

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МЕДИЧНИХ НАУК УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНА УСТАНОВА «НАЦІОНАЛЬНИЙ ІНСТИТУТ ТРАВМАТОЛОГІЇ  
ТА ОРТОПЕДІЇ НАМН УКРАЇНИ»

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

**БАЛАН ВОЛОДИМИР СЕРГІЙОВИЧ**

УДК 616.711-007.55-089.87:616-089.168.1

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**БІПОРТАЛЬНА ЕНДОСКОПІЧНА МІКРОДИСКЕКТОМІЯ В  
ЛІКУВАННІ ПАЦІЄНТІВ З ГРИЖАМИ МІЖХРЕБЦЕВИХ ДИСКІВ  
ПОПЕРЕКОВОГО ВІДДІЛУ ХРЕБТА**

222 – Медицина

22 – Охорона здоров'я

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії (PhD)

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

\_\_\_\_\_ В.С. Балан

Науковий керівник:  
Фіщенко Яків Віталійович,  
доктор медичних наук, професор

Київ – 2026

## АНОТАЦІЯ

**Балан В.С. Біпортальна ендоскопічна мікродискектомія в лікуванні пацієнтів з грижами міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії (PhD) за спеціальністю 222 – «Медицина» (галузь знань 22 – «Охорона здоров'я»). – ДУ «Національний інститут травматології та ортопедії НАМН України», Київ, 2026.

Методики хірургічного лікування гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта прогресивно змінюють одна одну. І, хоча «золотим стандартом» хірургічного лікування гриж міжхребцевих дисків залишається відкрита мікродискектомія, все більшої популярності набувають методи лікування із застосуванням ендоскопічних технік, зокрема біпортальна ендоскопічна дискектомія. Водночас, існуючі критерії оцінки віддалених результатів лікування потребують подальшого вдосконалення, а сучасні уявлення про роль післяопераційного міофіброзу та його вплив на прогноз відновлення пацієнтів після дискектомії залишаються недостатньо повними, що зумовлює актуальність даного дослідження.

*Мета дослідження* – підвищити ефективність хірургічного лікування пацієнтів із грижами міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта на основі визначення прогностичного значення післяопераційного міофіброзу та порівняльної оцінки ефективності біпортальної ендоскопічної та інтерламінарної мікродискектомії.

В роботі використані клініко-функціональні (ВАШ, опитувальник Oswestry Disability Questionnaire, анкетування за модифікованим критерієм Macnab), лабораторні (біохімічно-гормональне дослідження крові з розрахунком НОМА-IR), інструментальні (МРТ, метод обчислення розміру післяопераційного рубця з використанням програмного забезпечення 3D

Slicer), морфологічний (гістологічний метод) та статистичні методи дослідження.

У дослідженні було проаналізовано результати хірургічного лікування 161 пацієнта з грижами міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта (L2–S1), які були прооперовані в період з 2021 по 2024 рр. на базі відділу хірургії хребта зі спінальним (нейрохірургічним) центром ДУ «Національний інститут травматології та ортопедії НАМН України» та відділенні нейрохірургії хребта і спинного мозку Івано-Франківської обласної клінічної лікарні. До вибірки увійшов 161 пацієнт (89 чоловіків та 72 жінки), яких було розподілено на дві групи залежно від типу оперативного втручання: унілатеральна біпортальна ендоскопічна дискектомія (UBE, n=92) та інтерламінарна мікродискектомія (OM, n=69).

Для оцінки взаємозв'язку між морфологічним станом хрящової тканини в ділянці грижі та показниками білкового і вуглеводного обміну до гістологічного дослідження із загальної вибірки хворих, які взяли участь у дослідженні, було відібрано рандомним способом 26 пацієнтів (12 чоловіків і 14 жінок). Біопсійний матеріал отримували під час оперативного втручання. Зразки фіксували у 10% розчині формаліну, після чого проводили стандартну гістологічну обробку з ущільненням у парафіні (Leica Surgipath Paraplast Regular). Із парафінових блоків виготовляли серійні зрізи, які забарвлювали гематоксиліном та еозином. Мікроскопічне дослідження здійснювали за допомогою світлового мікроскопа Olympus BX51.

Дослідження зв'язку між гістологічним маркером хрящової тканини та інсулінорезистентністю у пацієнтів з грижею міжхребцевого диска показало, що для загальної вибірки (n=26) модель логістичної регресії показала достовірну залежність між показником НОМА-IR і виявленням гістологічного маркера (OR=3,22; CI95% 1,49-11,52) ( $\beta=1,17$ ;  $p=0,02$ ). За умови розгляду асоціації факторів у лінійній моделі регресії результат показав подібний результат ( $\beta=122,5$ ; 95%CI 17,49-227,2;  $p=0,02$ ), в тому числі для фактору площі кластерів ( $\beta=5,9$ , 95%CI 2,14-9,66;  $p<0,001$ ) і клітинності кластерів

( $\beta=1,22$ ; 95%CI 0,11-2,34;  $p=0,03$ ). На основі цих результатів можна розглядати ймовірність того, що збільшення показника HOMA-IR на 1 одиницю гіпотетично асоціюється з підвищенням шансів виявлення гістологічного маркера у 2,3 рази у чоловіків (але потрібні додаткові спостереження з більшою вибіркою), у 4,1 разів у жінок, а при збільшеній кількості спостережень достовірно у 3,2 рази без залежності від статі.

Моделі логістичної регресії із гістологічного маркера та рівня інсуліну показала, що підвищення рівня інсуліну також асоціюється зі статистично значущим зростанням ймовірності наявності гістологічного маркера в ураженому міжхребцевому диску ( $\beta=0,49$ ; OR=1,63; 95%CI 1,18-2,65;  $p=0,01$ ). Модель лінійної регресії була дуже близькою за значущістю до логістичної моделі: асоціація між показниками статистично значуща ( $\beta=8,39$ ; 95%CI 1,79-14,98;  $p=0,01$ ). Тобто наявність характерної клітинної реакції хондроцитів у ізогенних групах (індекс кластеризації, у моделі маркер=1) асоціюється з вищим середнім рівнем інсуліну на 8,39 одиниці порівняно з відсутністю маркера. Підсумовуючи отримані результати зроблено заключення, що підвищений рівень інсуліну може бути асоційованим із більш вираженою клітинною реакцією у вигляді високих значень індексу кластеризації у зразках грижі міжхребцевого диска, що узгоджується з уявленнями про роль метаболічних порушень у дегенеративних змінах хрящової тканини.

Порівняльний аналіз ВАШ болю у спині показав відсутність міжгрупових відмінностей до операції та на 7-й день. Через 1 місяць виявлено достовірно кращі результати у групі UBE ( $p<0,05$ ). У подальші терміни (2 та 6 місяців) відмінності нівелювалися. Наприкінці спостереження зафіксовано статистично значущу різницю, однак при низьких абсолютних значеннях болю вона не мала суттєвого клінічного значення.

Аналіз результатів за опитувальником Oswestry показав, що в обох групах спостерігалось поступове зниження значень індексу ODI, що відображає покращення функціонального стану пацієнтів після оперативного лікування. Водночас у всі післяопераційні терміни спостереження (1, 2, 6 та 12

місяців) показники у групі UBE були статистично достовірно нижчими порівняно з групою OM ( $p < 0,001$ ). Отримані результати свідчать, що застосування унілатеральної біпортальної ендоскопічної диссектомії асоціюється з більш вираженим ефектом зниження рівня функціональних обмежень у післяопераційний період. У результаті проведеного аналізу встановлено статистично значущі відмінності між досліджуваними групами за показником об'єму міофіброзу ( $Z = -8,791$ ;  $p < 0,001$ ). Медіанне значення показника у групі OM становило  $11,5 \text{ мм}^3$  (25%; 75%:  $7,4 - 16,6 \text{ мм}^3$ ), тоді як у групі UBE –  $1,85 \text{ мм}^3$  (25%; 75%:  $0,9 - 3,05 \text{ мм}^3$ ). Середні значення показника ( $\bar{x} \pm SD$ ) також істотно відрізнялися: у групі OM вони становили  $13,39 \pm 9,61 \text{ мм}^3$ , а у групі UBE –  $3,26 \pm 4,8 \text{ мм}^3$ . Кореляційний аналіз показав, що в групі OM індекс ODI мав статистично значущий зв'язок як з модифікованим критерієм Маснаб ( $\rho = -0,626$ ;  $p < 0,001$ ), так і з об'ємом міофіброзу ( $\rho = 0,674$ ;  $p = 0,001$ ). Показник об'єму міофіброзу, у свою чергу, демонстрував зворотний кореляційний зв'язок із модифікованим критерієм Маснаб ( $\rho = -0,574$ ;  $p = 0,002$ ). Аналогічні результати отримано в групі UBE: індекс ODI демонстрував сильний зворотний зв'язок із модифікованим критерієм Маснаб ( $\rho = -0,753$ ;  $p < 0,001$ ) та прямий зв'язок із показником об'єму міофіброзу ( $\rho = 0,718$ ;  $p < 0,001$ ). Показник об'єму міофіброзу також корелював із модифікованим критерієм Маснаб ( $\rho = -0,594$ ;  $p < 0,001$ ).

Таким чином, результати кореляційного аналізу свідчать про наявність статистично значущих взаємозв'язків між інтенсивністю больового синдрому, функціональним станом пацієнтів та об'ємом міофіброзу у післяопераційному періоді, що підтверджує клінічну значущість зазначених показників для оцінки ефективності хірургічного лікування.

**Наукова новизна дисертаційної роботи** полягає в тому, що:

*Вперше експериментально доведено, що тип хірургічного втручання впливає на інтенсивність формування рубцево-спайкового процесу, причому для біпортальної ендоскопічної мікродиссектомії (UBE) характерні нижчі прогнозовані значення об'єму міофіброзу порівняно з інтерламінарною*

мікродискектомією у віддаленому післяопераційному періоді, що узгоджується з перевагами мініінвазивних технологій.

*Вперше встановлено*, що об'єм післяопераційного міофіброзу асоціюється з інтенсивністю больового синдрому, рівнем функціональних обмежень (ODI) та клінічними результатами (за критерієм Masrab), що підтверджує його значущу роль як предиктора перебігу відновлення та ефективності хірургічного лікування пацієнтів із грижами міжхребцевих дисків.

*Підтверджено та розширено дані* щодо переваг біпортальної ендоскопічної дискектомії в лікуванні гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта, що проявляється: у вираженому зниженні інтенсивності болю у ранньому післяопераційному періоді (ВАШ, спина), покращенні якості життя (за ODI, %) на всіх етапах спостереження та вираженою стабільністю позитивних клінічних результатів (за критерієм Masrab) порівняно з інтерламінарною мікродискектомією.

*Вперше встановлено*, що вираженість кластеризації хондроцитів як морфологічного маркера дегенеративних змін міжхребцевого диска не залежить від статі, однак у жінок виявлено більш виражений зв'язок між інсулінорезистентністю та ймовірністю виявлення гістологічних ознак дегенерації.

*Вперше експериментально доведено*, що у пацієнтів із грижами міжхребцевих дисків вираженість кластеризації хондроцитів у ізогенних групах асоціюється з наявністю інсулінорезистентності та відображає ступінь дегенеративних змін хрящової тканини диска. Доведено, що поєднання гістологічних та біохімічних показників має високу прогностичну цінність щодо оцінки дегенеративного процесу ( $AUC = 0,82$ ), що відповідає клінічно значущому рівню.

*Удосконалено* підходи до реабілітації пацієнтів, які перенесли біпортальну ендоскопічну дискектомію на рівні поперекового відділу хребта,

шляхом розроблення програми втручань, побудованої на принципах ERAS (Enhanced Recovery After Surgery) з інтеграцією біопсихосоціального підходу.

**Практичне значення отриманих результатів.** Отримані результати дослідження розширюють можливості диференційованого вибору методу хірургічного лікування пацієнтів із грижами міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта з урахуванням ризику формування післяопераційного міофіброзу. Встановлене прогностичне значення об'єму післяопераційного міофіброзу щодо інтенсивності больового синдрому, функціональних обмежень та клінічних результатів лікування дозволяє використовувати цей показник для прогнозування перебігу післяопераційного відновлення та персоналізації лікувально-реабілітаційних заходів. Встановлений взаємозв'язок між інсулінорезистентністю, віком та гістологічними змінами міжхребцевого диска обґрунтовує доцільність комплексної оцінки метаболічного статусу пацієнтів для прогнозування перебігу дегенеративного процесу та індивідуалізації лікування.

**Ключові слова:** біпортальна ендоскопічна мікродискектомія, грижа міжхребцевого диска, хірургічне лікування, профілактика, інтервенційне лікування, люмбалгія, транспедикулярна фіксація, нейропатичний біль, невралгія, фізична терапія, реабілітація, якість життя, опорно-руховий апарат, декомпресія, деформація, біль в попереку, медична діагностика, хребет, прогноз, люмбоішіалгія, міжнародна класифікація функціонування, міофіброз.

## ABSTRACT

**Balan V.S. Biportal Endoscopic Microdiscectomy in the Treatment of Patients with Lumbar Intervertebral Disc Herniation.** – *Qualifying scientific work in the right of a manuscript.*

Dissertation for obtaining the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in medical sciences on specialty 222 – «Medicine» (22 – «Health Care»). – SI «National Institute of Traumatology and Orthopedics of the NAMS of Ukraine», Kyiv, 2026.

Surgical techniques for the treatment of lumbar intervertebral disc herniation are continuously evolving. Although open microdiscectomy remains the gold standard for the surgical treatment of lumbar intervertebral disc herniation, endoscopic techniques, particularly unilateral biportal endoscopic discectomy (UBE), are gaining increasing popularity. At the same time, the existing criteria for assessing long-term treatment outcomes require further refinement, while current understanding of the role of postoperative myofibrosis and its impact on the prognosis of postoperative recovery after discectomy remains incomplete, thereby underscoring the relevance of the present study.

*The aim of the study* was to improve the effectiveness of surgical treatment in patients with lumbar intervertebral disc herniation by determining the prognostic value of postoperative myofibrosis and through a comparative evaluation of the effectiveness of unilateral biportal endoscopic microdiscectomy (UBE) and interlaminar microdiscectomy.

The study employed clinical-functional methods (Visual Analog Scale (VAS), Oswestry Disability Questionnaire, and the modified Macnab criteria), laboratory methods (biochemical and hormonal blood analysis with calculation of HOMA-IR), instrumental methods (MRI and measurement of postoperative scar volume using 3D Slicer software), morphological methods (histological examination), and statistical analysis.

The study analyzed the results of surgical treatment in 161 patients with lumbar intervertebral disc herniations (L2–S1), who underwent surgery between 2021 and 2024 at the Department of Spine Surgery with the Spinal (Neurosurgical) Center of the State Institution «National Institute of Traumatology and Orthopedics of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine» and at the Department of Neurosurgery of the Spine and Spinal Cord of the Ivano-Frankivsk Regional Clinical Hospital. The sample included 161 patients (89 men and 72 women), who were divided into two groups depending on the type of surgical intervention: unilateral biportal endoscopic discectomy (UBE,  $n = 92$ ) and interlaminar microdiscectomy (OM,  $n = 69$ ).

To assess the relationship between the morphological state of cartilage tissue in the herniation area and indicators of protein and carbohydrate metabolism, 26 patients (12 men and 14 women) were randomly selected from the overall study cohort for histological examination. Biopsy material was obtained during surgical intervention. The samples were fixed in a 10% formalin solution, followed by standard histological processing with paraffin embedding (Leica Surgipath Paraplast Regular). Serial sections were prepared from the paraffin blocks and stained with hematoxylin and eosin. Microscopic examination was performed using a light microscope (Olympus BX51).

The study of the relationship between histological markers of cartilage tissue and insulin resistance in patients with intervertebral disc herniation showed that, for the total sample ( $n = 26$ ), the logistic regression model demonstrated a significant association between the HOMA-IR index and the presence of the histological marker (OR = 3,22; 95% CI 1,49 – 11,52) ( $\beta = 1,17$ ;  $p = 0,02$ ). When assessing the association using a linear regression model, similar results were obtained ( $\beta = 122,5$ ; 95% CI 17,49 – 227,2;  $p = 0,02$ ), including for cluster area ( $\beta = 5,9$ ; 95% CI 2,14–9,66;  $p < 0,001$ ) and cluster cellularity ( $\beta = 1,22$ ; 95% CI 0,11–2,34;  $p = 0,03$ ). Based on these findings, it can be assumed that a 1-unit increase in HOMA-IR is hypothetically associated with a 2,3 - fold increase in the odds of detecting the histological marker in men (though further studies with larger samples are required),

a 4,1-fold increase in women, and, with a larger sample size, a statistically significant 3,2-fold increase regardless of sex.

Logistic regression models incorporating the histological marker and insulin levels showed that elevated insulin levels are also associated with a statistically significant increase in the likelihood of detecting the histological marker in the affected intervertebral disc ( $\beta = 0,49$ ; OR = 1,63; 95% CI 1,18–2,65;  $p = 0,01$ ). The linear regression model yielded similar significance: the association between the variables was statistically significant ( $\beta = 8,39$ ; 95% CI 1,79 – 14,98;  $p = 0,01$ ). This indicates that the presence of a characteristic cellular response of chondrocytes in isogenous groups (clustering index; marker = 1 in the model) is associated with a higher mean insulin level by 8,39 units compared to the absence of the marker. In summary, the results suggest that elevated insulin levels may be associated with a more pronounced cellular response, manifested by higher clustering index values in intervertebral disc herniation samples, which is consistent with the role of metabolic disturbances in degenerative changes of cartilage tissue.

Comparative analysis of VAS back pain showed no significant differences between the groups preoperatively and on day 7 after surgery. At 1 month, significantly better results were observed in the UBE group ( $p < 0,05$ ). At later follow-up periods (2 and 6 months), the differences leveled off. By the end of the observation period, a statistically significant difference was again detected; however, due to the low absolute pain values, it had no substantial clinical significance.

Analysis of the Oswestry Disability Index (ODI) demonstrated a gradual decrease in scores in both groups, reflecting improvement in patients' functional status after surgical treatment. At the same time, at all postoperative follow-up points (1, 2, 6, and 12 months), the ODI values in the UBE group were statistically significantly lower compared to the OM group ( $p < 0,001$ ).

These results indicate that unilateral biportal endoscopic discectomy is associated with a more pronounced reduction in functional limitations during the postoperative period. The analysis also revealed statistically significant differences

between the groups in terms of the volume of myofibrosis ( $Z = -8,791$ ;  $p < 0,001$ ). The median value in the OM group was  $11,5 \text{ mm}^3$  (25th – 75th percentiles:  $7,4$ – $16,6 \text{ mm}^3$ ), whereas in the UBE group it was  $1,85 \text{ mm}^3$  (25th–75th percentiles:  $0,9$  –  $3,05 \text{ mm}^3$ ). The mean values ( $\bar{x} \pm \text{SD}$ ) also differed markedly:  $13,39 \pm 9,61 \text{ mm}^3$  in the OM group versus  $3,26 \pm 4,8 \text{ mm}^3$  in the UBE group. Correlation analysis showed that in the OM group, the ODI index had a statistically significant association both with the modified Macnab criteria ( $\rho = -0,626$ ;  $p < 0,001$ ) and with the volume of myofibrosis ( $\rho = 0,674$ ;  $p = 0,001$ ). In turn, the volume of myofibrosis demonstrated an inverse correlation with the modified Macnab criteria ( $\rho = -0,574$ ;  $p = 0,002$ ). Similar results were obtained in the UBE group: the ODI index showed a strong inverse correlation with the modified Macnab criteria ( $\rho = -0,753$ ;  $p < 0,001$ ) and a direct correlation with the volume of myofibrosis ( $\rho = 0,718$ ;  $p < 0,001$ ). The volume of myofibrosis also correlated with the modified Macnab criteria ( $\rho = -0,594$ ;  $p < 0,001$ ).

Thus, the results of the correlation analysis indicate the presence of statistically significant relationships between pain intensity, functional status of patients, and the volume of postoperative myofibrosis, confirming the clinical significance of these parameters for evaluating the effectiveness of surgical treatment.

**The scientific novelty** of the dissertation lies in the following:

*For the first time, it was experimentally* demonstrated that the type of surgical intervention influences postoperative scar formation. Compared with interlaminar microdiscectomy, unilateral biportal endoscopic microdiscectomy (UBE) was associated with lower predicted postoperative myofibrosis volume during long-term follow-up, supporting the advantages of minimally invasive surgical techniques.

*For the first time, it has been established* that the volume of postoperative myofibrosis is associated with pain intensity, the level of functional limitations (ODI), and clinical outcomes (according to the Macnab criteria), confirming its significant role as a predictor of recovery and the effectiveness of surgical treatment in patients with intervertebral disc herniation.

*The advantages* of biportal endoscopic discectomy in the treatment of lumbar intervertebral disc herniation have been confirmed and expanded, manifested by a pronounced reduction in pain intensity in the early postoperative period (VAS, back pain), improved quality of life (ODI, %) at all stages of follow-up, and stable positive clinical outcomes (according to the Macnab criteria) compared to interlaminar microdiscectomy.

*For the first time, it has been established* that the degree of chondrocyte clustering, as a morphological marker of degenerative changes in the intervertebral disc, does not depend on sex; however, in women, a stronger association between insulin resistance and the likelihood of detecting histological signs of degeneration has been identified.

*For the first time, it has been experimentally demonstrated* that in patients with intervertebral disc herniation, the degree of chondrocyte clustering in isogenous groups is associated with the presence of insulin resistance and reflects the severity of degenerative changes in the cartilage tissue of the disc. It has been shown that the combination of histological and biochemical parameters has high prognostic value for assessing the degenerative process (AUC = 0,82), corresponding to a clinically significant level.

*Approaches* to the rehabilitation of patients who underwent unilateral biportal endoscopic lumbar discectomy were improved through the development of an intervention program based on the ERAS (Enhanced Recovery After Surgery) principles and integrating the biopsychosocial approach.

**Practical significance of the obtained results.** The findings of this study expand the possibilities for the differentiated selection of surgical treatment methods for patients with lumbar intervertebral disc herniation, taking into account the risk of postoperative myofibrosis development. The established prognostic value of postoperative myofibrosis volume with respect to pain intensity, functional limitations, and clinical treatment outcomes enables this parameter to be used for predicting the course of postoperative recovery and for personalizing therapeutic and rehabilitation interventions. The identified association between insulin resistance,

age, and histological changes in the intervertebral disc substantiates the importance of a comprehensive assessment of patients' metabolic status for predicting the progression of the degenerative process and individualizing treatment.

**Keywords:** unilateral biportal endoscopic microdiscectomy, intervertebral disc herniation, surgical treatment, prevention, interventional treatment, lumbalgia, transpedicular fixation, neuropathic pain, neuralgia, physical therapy, rehabilitation, quality of life, musculoskeletal system, decompression, deformity, low back pain, medical diagnostics, spine, prognosis, lumboischialgia, international classification of functioning, myofibrosis.

## СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### ***Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:***

1. Балан В. С., Фіщенко Я. В., Кравчук Л. Д., Щегольков Є. Е. Оцінка ефективності унілатеральної біпортальної ендоскопічної дискектомії в порівнянні з інтерламінарною мікродискектомією в лікуванні гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта. *Клінічна та профілактична медицина*. 2024. Вип. 1. С. 57–64. DOI:10.31612/2616-4868.1.2024.07. *Стаття з індексацією в Scopus, квартиль Q4.*
2. Балан В., Кравчук Л., Фіщенко Я., Улещенко Д., Сергієнко Р. Оцінка ефективності реабілітаційних втручань у хворих після унілатеральної біпортальної ендоскопічної дискектомії. *Біль. Суглоби. Хребет*. 2024. Т. 14, № 2. С. 76–82. DOI: 10.22141/pjs.14.2.2024.419. *Стаття з індексацією в Scopus, квартиль Q4.*
3. Balan V., Kravchuk L., Fishchenko I. Clinical comparison of unilateral biportal endoscopic technique with interlaminar microdiscectomy for single-level lumbar discectomy: a prospective study. *TRAUMA*. 2024. Vol. 25, №. 4. P. 112–118. DOI: 10.22141/1608-1706.4.25.2024.983. *Стаття з індексацією в Scopus, квартиль Q4.*
4. Балан В., Фіщенко Я., Кравчук Л., Ячник С. Порівняльний аналіз ефективності та ускладнень після односторонньої біпортальної ендоскопічної дискектомії та інтерламінарної мікродискектомії. *TERRA ORTHOPAEDICA*. 2024. № 3 (122). С. 11–17. DOI: 10.37647/2786-7595-2024-122-3-11-17. *Фахова стаття, журнал категорії Б.*

### ***Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:***

5. Фіщенко Я.В., Балан В.С., Меленко В.І. Метод біпортальної ендоскопічної мікродискектомії в лікуванні пацієнтів з грижами міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта // Тези доповідей науково-практичної та освітньої конференції нейрохірургів України «Невідкладна нейрохірургія», присвяченої 100-річному ювілею проф. Г.П. Педаченка (31 травня – 01 червня

2023 р., Київ, Україна). – Київ: ДУ «ІНХ НАМНУ», 2023. – С. 21. Режим доступу: <https://neuro.kiev.ua/wp-content/uploads/2023.05.25-Nevidkladna-tezy.pdf>.

6. Balan V., Fishchenko I., Kravchuk L. Comparison of unilateral biportal endoscopic discectomy and interlaminar microdiscectomy in the treatment of lumbar disc herniation. *Brain and Spine*. 2024 Jan 1;4:103093. Режим доступу <https://doi.org/10.1016/j.bas.2024.103093>.

7. Балан В.С., Фіщенко Я.В., Кравчук Л.Д. Оцінка ефективності унілатеральної біпортальної ендоскопічної дискектомії в порівнянні з інтерламінарною мікродискектомією в лікуванні гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта // Сучасні технології лікування і реабілітації захворювань і бойових пошкоджень опорно-рухової системи: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 140-річчю від дня народження проф. М.І. Ситенка (4 грудня 2025 р., м. Харків). – Харків, 2025. – С. 19. – Режим доступу: <https://archive.sytenko.org.ua/handle/123456789/3171>.

***Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:***

8. Балан В.С., Кравчук Л.Д., Борзих Н.О., Клецкова О.М. Чи є доцільним використання фізіотерапевтичних засобів після ендоскопічної поперекової мікродискектомії? Результати власного досвіду. *Спортивна медицина, фізична терапія та реабілітація*. 2024. Вип. 2. С. 213-219. DOI: <https://doi.org/10.32782/spmed.2024.2.213-219>. Фахова стаття, журнал категорії Б.

9. Кравчук, Л. Д., Хрущ М.П., Балан В.С. Актуальні аспекти застосування асинхронної телереабілітації в комплексній фізичній терапії при дорсопатіях. *Спортивна медицина, фізична терапія та ерготерапія*. 2025; №2. С. 191-196. DOI: <https://doi.org/10.32782/spmed.2025.2.27>. Фахова стаття, журнал категорії Б.

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	2
СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ.....	14
ЗМІСТ.....	16
СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	19
ВСТУП.....	20
<b>РОЗДІЛ 1 СУЧАСНІ КОНЦЕПЦІЇ ПАТОГЕНЕЗУ, КЛІНІЧНОГО ПЕРЕБІГУ ТА ХІРУРГІЧНОГО ЛІКУВАННЯ ДЕГЕНЕРАТИВНИХ УРАЖЕНЬ МІЖХРЕБЦЕВИХ ДИСКІВ.....</b>	<b>27</b>
1.1 Етіологія, клінічний перебіг і прогноз дегенеративних уражень міжхребцевих дисків.....	27
1.2 Ендоскопічна дискектомія та відкрита мікродискектомія: систематизований огляд літературних джерел щодо ефективності.....	32
1.3 Патогенез постдискектомічного синдрому.....	46
Висновки до 1 розділу.....	51
<b>РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....</b>	<b>52</b>
2.1 Критерії міжгрупового розподілу.....	52
2.2 Опис хірургічного втручання.....	55
2.3 Магнітно-резонансна томографія.....	56
2.4 Метод обчислення розміру післяопераційного рубця з використанням програмного забезпечення 3D Slicer.....	57
2.5 Клініко-функціональні методи обстеження.....	59
2.6 Біохімічно-гормональне дослідження крові з розрахунком НОМА-ІR.....	61
2.7 Морфологічні дослідження гриж міжхребцевих дисків, отриманих інтраопераційно.....	61

2.8	Методи статистичного аналізу.....	62
РОЗДІЛ 3	МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДЕГЕНЕРАТИВНИХ ЗМІН МІЖХРЕБЦЕВОГО ДИСКУ ТА ЇХ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК З ІНСУЛІНОРЕЗИСТЕНТНІСТЮ І РІВНЕМ СТАТЕВИХ ГОРМОНІВ.....	65
3.1	Аналіз біохімічних показників крові, які характеризують обмін глюкози.....	66
3.2	Результати гістологічних досліджень зразків тканин міжхребцевих дисків.....	72
3.3	Дослідження зв'язку між гістологічним маркером хрящової тканини та інсулінорезистентністю у пацієнтів з грижею міжхребцевого диску.....	77
	Висновки до 3 розділу.....	86
РОЗДІЛ 4	КОМПЛЕКСНА ПРОГРАМА ФІЗИЧНОЇ ТЕРАПІЇ ПІСЛЯ УНІЛАТЕРАЛЬНОЇ БІПОРТАЛЬНОЇ ЕНДОСКОПІЧНОЇ ДИСКЕКТОМІЇ.....	87
4.1	Реабілітація після дискектомії на поперековому рівні: критичний аналіз сучасної доказової бази.....	87
4.2	Алгоритм побудови програми фізичної терапії для пацієнтів після унілатеральної біпорทัลної ендоскопічної дискектомії.....	93
	Висновки до 4 розділу.....	108
РОЗДІЛ 5	ОЦІНКА КЛІНІЧНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ЛІКУВАННЯ ПАЦІЄНТІВ ПІСЛЯ УНІЛАТЕРАЛЬНОЇ БІПОРТАЛЬНОЇ ЕНДОСКОПІЧНОЇ ДИСКЕКТОМІЇ ТА ІНТЕРЛАМІНАРНОЇ МІКРОДИСКЕКТОМІЇ.....	110
5.1	Загальна характеристика груп порівняння та результати аналізу передопераційних показників.....	110

5.2	Порівняльний аналіз післяопераційних результатів лікування та їх динаміки у пацієнтів досліджуваних груп..	114
5.2.1	Порівняльний аналіз інтраопераційних характеристик в групах дослідження.....	114
5.2.2	Оцінка результатів лікування за показником болю (ВАШ) у нижній кінцівці в групах спостереження.....	118
5.2.3	Оцінка результатів лікування за показником болю (ВАШ) в спині в групах спостереження.....	124
5.2.4	Оцінка результатів лікування та якості життя пацієнтів за показником індекса Освестрі в групах спостереження.....	127
5.2.5	Оцінка результатів лікування за критерієм Masnav в групах спостереження.....	135
5.3	Оцінка міофіброзу у післяопераційному періоді.....	139
5.4	Кореляційний аналіз клінічних та функціональних показників у післяопераційному періоді.....	140
5.5	Регресійний аналіз.....	142
	Висновки до 5 розділу.....	145
	ВИСНОВКИ.....	147
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	150
	ДОДАТКИ.....	166

## СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ВАШ	– візуальна аналогова шкала
КТ	– комп'ютерна томографія
МРТ	– магнітно-резонансна томографія
МХД	– міжхребцевий диск
ПВХ	– поперековий відділ хребта
РКД	– рандомізоване контрольоване дослідження
ХРС	– хребцево-руховий сегмент
MAE	– mean absolute error (середня абсолютна похибка)
FBSS	– failed back surgery syndrome (синдром невдало прооперованого хребта)
FELD/ ED	– full-endoscopic lumbar discectomy (повна ендоскопічна поперекова дискектомія)
Macnab	– модифікована шкала Macnab
OD/OM	– open discectomy / open microdiscectomy (відкрита дискектомія / відкрита мікродискектомія)
ODI	– Oswestry Disability Index (індекс інвалідності Освестрі)
RMSE	– root mean squared error (середньоквадратична похибка)
PEID	– percutaneous endoscopic interlaminar discectomy (перкутанна ендоскопічна інтерламінарна дискектомія)
UBED/UBE	– unilateral biportal endoscopic discectomy (унілатеральна біпортальна ендоскопічна дискектомія)
VIF	– variance inflation factor (коефіцієнт інфляції дисперсії)

## ВСТУП

**Актуальність теми.** За даними American Academy of Orthopaedic Surgeons, понад 75 % осіб віком від 18 до 65 років хоча б раз відчували біль у спині. Протягом життя епізоди люмбаго відзначаються у 84–90 % населення, при цьому у 73 % пацієнтів спостерігаються повторні загострення протягом наступних п'яти років [1–5]. Однією з найпоширеніших причин болю в попереку є грижа міжхребцевого диска [1–3]. Незважаючи на те, що консервативна терапія залишається методом першої лінії лікування, дискотомія є ефективним хірургічним методом усунення больового синдрому та неврологічної симптоматики у пацієнтів із тривалим збереженням симптомів або неефективністю консервативного лікування [2].

Методики хірургічного лікування гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта прогресивно змінюють одна одну. І хоча «золотим стандартом» хірургічного лікування гриж міжхребцевих дисків залишається відкрита мікродискотомія, останнім часом з'явилися чисельні методики, автори яких прагнуть мінімізувати травматичність операційного доступу, не знижуючи радикальності операції. Все більшої популярності набувають методи лікування гриж із застосуванням ендоскопічних технік [5–10]. Популярність ендоскопічної техніки пов'язана з тим, що лікування пацієнтів методом відкритої мікродискотомії досить часто супроводжується поверненням больового синдрому через проміжок часу [3, 9]. За даними Педаченка Є.Г. з співавт. відзначено, що люмбалгія регресує у 76 % хворих після таких операцій [1, 44]. Нео D. et al. [54] виявили, що радикальний біль повністю зникав у 97 % хворих, в той час як люмбалгія – тільки у 70 % (у віддаленому періоді тільки 65 % хворих повернулися до колишньої роботи, 15 % змінили професію, 6 % – переведені на інвалідність, 14 % були вимушені вийти на пенсію).

Аналіз сучасної доказової бази, представленої систематичними оглядами, метааналізами та клінічними дослідженнями, свідчить про високу ефективність і безпечність ендоскопічних методів дискектомії, зокрема унілатеральної біпортальної ендоскопічної дискектомії (UBE/UBED), у лікуванні грижі міжхребцевого диска поперекового відділу хребта. Водночас, аналіз доступної літератури засвідчує, що одним із недостатньо вивчених аспектів залишається оцінка післяопераційного міофіброзу як одного з ключових патогенетичних чинників розвитку персистуючого больового синдрому, постдискектомічного синдрому та необхідності повторних хірургічних втручань.

Незважаючи на наявність окремих повідомлень щодо впливу ендоскопічних технологій на формування рубцевих змін, їх оцінка переважно ґрунтується на клінічних спостереженнях або суб'єктивних характеристиках без застосування стандартизованих методів магнітно-резонансної візуалізації та валідованих шкал оцінки. Таким чином, питання впливу різних методів оперативного втручання на формування післяопераційного міофіброзу, його вираженість, поширеність та взаємозв'язок із клінічними результатами лікування залишаються недостатньо дослідженими. Відсутність комплексних порівняльних досліджень із використанням об'єктивних клінічних та радіологічних критеріїв обґрунтовує необхідність подальшого вивчення цієї проблеми та визначає актуальність проведення даного дослідження.

#### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Дисертаційна робота виконана згідно плану науково-дослідних робіт Державної установи «Національний інститут травматології та ортопедії НАМНУ» («Розробити диференційований підхід до хірургічного лікування гриж міжхребцевих дисків у поперековому відділі хребта», № держреєстрації 0119U003165).

**Мета дослідження** – підвищити ефективність хірургічного лікування пацієнтів із грижами міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта на основі визначення прогностичного значення післяопераційного міофіброзу та

порівняльної оцінки ефективності біпортальної ендоскопічної та інтерламінарної мікродискектомії.

**Завдання дослідження:**

1. Систематизувати наукові дані щодо ефективності сучасних методів хірургічного лікування гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта та впливу післяопераційного міофіброзу на результати лікування.
2. Провести порівняльну оцінку ефективності хірургічного лікування гриж МХД методом біпортальної ендоскопічної мікродискектомії та інтерламінарної мікродискектомії за клінічними та функціональними показниками.
3. Оцінити вплив методів хірургічного лікування на формування післяопераційного міофіброзу за даними МРТ та проаналізувати клінічне значення післяопераційного міофіброзу як фактора, що може впливати на перебіг відновлення та результати лікування.
4. Дослідити особливості кластеризації хондроцитів у дегенеративно змінній тканині міжхребцевого диска та оцінити її взаємозв'язок з інсулінорезистентністю.
5. Визначити особливості взаємозв'язку між рівнем статевих гормонів, інсулінорезистентністю та гістологічними проявами дегенеративних змін міжхребцевого диска залежно від статі.
6. Обґрунтувати та розробити програму фізичної терапії для пацієнтів, яким було виконано біпортальну ендоскопічну мікродискектомію.

**Об'єкт дослідження** – пацієнти з грижами міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта, яким виконано хірургічне втручання методами унілатеральної біпортальної ендоскопічної мікродискектомії та інтерламінарної мікродискектомії.

**Предмет дослідження** – клініко-функціональні результати хірургічного лікування гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта методами унілатеральної біпортальної ендоскопічної та інтерламінарної

мікродискектомії, післяопераційний міофіброз, морфологічні та метаболічні особливості дегенеративно зміненого міжхребцевого диска.

### **Методи дослідження**

В роботі використані клініко-функціональні (ВАШ, опитувальник Oswestry Disability Questionnaire, анкетування за модифікованим критерієм Macnab), лабораторні (біохімічно-гормональне дослідження крові з розрахунком НОМА-IR), інструментальні (МРТ, метод обчислення розміру післяопераційного рубця з використанням програмного забезпечення 3D Slicer), морфологічний (гістологічний метод) та статистичні методи дослідження.

### **Наукова новизна отриманих результатів:**

*Вперше експериментально доведено, що тип хірургічного втручання впливає на інтенсивність формування рубцево-спайкового процесу, причому для біпортальної ендоскопічної мікродискектомії (UBE) характерні нижчі прогнозовані значення об'єму міофіброзу порівняно з інтерламінарною мікродискектомією у віддаленому післяопераційному періоді, що узгоджується з перевагами мініінвазивних технологій.*

*Вперше встановлено, що об'єм післяопераційного міофіброзу асоціюється з інтенсивністю больового синдрому, рівнем функціональних обмежень (ODI) та клінічними результатами (за критерієм Macnab), що підтверджує його значущу роль як предиктора перебігу відновлення та ефективності хірургічного лікування пацієнтів із грижами міжхребцевих дисків.*

*Підтверджено та розширено дані щодо переваг біпортальної ендоскопічної дискектомії в лікуванні гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта, що проявляється: у вираженому зниженні інтенсивності болю у ранньому післяопераційному періоді (ВАШ, спина), покращенні якості життя (за ODI, %) на всіх етапах спостереження та вираженою стабільністю позитивних клінічних результатів (за критерієм Macnab) порівняно з інтерламінарною мікродискектомією.*

*Вперше встановлено, що вираженість кластеризації хондроцитів як морфологічного маркера дегенеративних змін міжхребцевого диска не залежить від статі, однак у жінок виявлено більш виражений зв'язок між інсулінорезистентністю та ймовірністю виявлення гістологічних ознак дегенерації.*

*Вперше експериментально доведено, що у пацієнтів із грижами міжхребцевих дисків вираженість кластеризації хондроцитів у ізогенних групах асоціюється з наявністю інсулінорезистентності та відображає ступінь дегенеративних змін хрящової тканини диска. Доведено, що поєднання гістологічних та біохімічних показників має високу прогностичну цінність щодо оцінки дегенеративного процесу ( $AUC = 0,82$ ), що відповідає клінічно значущому рівню.*

*Удосконалено підходи до реабілітації пацієнтів, які перенесли біпортальну ендоскопічну дискектомію на рівні поперекового відділу хребта, шляхом розроблення програми втручань, побудованої на принципах ERAS (Enhanced Recovery After Surgery) з інтеграцією біопсихосоціального підходу.*

### **Практичне значення отриманих результатів.**

Отримані результати дослідження розширюють можливості диференційованого вибору методу хірургічного лікування пацієнтів із грижами міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта з урахуванням ризику формування післяопераційного міофіброзу. Встановлене прогностичне значення об'єму післяопераційного міофіброзу щодо інтенсивності больового синдрому, функціональних обмежень та клінічних результатів лікування дозволяє використовувати цей показник для прогнозування перебігу післяопераційного відновлення та персоналізації лікувально-реабілітаційних заходів. Встановлений взаємозв'язок між інсулінорезистентністю, віком та гістологічними змінами міжхребцевого диска обґрунтовує доцільність комплексної оцінки метаболічного статусу пацієнтів для прогнозування перебігу дегенеративного процесу та індивідуалізації лікування.

**Особистий внесок здобувача.** Наведені в дисертаційному дослідженні матеріали наукових спостережень є особистим вкладом автора в проблему, яка вивчається. Автором обґрунтовані та визначені мета і завдання дослідження, а також обрані методи, які дозволяють верифікувати основні положення дисертації.

Автор особисто брав участь у більшості хірургічних втручань, в процесі виконання роботи автор опанував необхідні навички для проведення якісного хірургічного втручання (біпортальна ендоскопічна дискектомія), а також до та післяопераційного ведення пацієнтів. На основі отриманих результатів автор сформулював обґрунтовані висновки та розробив практичні рекомендації щодо підвищення ефективності хірургічного лікування пацієнтів із грижами міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта.

Основні наукові результати роботи, представлені в дисертації, були висвітлені у фахових наукових вітчизняних та закордонних виданнях. Апробація результатів роботи була представлена на вітчизняних та закордонних конференціях, присвячених лікуванню дистрофічно-дегенеративних захворювань хребта. Співавтором окремих наукових результатів, відображених у публікаціях, є науковий керівник – доктор медичних наук, професор Фіщенко Я.В., який брав безпосередню участь в аналізі отриманих даних, обговоренні результатів дослідження та формуванні основних положень і висновків дисертаційної роботи.

**Впровадження результатів дослідження.** Результати дисертаційної роботи впроваджені в практику відділення нейрохірургії хребта і спинного мозку Івано-Франківської обласної клінічної лікарні та лікувально-діагностичного центру «Клініки Медатлант» (див. додаток В.)

**Апробація результатів дослідження.** Матеріали дисертаційного дослідження викладені, повідомлені та обговорені на наступних наукових форумах:

– презентація результатів дослідження на засіданні вченої ради ДУ «ІТО НАМНУ України», 2024 р.;

- участь в науково-практичній та освітній конференції нейрохірургів України «Невідкладна нейрохірургія», присвяченій 100-річному ювілею проф. Г.П. Педаченка: 31 травня – 1 червня 2023 р. Київ.
- участь у всесвітньому конгресі: «The 1st World Congress of Unilateral Biptoral Endoscopic Spine Surgery», м. Сеул, Корея;
- участь у всесвітньому симпозиумі «International Symposium for full-endoscopic surgery of lumbar spine» 17-19 April 2024, Essen, Germany;
- участь у Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 140-річчю від дня народження проф. М.І. Ситенка, 4 грудня 2025 року, м. Харків.

**Публікації за темою дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи були висвітлені в 6 наукових працях, із них: 3 публікації у виданнях, що входять до наукометричної бази Scopus та 3 публікації у виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України.

**Об'єм і структура дисертації.** Дисертаційна робота викладена українською мовою на 172 сторінках машинописного тексту та складається з анотації, вступу, 5 розділів власних досліджень, висновків, переліку використаних джерел та додатків. Робота ілюстрована 24 таблицями, 52 рисунками, 2 формулами. Список використаних джерел містить 139 посилань.

## РОЗДІЛ 1

# СУЧАСНІ КОНЦЕПЦІЇ ПАТОГЕНЕЗУ, КЛІНІЧНОГО ПЕРЕБІГУ ТА ХІРУРГІЧНОГО ЛІКУВАННЯ ДЕГЕНЕРАТИВНИХ УРАЖЕНЬ МІЖХРЕБЦЕВИХ ДИСКІВ

### 1.1 Етіологія, клінічний перебіг і прогноз дегенеративних уражень міжхребцевих дисків

Дегенеративні зміни міжхребцевих дисків є поступовим, прогресуючим процесом, що починається з біохімічних і мікроскопічних порушень у структурі диска і триває протягом багатьох років. Патологічні зміни міжхребцевих дисків характеризуються типовою динамікою розвитку. За даними Ю.Кремера, виокремлюють три процеси, кожен із яких має власну часову траєкторію перебігу [73]:

- *дегенеративні зміни міжхребцевого диска з віком;*
- *захворювання дисків у різні періоди життя;*
- *природний перебіг гострого епізоду захворювання міжхребцевого диска.*

Природний перебіг дегенеративних змін у міжхребцевому диску полягає в неухильному їх прогресуванні, яке починається приблизно з 20-річного віку і триває до 50–60 років; до цього часу дегенерація диска майже досягає своєї фінальної стадії. На звичайних рентгенограмах можна виявити зменшення висоти міжхребцевого диска та формування спондилотичних остеофітів (остеохондроз, спондиліоз) — змін, які самі по собі не вважаються патологічними. Такі дані були наведені у ранніх роботах Schmorl (1932), Coventry (1945), Hirsch і Schajowicz (1952), Schmorl і Junghanns (1968), а пізніше підтверджені Kirkaldy-Willis (1988), Andersson (2000), Benoist (2002), Grenough (2004) та Singer і Farzy (2004) [72, 74]. Ці дегенеративні зміни є природним проявом старіння. У результаті цього виникає спонтанна консолидація, тобто фіброзно-анкілозуюче зрощення. Виражені дегенеративні

зміни у вигляді спондилотичних розростань найчастіше виявляються в сегментах С4–С7 та L4–S1. У грудному відділі нижні сегменти також вражаються більше, ніж верхні [72, 73].

Дегенеративні зміни міжхребцевих дисків у значній частині випадків мають безсимптомний перебіг. За даними МРТ-досліджень, Boden та співавт. виявили безсимптомні протрузії міжхребцевих дисків у 20% клінічно здорових осіб віком до 60 років і у 36% осіб віком понад 60 років. Отримані результати були незалежно підтверджені подальшими дослідженнями Jensen та співавт., а також Voos та співавт., що свідчить про високу поширеність вікових дегенеративних змін дисків за відсутності клінічної симптоматики [58].

*Клінічні особливості дискової патології залежно від віку*

Крива захворюваності не проходить паралельно кривій дегенерації. Такі стани, як люмбалгія, ішіас, найчастіше виникають у середньому віці, а після 50 років поступово стають менш частими та менш інтенсивними (рис.1.1). Подібний розподіл за частотою спостерігається як у статистичних дослідженнях серед пацієнтів, що проходили консервативне лікування (Krämer, Nentwig, 1999), так і у хірургічній практиці та статистиці (McCulloch, 1998; Postacchini, 1999; Krämer et al., 2004) [73]. Це також було підтверджено нещодавніми епідеміологічними дослідженнями Kang M., Hwang J.) [61].

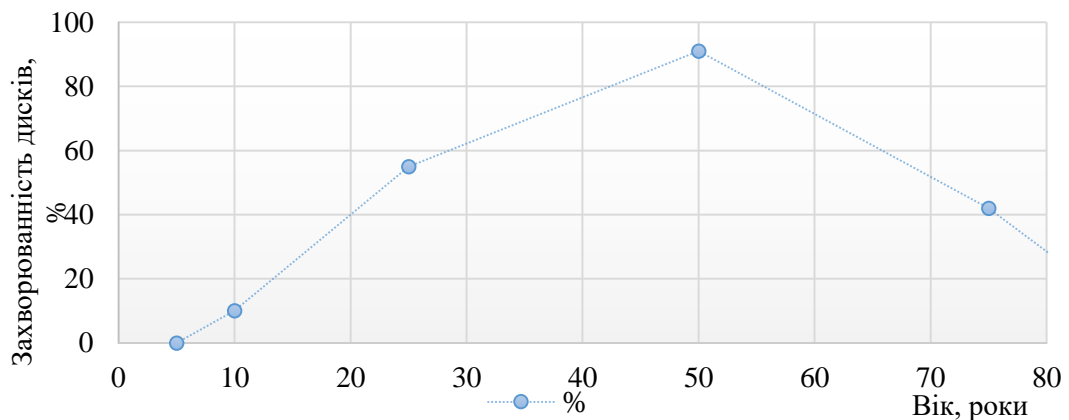


Рисунок 1.1 – Поширеність захворюваності міжхребцевих дисків залежно від віку

Клінічна дегенерація дисків по-різному проявляється в різні періоди життя. У молодому віці відбувається зміщення внутрішньої тканини диска, що спричиняє розвиток протрузії диска, що може викликати клінічні симптоми. Під час фізикального обстеження найбільш характерною знахідкою є симптом «дошки», або «жорсткої спини»; корінцеві симптоми зазвичай відсутні. Оскільки у молодому віці диски залишаються із збереженням фіброзного кільця, рекомендується консервативне лікування – витягіння, фізіотерапевтичні процедури, кінезотерапія і розвантажувальні позиції. У молодих пацієнтів захворювання дисків перебігає повільно, але, як правило, доброякісно, якщо пацієнти модифікують свою поведінку і правильно лікуються.

У середньому віці частота і вираженість захворювань дисків зростають. Протрузії й пролапси зі зміщенням центральної рухомої тканини диска починають чинити тиск на нервові корінці. Основний патогенетичний механізм - високий тиск в диску, який діє на ослаблене або вже частково розірване фіброзне кільце. Захворювання дисків у середньому віці можуть вражати як шийний, так і поперековий відділ хребта.

В третій фазі спонтанного процесу дегенерації дисків старіючого хребта, спостерігається розвиток фіброзного анкілозу. В дисках спостерігаються виражені дегенеративні зміни з ознаками зношування та розривів, але тканина диска настільки втрачає висоту, що втрачає здатність до зміщення (Kraemer, 2004) [72].

У похилому віці частіше спостерігається звуження спинномозкового каналу, що може супроводжуватись синдромом спінального стенозу, хоча сама по собі дегенерація дисків, зазвичай, протікає безсимптомно.

Основною особливістю структурно-біомеханічних змін при безсимптомній дегенерації дисків у похилому віці є поєднання дегідратації дисків із ураженням фасеткових суглобів. Крім того, в літньому віці зменшується фізична активність, порівняно з молодістю. Доброякісність природного перебігу захворювань дисків у похилому віці було підтверджено

багатьма дослідженнями (Cinotti; Kirkaldy-Willis; Martikainen; Ferguson; Greenough; Nakagawa).

*Природний перебіг гострих захворювань міжхребцевих дисків*

На додаток до природного перебігу дегенерації дисків і захворювань дисків упродовж життя, для кожного окремого гострого епізоду захворювання дисків існує характерний часовий патерн. Прояви дискогенного ішіасу за кілька днів досягають свого максимуму і згодом поступово зникають (рис. 1.2) (Krämer et al., 2004) [73].

Гострі симптоми викликані не лише механічним здавленням, але й біохімічними реакціями, спричиненими вивільненням медіаторів запалення у відповідь на подразнення нервового корінця (Rydevik; Saal, Herzog; Willburger et al.) [117,118]. Сильний біль, спричинений механічним здавленням і біохімічними процесами, триває недовго: 90% пацієнтів відчувають значне полегшення протягом 2 місяців, а 99% – в межах 1 року.

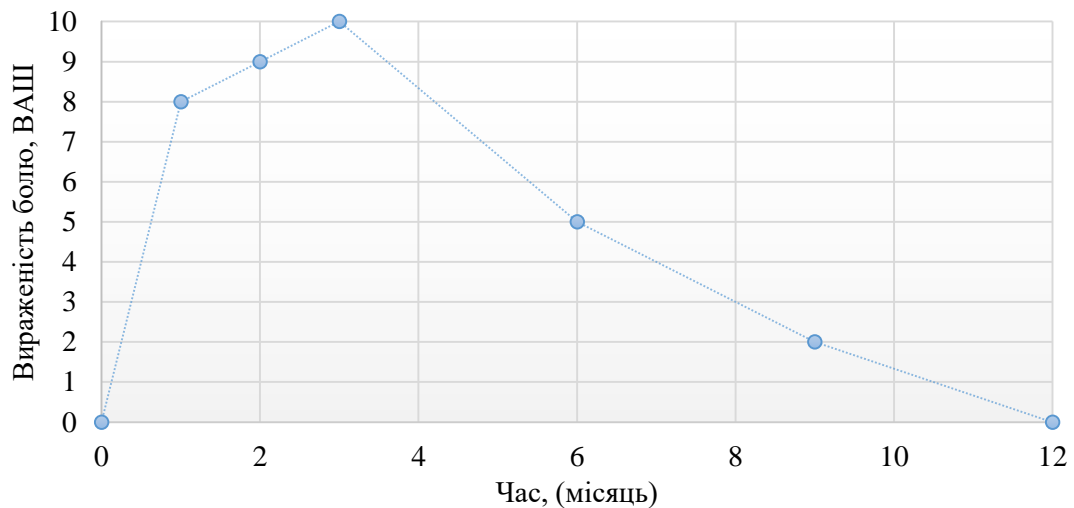


Рисунок 1.2 – Динаміка зменшення болю при гострому ішіасі з часом

Зміщена тканина диска піддається резорбції внаслідок ферментативного розщеплення в поєднанні з фагоцитозом і васкуляризацією. Цей процес описаний у багатьох роботах (Rydevik, 1990; Deyo, Weinstein, 2001; Karppinen et al., 2004) [9, 32, 117].

Величезна кількість клінічних даних вказує на те, що в більшості випадків консервативне лікування допомагає впоратися з болем у терміни від кількох днів до кількох місяців. Симптоми можуть зникати незалежно від типу або розміру грижі. Наявність слабо або помірно виражених порушень чутливості й рухів не є протипоказанням до консервативного лікування, оскільки шанси на зникнення симптомів не гірші, ніж при хірургічному втручанні (Postacchini) [110].

Спонтанне зменшення болю також супроводжується змінами його характеру та розподілу в часі. McKenzie (1981) описав явище, яке назвав феноменом централізації: біль, що спочатку іррадіює в ногу, повільно відступає і «рухається» вгору до попереку, де триває, але більше не віддає в кінцівку. Цей феномен підтверджений клінічними даними (Krämer, Nentwig, 1999) і іншими авторами (Pranata R, 2004; Tudor-Locke C, 2008) [112, 128].

Ймовірність того, що симптоми грижі диска зникнуть самостійно, залежить від складу фрагмента диска: утворений він переважно з матеріалу пульпозного ядра, фіброзного кільця чи хрящової замикальної пластинки. Матеріал пульпозного ядра швидше піддається резорбції. Якщо просвіт хребтового каналу залишається нормальним, шанси на самовідновлення високі.

Таким чином, незважаючи на неухильне прогресування дегенеративних змін у міжхребцевих дисках, які досягають максимальної вираженості в похилому віці, клінічний перебіг захворювань дисків має іншу динаміку. Найбільша частота та інтенсивність симптомів, пов'язаних із гіпермобільністю й зміщенням тканин міжхребцевих дисків, спостерігаються у віці 40–50 років, після чого поступово зменшуються. І для осіб похилого віку клінічні симптоми мають відносно сприятливий перебіг.

Окремі епізоди захворювань дисків мають тенденцію до відносно швидкого та спонтанного розв'язання. Упродовж кількох тижнів або, максимум, кількох місяців у більшості випадків зникає не лише гострий біль у попереку, а й симптоми дискогенної компресії нервового корінця. «Феномен

черги» (тобто поступове полегшення без втручань) і успіх консервативних методів лікування можна частково пояснити саме цією тенденцією до спонтанного одужання.

Симптоми, що зберігаються довше та набувають хронічного перебігу, зазвичай пов'язані з ятрогенним компонентом, психосоціальними чинниками або їх комбінацією.

## **1.2 Ендоскопічна дискектомія та відкрита мікродискектомія: систематизований огляд літературних джерел щодо ефективності**

В межах даного розділу здійснено огляд та аналіз сучасних літературних джерел та мета-аналізів, присвячених порівнянню клінічної ефективності двох провідних хірургічних методів лікування грижі міжхребцевого диска на рівні поперекового відділу - ендоскопічної дискектомії (ED) та відкритої мікродискектомії (OD/OM). Проведення такого аналізу є важливим з огляду на необхідність формування науково обґрунтованої основи дослідження, ідентифікації переваг і недоліків кожного з підходів, а також визначення перспектив їх подальшого вдосконалення та оптимізації в клінічній практиці.

У проаналізованих дослідженнях порівнювалися такі ключові параметри: тривалість оперативного втручання, інтенсивність больового синдрому (за візуально-аналоговою шкалою, VAS), рівень функціонального відновлення (за індексом інвалідизації Освестрі, ODI), частота післяопераційних ускладнень, тривалість госпіталізації повторних втручань (табл.1.1).

Таблиця 1.1 – Ефективність ендоскопічної дискектомії та відкритої мікродискектомії: систематичні огляди та мета-аналізи

Джерело	Методики	Кіл-ть досліджень	Кіл-ть пацієнтів	Основні результати	Висновки
Li et al., (2022) [80]	Порівнювали ED із неендоскопічними методами (NED), включно з відкритою мікродискектомією (OD), мікро-ендоскопічною дискектомією (MED) та іншими	25 досліджень	2258 пацієнтів	Значно нижчий показник інтраопераційної крововтрати спостерігався в групі ED у порівнянні з OD/MED/іншими NED. Значно менша тривалість перебування у стаціонарі визначена після ED (особливо порівняно з FD). Рівень ускладнень у ED (4,3%) був нижчим, ніж у FD (14,6%) та MD (32,1%) Операційний час MED був довшим, ніж у OD. Частота ускладнень ED була нижчою, ніж при FD (ED: 4,3%; FD: 14,6%), а частота ускладнень ED була нижчою, ніж при мікроскопічній дискектомії (MD) ED: 13,4%; MD: 32,1%).	Хоча клінічна ефективність ендоскопічних і неендоскопічних методів була загалом подібною, ендоскопічні техніки забезпечують меншу травматичність та кращий рівень безпеки. Водночас відзначено, що освоєння техніки ED потребує більш крутої навчальної кривої. Для остаточного визначення переваг ендоскопічних методів необхідні подальші рандомізовані контрольовані дослідження з великими вибірками та обов'язковим економічним аналізом.
Barber SM et al., (2019) [10]	Порівнювали ендоскопічну дискектомію (ED) та відкрити дискектомії (OM)	26 досліджень (рандомізованих, проспективних або ретроспективних)	2577 пацієнтів: яким було виконано OM, мікродискекто мію з використанням тубулярних ретракторів (тубулярна мікродискекто мія (TM)) та ендоскопічну дискектомію (ED)	Розрахункова крововтрата була значно вищою при OM, ніж при TM ( $p = 0,01$ ) та ED ( $p < 0,00001$ ). Тривалість перебування в стаціонарі була значно довшою при OM, ніж при ED ( $p < 0,00001$ ). Час повернення до роботи був значно довшим при OM, ніж при ED ( $p = 0,001$ ). Післяопераційні показники за шкалою VAS для ніг ( $p = 0,02$ ) та спини ( $p = 0,01$ ), а також показники індексу інвалідності Освестрі ( $p = 0,006$ ) під час останнього спостереження були значно вищими для OM, ніж при ED.	Хоча функціональні показники (ODI) та деякі післяопераційні маркери запалення (СРК, СРР) також демонстрували кращі результати при ED, автори підкреслюють, що всі три методи (ED, TM, OM) виявилися ефективними, однак для остаточного встановлення переваг мінімально інвазивної техніки потрібні подальші проспективні рандомізовані дослідження
Park S, Song K. et al., (2025) [104]	Порівнювали ендоскопічну дискектомію (UBED) та відкрити дискектомію (OM)	1 багатоцентрове, проспективне сліпе дослідження	100 пацієнтів: 41 та 46 пацієнтів, яким було виконано OM та UBED, відповідно	Через 12 міс. показники ODI отримані схожі між UBED (10,92; SD 12,93) та OM (10,32; SD 12,55) (ср. різниця 0,61 (95% ДІ від -4,47 до 5,68); $p = 0,816$ ). В жодній з груп не спостерігалось серйозних ускладнень. Порівняно з групою OM, група UBED показала менший показник болю в місці хірургічного втручання через 24 години ( $p = 0,004$ ) та 48 годин ( $p = 0,014$ ), нижчий рівень	UBED та OM в лікуванні гриж диска поперекового відділу не показали статистично значущих відмінностей, але UBED має суттєві переваги щодо післяопераційних ускладнень. Крім того, UBED може пропонувати потенційні переваги з точки зору раннього післяопераційного болю в місці втручання, естетики рубця та збереження м'язів.

				креатинфосфокінази (СРК) у сироватці крові ( $p = 0,003$ ), кращий стан рубця через 3 ( $p = 0,002$ ) та 6 місяців ( $p = 0,007$ ).	
Choi JY, Park HJ et al., (2023) [21]	Порівняння ендоскопічної дискетомії (UBED) та відкритої дискетомії (ОМ)	1 багатоцентрове ретроспективне дослідження	73 пацієнтів з ожирінням та індексом маси тіла $> 30$ кг/м <sup>2</sup> ,	Післяопераційні показники за шкалами VAS, ODI та EQ-5D достовірно покращилися в обох групах, без статистично значущих відмінностей між ними. Хоча МРТ виявила різницю в частоті рецидиву грижі диска, кількість пацієнтів, які потребували повторного хірургічного втручання, була однаковою в обох групах.	У пацієнтів з ожирінням, у яких грижа поперекового диска не піддалася консервативному лікуванню, мікроскопічна дискетомія та біпортальна ендоскопічна дискетомія (UBED) продемонстрували зіставні клінічні та радіологічні результати після операції. Проте, частота незначних післяопераційних ускладнень була нижчою в групі UBED, що свідчить про кращу переносимість цієї малоінвазивної методики серед пацієнтів з ожирінням.
Kim SK, Kang SS. et al., (2018) [69]	Порівняння ендоскопічної дискетомії (UBED) та відкритої дискетомії (ОМ)	1 багатоцентрове ретроспективне дослідження	141 пацієнт	Показники VAS (для болю в спині та нозі), шкали MacNab та індексу інвалідації Освестрі (ODI) продемонстрували статистично значуще покращення в обох групах при порівнянні з передопераційними значеннями на момент останнього спостереження ( $12,92 \pm 3,92$ міс., $p < 0,001$ ). Через тиждень після операції показник VAS для болю в спині був значно нижчим у групі UBED порівняно з ОМ. Водночас, показники VAS болю в нозі на 1 тиж., 3 та 12 місяців, ODI, модифікований бал за шкалою MacNab та тривалість операції суттєво не відрізнялися між групами. У групі UBE крововтрата ( $34,67 \pm 16,92$ ) була меншою, а час госпіталізації ( $2,77 \pm 1,2$ ) був коротшим, ніж у групі ОМ ( $140,05 \pm 57,8$ , $6,37 \pm 1,39$ ). Однак, час операції ( $70,15 \pm 22,0$ ) був довшим у групі UBED, ніж у групі ОМ ( $60,38 \pm 15,5$ ), і різниця була статистично значущою. Водночас, відмінності в частоті ускладнень між двома групами не були статистично значущими.	Обидві методики (UBED і ОМ) забезпечили значуще покращення клінічних показників на момент останнього спостереження. UBED продемонструвала перевагу у зменшенні післяопераційного болю в спині на ранньому етапі, меншу крововтрату та коротший термін госпіталізації, але супроводжувалась довшою тривалістю операції. Частота ускладнень між групами істотно не відрізнялася.

Yang CC, Chen CM, et al., (2022) [132]	Порівняння FELD та OM (відкритої дискектомії)	6 рандомізованих контрольованих + 13 когортних досліджень		Загальна частота ускладнень FELD та відкритої дискектомії/ мікродискектомії становила 5,5% та 10,4% відповідно (RR = 0,55). Ризик пошкодження твердої мозкової оболонки був значно нижчим для FELD (RR = 0,46, 95% ДІ = 0,22-0,96). Об'єднаний метааналіз когортних досліджень показав вищий ризик транзиторної парестезії (RR = 3,7, 95% ДІ = 1,54-8,89), залишкового фрагмента (RR = 5,29, 95% ДІ = 2,67-10,45) та ревізійних операцій (RR = 1,53, 95% ДІ = 1,12-2,08) для FELD.	На підставі узагальнених результатів метааналізу визначено, що повна ендоскопічна поперекова дискектомія (FELD) демонструє нижчий загальний ризик ускладнень порівняно з відкритими методами дискектомії/мікродискектомії (загальна частота ускладнень 5,5% проти 10,4%; RR = 0,55). Також FELD асоціюється зі зменшеним ризиком пошкодження твердої мозкової оболонки (RR = 0,46). Водночас, FELD має підвищений ризик транзиторної парестезії, фрагментів диска та потреби в повторних оперативних втручаннях.
Feng Z, Zhao Z. (2024) [42]	Порівняння унілатеральної біпортальної ендоскопічної дискектомії (UBED) та відкритої дискектомії (OM)	9 окремих досліджень	1001 пацієнт	Оцінка за VAS (спина) не показала суттєвих відмінностей між групами. Не виявлено відмінностей в оцінках за VAS (нога) на початку дослідження (p = 0,05), через 1-3 дні після операції (p = 0,24), через 1-3 місяці після операції (p = 0,78) або під час останнього спостереження (p = 0,43). Порівняння показників ODI не виявило суттєвих відмінностей до операції (p = 0,83), через 1 тижд. (p = 0,47) або через 1-3 міс. (p = 0,13), але група UBED продемонструвала кращий показник ODI під час останнього спостереження (p = 0,03). Ускладнення та модифіковані бали за MacNab не показали суттєвих відмінностей між групами (p = 0,56 та p = 0,05, відповідно).	Наявні докази не виявили статистично значущої різниці в загальній клінічній ефективності між біпортальною ендоскопічною дискектомією (UBED) та мікродискектомією (MD) при лікуванні гриж поперекового відділу хребта, за винятком показника ODI на момент остаточного спостереження, де група UBED продемонструвала достовірно кращі результати (p = 0,03). Крім того, UBED асоціюється з потенційними перевагами, зокрема коротшим періодом госпіталізації, меншою розрахунковою крововтратою та нижчою частотою післяопераційних ускладнень, що свідчить про сприятливіший профіль безпеки цього методу.

Примітки:

РКД – рандомізоване контрольоване дослідження

OD/OM (Open Discectomy / Open Microdiscectomy) – відкрита дискектомія / відкрита мікродискектомія

FELD/ ED (Full-Endoscopic Lumbar Discectomy) – повна ендоскопічна поперекова дискектомія (включає в себе PTED/PEID)

PTED (Percutaneous Transforaminal Endoscopic Discectomy) – перкутанна ендоскопічна трансфорамінальна дискектомія

PEID (Percutaneous Endoscopic Interlaminar Discectomy) – перкутанна ендоскопічна інтерламінарна дискектомія

UBED (Unilateral Biportal Endoscopic Discectomy) - унілатеральна біпортальна ендоскопічна дискектомія

FD (Fenestration discectomy) – відкрита фенестраційна дискектомія

MED (Microendoscopic Discectomy) – мікроендоскопічна дискектомія

MD (Microscopic Discectomy) – мікроскопічна дискектомія (МД) або мікрохірургічна дискектомія

NED – неендоскопічні методи втручання

Li та співавт. (2022) у систематичному огляді та мета-аналізі, що включав 25 досліджень із загальною кількістю 2258 пацієнтів із симптоматичною грижею поперекового міжхребцевого диска, отримали переваги ендоскопічних методів дискектомії порівняно з традиційними неендоскопічними хірургічними підходами. Зокрема, ендоскопічна дискектомія (ED) асоціювалася з достовірно меншим терміном госпіталізації порівняно з фенестраційною дискектомією (FD). Крім того, частота післяопераційних ускладнень була значно нижчою в групі ED і становила 4,3% порівняно з 14,6% у групі FD, а також 13,4% проти 32,1% у групі мікроскопічної дискектомії (MD), що свідчить про сприятливіший профіль безпеки ендоскопічних методик [80].

Ендоскопічна дискектомія (ED) продемонструвала достовірно меншу інтраопераційну крововтрату порівняно з фенестраційною дискектомією (FD), а мікроендоскопічна дискектомія (MED) – у порівнянні з відкритою мікродискектомією (OD). Незважаючи на подібну клінічну ефективність, ендоскопічні методи характеризуються меншою травматичністю та кращим профілем безпеки. Водночас, їх впровадження вимагає тривалішого навчання. Для остаточного підтвердження переваг необхідні великомасштабні рандомізовані дослідження з економічним аналізом.

У систематичному огляді та метааналізі, проведеному Barber S. та співавт. (2019), встановлено, що ендоскопічна дискектомія (ED) має низку клінічно значущих переваг над відкритою мікродискектомією (OM). Зокрема, ED асоціювалася з меншою інтраопераційною крововтратою, коротшим періодом госпіталізації, швидшим поверненням до роботи та менш вираженим післяопераційним болем за шкалою VAS. Показники VAS для болю в нозі ( $p = 0,02$ ), у спині ( $p = 0,01$ ), а також індекс інвалідизації Освестрі (ODI,  $p = 0,006$ ) при фінальному спостереженні були значно кращими в групі ED порівняно з відкритою дискектомією. Попри ці результати, автори зазначають, що клінічна значущість виявлених відмінностей залишається предметом дискусії. Всі три методи - ендоскопічна дискектомія (ED), тубулярна мікродискектомія (TM) та

відкрита мікродискектомія (ОМ) – продемонстрували ефективність у лікуванні гриж міжхребцевого диска поперекового відділу. Однак, для остаточного визначення переваг мінімально інвазивних підходів необхідні подальші проспективні рандомізовані дослідження з великими вибірками та низьким ризиком систематичної похибки [10].

У рандомізованому контрольованому дослідженні Park S. та Song K. (2025), присвяченому порівнянню унілатеральної біпортальної ендоскопічної дискектомії (UBED) та відкритої мікродискектомії (ОМ) при лікуванні однорівневої поперекової грижі міжхребцевого диска, було встановлено, що обидва хірургічні методи забезпечують однакову ефективність за індексом Освестрі (ODI) через 12 місяців після втручання (UBED:  $10,92 \pm 12,93$ ; ОМ:  $10,32 \pm 12,55$ ;  $p = 0,816$ ) [104].

Група UBED продемонструвала достовірно нижчий рівень післяопераційного болю в ділянці хірургічного втручання на 24-й ( $p = 0,004$ ) та 48-й годинах ( $p = 0,014$ ) після операції, що свідчить про кращу переносимість втручання на ранньому етапі відновлення. Також відзначено зниження рівня креатинфосфокінази в сироватці крові ( $p = 0,003$ ), що інтерпретується як ознака меншої м'язової травматизації порівняно з традиційною мікродискектомією.

У багатоцентровому ретроспективному дослідженні Choi JY та Park HJ (2023) було здійснено порівняльну оцінку клінічних та рентгенологічних результатів мікроскопічної дискектомії (MD) і унілатеральної біпортальної ендоскопічної дискектомії (UBED) у пацієнтів з ожирінням (індекс маси тіла  $> 30 \text{ кг/м}^2$ ), які мали поперекову грижу міжхребцевого диска. Загальна кількість учасників становила 73 особи, з яких 43 були прооперовані методом MD, а 30 – методом UBED. Обидві групи продемонстрували статистично значуще покращення всіх клінічних показників після хірургічного втручання. При цьому достовірних відмінностей між групами за клінічною ефективністю не виявлено. Незважаючи на різницю в частоті рецидиву дискової грижі за

даними МРТ, потреба в повторному хірургічному втручанні була зіставною в обох групах [21].

Таким чином, отримані результати свідчать про еквівалентну ефективність методів MD та UBED у пацієнтів з ожирінням, що підтверджується подібними показниками функціонального відновлення та частоти повторного оперативного втручання.

У рандомізованому дослідженні Kim SK, Kang S.S. (2018) та співавт. проведено порівняльний аналіз клінічної ефективності унілатеральної біпортальної ендоскопічної дискектомії (UBED) та відкритої поперекової мікродискектомії (OM) у 141 пацієнта з однорівневою грижею МХД поперекового відділу. В дослідження було включено 60 пацієнтів, прооперованих UBED методом та 81 осіб, яким було виконано відкриту дискектомію. Через тиждень після втручання у групі UBED виявлена краща динаміка зменшення болю в спині ( $p < 0,05$ ). Хоча через 3 і 12 місяців міжгрупових відмінностей за VAS, ODI і Macnab не виявлено ( $p > 0,05$ ), UBED показала суттєво менший рівень крововтрати ( $34,67 \pm 16,92$  мл проти  $140,05 \pm 57,8$  мл;  $p < 0,001$ ) та меншу тривалість госпіталізації ( $2,77 \pm 1,2$  діб проти  $6,37 \pm 1,39$  діб;  $p < 0,001$ ). Операційний час був більший в групі UBED ( $70,15 \pm 22,0$  хв) порівняно з OM ( $60,38 \pm 15,5$  хв;  $p < 0,05$ ). За частотою післяопераційних ускладнень не виявлено статистично значущих відмінностей між групами [69].

Yang CC, Chen CM, Lin MH. (2022), було проаналізовано 6 рандомізованих контрольованих та 13 когортних досліджень. Згідно з об'єднаним мета-аналізом, загальна частота ускладнень FELD та відкритої дискектомії/мікродискектомії становила 5,5% та 10,4% відповідно. Докази середньої якості свідчать про те, що FELD має нижчий ризик загальних ускладнень (коефіцієнт ризику [RR] = 0,55, 95%, ДІ = 0,31-0,98). Не було суттєвої різниці у частоті специфічних ускладнень та рецидивах. Аналіз не виявив суттєвої різниці у загальних ускладненнях, але спостерігалася значна гетерогенність результатів. Ризик пошкодження твердої мозкової оболонки

був значно нижчим для FELD (RR = 0,46, 95% ДІ = 0,22-0,96). Об'єднаний метааналіз когортних досліджень показав вищий ризик транзиторної парестезії (RR = 3,7, 95% ДІ = 1,54–8,89), залишкового фрагмента (RR = 5,29, 95% ДІ = 2,67–10,45) та ревізійних операцій (RR = 1,53, 95% ДІ = 1,12–2,08) для FELD. Таким чином, результати дослідження свідчать про нижчий загальний ризик ускладнень при використанні FELD. Водночас, якість доказової бази варіювала від помірної до низької, а наявність потенційного ризику систематичної похибки в первинних джерелах потребує критичної оцінки та обмежує достовірність отриманих висновків [132].

За результатами метааналізу, проведеного Feng Z та Zhao Z (2024), який охоплював 9 окремих досліджень із загальною вибіркою 1001 пацієнта, було здійснено всебічну оцінку клінічної ефективності та безпеки хірургічних методів лікування поперекової грижі міжхребцевого диска. Аналіз включав порівняльні дані щодо функціональних результатів, інтенсивності болю, тривалості госпіталізації, інтраопераційної крововтрати та частоти післяопераційних ускладнень (див. табл. 1.1–1.7) [42].

Оцінка за шкалою VAS болю в попереку не показала суттєвих відмінностей між групами UBED та відкритою мікродискектомією (MD) через 1-3 місяці після операції ( $p = 0,09$ ) та під час останнього спостереження ( $p = 0,13$ ). Однак в групі UBED отримано нижчі оцінки за шкалою VAS через 1-3 дні після операції ( $p = 0,02$ ). Не було суттєвих відмінностей в оцінках за шкалою VAS для болю в ногах на початку дослідження ( $p = 0,05$ ), через 1-3 дні після операції ( $p = 0,24$ ), через 1-3 місяці після операції ( $p = 0,78$ ) або під час остаточного спостереження ( $p = 0,43$ ). За ODI не виявлено суттєвих відмінностей до операції ( $p = 0,83$ ), через 1 тиждень після операції ( $p = 0,47$ ) та через 1-3 місяці після операції ( $p = 0,13$ ), але група UBED продемонструвала кращі результати за ODI під час останнього спостереження ( $p = 0,03$ ).

Група UBED також продемонструвала меншу тривалість операції ( $p = 0,03$ ), значно коротший термін перебування в лікарні ( $p < 0,00001$ ) та меншу розрахункову крововтрату ( $p = 0,0002$ ). За частотою ускладнень та

показниками шкали MacNab не виявлено статистично значущих відмінностей між досліджуваними групами ( $p = 0,56$  та  $p = 0,05$  відповідно).

Незважаючи на відсутність суттєвих відмінностей у загальній ефективності між UBED і MD при лікуванні поперекових гриж МХД, метод UBED має потенційні переваги у вигляді коротшої госпіталізації, меншої крововтрати та подібного рівня ускладнень.

Аналіз наявної доказової бази, представлений у систематичних оглядах і мета-аналізах Li та співавт. (2022), Barber SM та співавт. (2019), Yang CC та співавт. (2022), а також клінічних дослідженнях Park S. (2025), Choi JY (2023), Kim SK (2018) та Feng Z, Zhao Z (2024) свідчить про ефективність та безпечність ендоскопічних методів дискектомії (включно з UBED) у лікуванні грижі міжхребцевого диска поперекового відділу. Переваги цих методів, зокрема менша крововтрата, коротша тривалість госпіталізації, зниження післяопераційного болю, підтвержені статистично достовірними результатами.

Разом з тим, суттєвим обмеженням абсолютної більшості досліджень є відсутність оцінки стану післяопераційного міофіброзу, який є важливим патофізіологічним чинником тривалого болю, формування постдискектомічного синдрому та потреби в повторних втручаннях.

Лише поодинокі публікації (наприклад, Park S, 2025) згадують якість рубця як окремий показник, проте така оцінка здебільшого проводилася клінічно або суб'єктивно, без стандартизованих радіологічних критеріїв або шкал (наприклад, Ross grading, шкала He et al. тощо). Таким чином, немає цілісного уявлення про вплив типу втручання (ендоскопічного чи відкритого) на характер фіброзу, його розповсюдження та клінічне значення у віддаленому періоді.

Таблиця 1.2 – Порівняння результатів за шкалою VAS (біль у спині) між групою UBED та групою відкритої мікродискектомії (MD): результати мета-аналізу Feng, Z., Zhao, Z., Cui, W. et al. (2024) [42]

	UBED			MD			%	Mean Difference IV, серед. різн. [95% ДІ]	Mean Difference IV, серед. різн. [95% ДІ]
	Серед. значення (Mean)	Станд. відхилення (SD)	Кіл-ть (Total)	Серед. значення (Mean)	Станд. відхилення (SD)	Кіл-ть (Total)			
<b>ВАНШ до операції (біль у спині)</b>									
Choi, 2018	6,52	1,41	20	6,83	1,95	20	4.7%	-0.31 [-1.36, 0.74]	
Fishchenko, 2020	6,26	1,5	67	6,3	1,5	88	21.0%	-0.04 [-0.52, 0.44]	
Guo, 2022	5,09	0,83	42	5,64	0,92	45	33.0%	-0.55 [-0.92, -0.18]	
Hr Chang, 2023	4	3	42	5,2	3,4	43	2.8%	-1.20 [-2.56, 0.16]	
Kim S, 2018	6,22	1,5	60	6,33	1,5	61	19.2%	-0.11 [-0.61, 0.39]	
Yang, 2022	7,16	1,07	31	7,33	1,07	42	19.5%	-0.17 [-0.67, 0.33]	
Підсумок підгрупи: (95% CI)			262			319	100.0%	-0.29 [-0.52, -0.06]	
Гетерогенність: Tau <sup>2</sup> = 0.01; Chi <sup>2</sup> = 5.41, df = 5 (P = 0.37); I <sup>2</sup> = 8%									
Перевірка загального ефекту: Z = 2.49 (P = 0.01)									
<b>ВАНШ після операції 1-3 день (біль у спині)</b>									
Choi, 2018	2,61	0,99	20	4,08	1,41	20	14.8%	-1.47 [-2.23, -0.71]	
Fishchenko, 2020	0,92	0,7	67	0,85	0,7	88	17.9%	0.07 [-0.15, 0.29]	
Guo, 2022	2,02	0,63	42	3,63	0,92	45	17.5%	-1.61 [-1.94, -1.28]	
Hr Chang, 2023	2,68	1,38	42	3,62	1,33	43	16.1%	-0.94 [-1.52, -0.36]	
Kim S, 2018	0,93	0,7	60	0,85	0,7	81	17.8%	0.08 [-0.15, 0.31]	
Yang, 2022	1,52	1,36	31	2,69	1,14	42	16.0%	-1.17 [-1.76, -0.58]	
Підсумок підгрупи: (95% CI)			262			319	100.0%	-0.81 [-1.48, -0.14]	
Гетерогенність: Tau <sup>2</sup> = 0.63; Chi <sup>2</sup> = 102.65, df = 5 (P = 0.00001); I <sup>2</sup> = 95%									
Перевірка загального ефекту: Z = 2.38 (P = 0.02)									
<b>ВАНШ після операції 1-3 місяць (біль у спині)</b>									
Choi, 2018	2,04	0,47	20	2,08	0,58	20	24.4%	-0.04 [-0.37, 0.29]	
Guo, 2022	1,63	0,5	42	2,01	0,66	45	25.8%	-0.38 [-0.63, -0.13]	
Hr Chang, 2023	1,65	1,44	42	2,45	1,99	43	16.2%	-0.80 [-1.54, -0.06]	
SM Park, 2023	2,68	2,33	32	1,86	2	32	11.2%	0.82 [-0.24, 1.88]	
Yang, 2022	1,16	1	31	2,26	0,8	42	22.4%	-1.10 [-1.53, -0.67]	
Підсумок підгрупи: (95% CI)			167			182	100.0%	-0.39 [-0.85, 0.07]	
Гетерогенність: Tau <sup>2</sup> = 0.20; Chi <sup>2</sup> = 21.17, df = 4 (P = 0.0003); I <sup>2</sup> = 81%									
Перевірка загального ефекту: Z = 1.67 (P = 0.09)									
<b>ВАНШ після операції 1 рік (біль у спині)</b>									
Guo, 2022	1,36	0,51	42	1,54	0,52	45	39.4%	-0.18 [-0.40, 0.04]	
Hr Chang, 2023	1,42	1,96	42	1,48	2,05	43	15.6%	-0.06 [-0.91, 0.79]	
SM Park, 2023	2,43	1,57	32	2,31	2,32	32	13.1%	0.12 [-0.85, 1.09]	
Yang, 2022	0,94	0,85	31	1,74	0,83	42	31.9%	-0.80 [-1.19, -0.41]	
Підсумок підгрупи: (95% CI)			147			162	100.0%	0.32 [-0.74, 0.10]	
Гетерогенність: Tau <sup>2</sup> = 0.10; Chi <sup>2</sup> = 8.50, df = 3 (P = 0.04); I <sup>2</sup> = 65%									
Перевірка загального ефекту: Z = 1.49 (P = 0.13)									

Примітки: IV – інверсна дисперсія, CI (ДІ) – довірчий інтервал, df – ступені свободи.

Таблиця 1.3 – Порівняння результатів за шкалою VAS (біль у носі) між групою UBED та групою відкритої мікродисектомії (MD): результати мета-аналізу Feng, Z., Zhao, Z., Cui, W. et al. (2024) [42]

	UBED			MD			%	Mean Difference IV, серед. різн. [95% ДІ]	Mean Difference IV, серед. різн. [95% ДІ]	
	Серед. значення (Mean)	Станд. відхилення (SD)	Кіл-ть (Total)	Серед. значення (Mean)	Станд. відхилення (SD)	Кіл-ть (Total)				
<b>Ваші до операції (біль в носі)</b>										
Choi, K. C. 2018	7,91	1,47	20	8,25	1,4	20	3.5%	-0.34 [-1.23, 0.55]		
Fishchenko 2020	7,9	1	67	7,99	1	88	27.1%	-0.09 [-0.41, 0.23]		
Foocharoen, T2021	3,3	2,9	43	3,6	2,6	37	1.9%	-0.30 [-1.51, 0.91]		
Guo2022	7,11	0,77	42	7,39	0,71	45	28.1%	-0.28 [-0.59, 0.03]		
Hr Chang 2023	7,5	1,9	42	7,8	2,1	43	3.8%	-0.30 [-1.15, 0.55]		
Kim, S. K. 2018	7,93	1,06	60	7,98	1,1	81	24.6%	-0.05 [-0.38, 0.28]		
Yang2022	7,16	1,07	31	7,33	1,07	42	11.1%	-0.17 [-0.67, 0.33]		
Підсумок підгрупи: (95% CI)			305			356	100.0%	-0.16 [-0.33, 0.00]		
Гетерогенність: Tau <sup>2</sup> = 0.00; Chi <sup>2</sup> = 1.49, df = 6 (P = 0.96); I <sup>2</sup> = 0%										
Перевірка загального ефекту: Z = 1.93 (P = 0.05)										
<b>Ваші після операції 1-3 день (біль в носі)</b>										
Choi, K. C. 2018	1,96	1,22	20	2,54	2,08	20	6.5%	-0.58 [-1.64, 0.48]		
Fishchenko 2020	1,29	0,7	67	1,85	0,7	88	21.4%	0.04 [-0.28, 0.36]		
Guo 2022	1,72	0,64	42	1,81	0,45	45	23.1%	-0.09 [-0.35, 0.17]		
Hr Chang 2023	2,13	1,23	42	1,96	1,45	43	14.2%	0.17 [-0.40, 0.74]		
Kim, S. K. 2018	1,28	1,2	60	1,67	1,4	81	20.9%	0.01 [-0.32, 0.34]		
Yang 2022	1,52	1,36	31	2,69	1,14	42	13.8%	-1.17 [-1.76, -0.58]		
Підсумок підгрупи: (95% CI)			262			319	100.0%	-0.19 [-0.49, 0.12]		
Гетерогенність: Tau <sup>2</sup> = 0.09; Chi <sup>2</sup> = 15.45, df = 5 (P = 0.009); I <sup>2</sup> = 68%										
Перевірка загального ефекту: Z = 1.17 (P = 0.24)										
<b>Ваші після операції 1-3 місяць (біль в носі)</b>										
Choi, K. C. 2018	1,87	0,92	20	1,67	1,13	20	20.5%	0.20 [-0.44, 0.84]		
Guo 2022	1,45	0,52	42	1,36	0,5	45	25.5%	0.09 [-0.12, 0.30]		
Hr Chang, 2023	1,78	1,95	42	1,65	1,87	43	18%	0.13 [-0.68, 0.94]		
SM Park 2023	2,86	2,74	32	2,21	2,29	32	12.7%	0.65 [-0.59, 1.89]		
Yang 2022	1,16	1,1	31	2,26	0,8	42	23.3%	-1.10 [-1.53, -0.67]		
Підсумок підгрупи: (95% CI)			167			182	100.0%	-0.09 [-0.70, 0.53]		
Гетерогенність: Tau <sup>2</sup> = 0.37; Chi <sup>2</sup> = 26.63, df = 4 (P < 0.0001); I <sup>2</sup> = 85%										
Перевірка загального ефекту: Z = 0.28 (P = 0.78)										
<b>Ваші після операції 1 рік (біль у носі)</b>										
Guo, 2022	1,27	0,46	42	1,18	0,4	45	34.2%	0.09 [-0.09, 0.27]		
Hr Chang, 2023	1,33	1,89	42	1,32	2,01	43	20.4%	0.01 [-0.82, 0.84]		
SM Park, 2023	1,96	1,99	32	2,57	2,32	32	15.0%	-0.14 [-1.27, 0.99]		
Yang, 2022	0,94	0,85	31	1,74	0,83	42	30.4%	-0.80 [-1.19, -0.41]		
Підсумок підгрупи: (95% CI)			147			162	100.0%	-0.23 [-0.81, 0.34]		
Гетерогенність: Tau <sup>2</sup> = 0.24; Chi <sup>2</sup> = 16.45, df = 3 (P = 0.0009); I <sup>2</sup> = 82%										
Перевірка загального ефекту: Z = 0.79 (P = 0.43)										

Примітки: IV – інверсна дисперсія, CI (ДІ) – довірчий інтервал, df – ступені свободи.

Таблиця 1.4 – Порівняння результатів за опитувальником Освестрі між групою UBED та групою відкритої мікродискектомії (MD): результати мета-аналізу Feng, Z., Zhao, Z., Cui, W. et al. (2024), [42]

	UBED