying unilateral leg raising in different types of chronic low back pain patients. *Spine.* 2015; 40(8): 550–9. PMID: 25868094. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000828
19. Nagar VR, Hooper TL, Dedrick GS, Brismée JM, Sizer PS Jr. Effect of recurrent low back pain history on volitional preemptive abdominal activation during a loaded functional reach activity. *Spine.* 2014; 39(2): E89–E96. PMID: 24153166. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000091
20. Kim BJ, Lee SK. Effects of three spinal stabilization techniques on activation and thickness of abdominal muscle. *J Exerc Rehabil.* 2017; 13(2): 206–9. PMID: 28503534. PMCID: PMC5412495. DOI: 10.12965/jer.1734900.450
21. Gibbon KC, Debusse D, Hibbs A, Caplan N. Reliability and precision of sonography of the lumbar multifidus and transversus abdominis during dynamic activities. *J Ultrasound Med.* 2017; 36(3): 571–81. PMID: 28150321. DOI: 10.7863/ultra.16.03059
22. Vohra P, Kasana VP, Arya RK. Role of MRI and ultrasonography in evaluation of multifidus muscle in chronic low back pain patients. *Int J Res Med Sci.* 2016; 4(12): 5302–9. DOI: 10.18203/2320-6012.ijrms20164199
23. Pillen S. Skeletal muscle ultrasound. *Eur J Translational Myology.* 2010; 1(4): 145–55. DOI: 10.4081/ejtm.2010.1812
24. Nielsen PK, Jensen BR, Darvann T, Jørgensen K, Bakke M. Quantitative ultrasound tissue characterization in shoulder and thigh muscles — a new approach. *BMC Musculoskeletal Disorders.* 2006; 7: 2. PMID: 16420695. PMCID: PMC1402295. DOI: 10.1186/1471-2474-7-2
25. Zaidman CM, Malkus EC, Siener C, Florence J, Pestronk A, Al-Lozi M. Qualitative and quantitative skeletal muscle ultrasound in late-onset acid maltase deficiency. *Muscle Nerve.* 2011; 44(3): 418–23. PMID: 21755514. PMCID: PMC3193541. DOI: 10.1002/mus.22088

26. Strafun SS. *Kompleksne ortopedychne likuvannya khvorykh z zastarilymy ushkodzhennyamy plechovoho spletennya ta peryferiynykh nerviv verkhnoi kintsivky*: Abstr. Dr. Sci. (Med.). Kyiv; 1999. 32 p. [Ukrainian]
27. D'hooge R, Cagnie B, Crombez G, Vanderstraeten G, Dolphens M, Danneels L. Increased intramuscular fatty infiltration without differences in lumbar muscle cross-sectional area during remission of unilateral recurrent low back pain. *Man Ther.* 2012; 17 (6): 584–8. PMID: 22784801. DOI: 10.1016/j.math.2012.06.007
28. Lee HI, Song J, Lee HS, Kang JY, Kim M, Ryu JS. Association between cross-sectional areas of lumbar muscles on magnetic resonance imaging and chronicity of low back pain. *Ann Rehabil Med.* 2011; 35(6): 852–9. PMID: 22506214. PMID: PMC3309393. DOI: 10.5535/arm.2011.35.6.852
29. Barker KL, Shamley DR, Jackson D. Changes in the cross-sectional area of multifidus and psoas in patients with unilateral back pain: the relationship to pain and disability. *Spine (Phila Pa 1976).* 2004; 29(22): E515–9. PMID: 15543053
30. Hicks GE, Simonsick EM, Harris TB, Newman AB, Weiner DK, Nevitt MA, Tylavsky FA. Trunk muscle composition as a predictor of reduced functional capacity in the health, aging and body composition study: the moderating role of back pain. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2005; 60(11): 1420–4. PMID: 16339328
31. Korzh NA, Prodan AI, Barysh AE. Patogeneticheskaya klassifikatsiya degenerativnykh zabolevaniy pozvonochnika. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovanie.* 2004; 3: 5-13. [Russian]
32. Fairbank JCI, Pynct PB. The Oswestry disability index. *Spine.* 2000; 25(22): 2940-53. PMID: 11074683

УДК 617.3:616-079.2:611.731.65

**УЛЬТРАСОНОГРАФИЯ ПАРАВЕРТЕБРАЛЬНЫХ МЫШЦ ПАЦИЕНТОВ  
С ДЕГЕНЕРАТИВНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА  
И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИХ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ**

**Радченко В. А., Скиданов А. Г., Вишняков А. Е., Яковенко С. М.,  
Котульский И. В., Нессонова М. М.**

**Резюме.** В статье рассмотрены вопросы установления ультрасонографических критериев для оценки состояния паравертебральных мышц пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника и прогнозирования результатов их хирургического лечения. Всех больных (31 человек и 43 женщины) разделили на четыре группы – N, G, S и St. Группу N составили 15 (20,27 %) человек с нестабильностью позвоночных двигательных сегментов, группу G – 25 пациентов (33,78 %) с установленным в процессе обследования диагнозом грыжи межпозвоночного диска. Группа S представлена 15 (20,27 %) пациентов с спондилолистезом, St – 19 (25,68 %) со стенозом позвоночного канала. Пятая группа – контрольная (n=12). Для оценки состояния скелетных мышц использовали линейные ультразвуковые датчики с частотой 5,0–7,5 МГц. Доказано наличие зависимости между ультрасонографическими изменениями паравертебральных мышц и результатами хирургического лечения больных с дегенеративными поражениями поясничного отдела позвоночника. Основными факторами влияния являются толщина мышечного слоя, повышенная эхогенность ткани и значение отношения подкожно-жировой слой/мышечный слой. Предложена модель, которая позволяет прогнозировать результаты хирургического лечения на основе данных ультрасонографического исследования паравертебральных мышц пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника с точностью 84,4 %.

**Ключевые слова:** дегенеративные заболевания позвоночника, поясничный отдел, паравертебральные мышцы, ультрасонография, прогнозирования результатов хирургического лечения.

UDC 617.3:616-079.2:611.731.65

**Ultrasonography of Paravertebral Muscles of Patients  
with Lumbar Spine Degenerative Diseases and Prognosis  
of their Surgical Treatment Results**

**Radchenko V. O., Skidanov A. G., Vishnyakov A. E., Yakovenko S. M.,  
Kotulsky I. V., Nessonova M. M.**

**Abstract.** The article deals with the issues of the establishment of ultrasonography criteria for assessing the status of paravertebral muscles of patients with degenerative diseases of the lumbar spine and predicting the results of their surgical treatment.

**Material and methods.** We studied the results of a survey of 74 patients (31 men and 43 women) who were operated in the clinic of vertebrology for degenerative diseases of the lumbar spine. All patients were divided into four groups – N, G, S, and St. Group N consisted of 15 (20.27%) persons with unstable vertebral segments, a group of G had 25 patients (33.78 %) with diagnosis of an intervertebral disc hernia during the examination.

Group S was represented by 15 (20.27 %) patients with spondylolisthesis, St group had 19 (25.68 %) patients with spinal stenosis. Fifth group was control and had 12 people in it. An ultrasonography study was conducted in real-time on the Toshiba Aplio, Japan. Linear ultrasound sensors with a frequency of 5.0-7.5 MHz were used to assess the state of skeletal muscle.

*Results and discussion.* Among the patients selected for surgical treatment, 13 (17.6%) had severe disabilities, 30 (40.5%) were disabled, and 31 (41.9%) had ligament disturbances. After surgical treatment, minimal disabilities were observed in 24 patients (32.4%), moderate in 37 (50.0%), and 13 (17.6%) remained serious and invalidating disorders.

Most results of the operations performed at the Institute of Vertebrology Clinic were evaluated as the best and most satisfactory. Therefore, for the selection of the necessary group with unsatisfactory results, it was necessary to search for a longer time. This group is of particular interest. It included 13 people (5 men and 8 women) aged  $53.54 \pm 2.54$ . That is, unsatisfactory results of surgical treatment are defined in patients older than 48 years. The diagnosis of "stenosis of the lumbar spine canal" was determined in 8 (61.54%) of them, hernia of the intervertebral disc was in 3 (23.08%) patients, spondylolisthesis was diagnosed in 2 (15.38%) of them. Patients of this group were performed surgical treatment that improved their condition: the significance of Oswestry disability index changes (Wilcoxon  $Z = 3.179797$ ,  $p < 0.05$ ) was found, but their condition remained difficult after surgery. In two patients, the degree of disability abilities after treatment has not changed. Prior to surgical treatment, serious violations (degree of severity III) were detected in 1 patient from this group. Disorders resulting in disability (gravity IV) were found in 4 patients; disorders of bedding (V degree) were noted in 8 patients. After treatment the disability in 9 patients was qualified as serious (degree of severity III), and 4 of them had the IV degree of severity.

*Conclusion.* Thus, with the help of ultrasonography we observed stenosis in most degenerative diseases of the lumbar spine that increased echogenicity and violation of the structure of paravertebral muscles. The "Instability" group does not differ from the control one in any indicators. The hernias occupy an intermediate position (they are closer to stenosis and spondylolisthesis in thickness of muscle layer, and on indicators that take into account PZH, sometimes do not differ from control or from instability). We also proved the dependence between ultrasonography changes of paravertebral muscles and the results of surgical treatment of patients with degenerative lesions of the lumbar spine. The main factors of influence are the thickness of the muscular layer, increased echogenicity of the tissue and the significance of the ratio of the subcutaneous fat layer / muscle layer. We proposed the model which allows predicting the results of surgical treatment based on ultrasonography data of paravertebral muscles in patients with degenerative diseases of the lumbar spine with an accuracy of 84.4%.

**Keywords:** degenerative diseases of the spine, lumbar spine, paravertebral muscles, ultrasonography, prediction of the results of surgical treatment.

*The authors of this study confirm that the research and publication of the results were not associated with any conflicts regarding commercial or financial relations, relations with organizations and/or individuals who may have been related to the study, and interrelations of coauthors of the article.*

Стаття надійшла 27.10.2018 р.

Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування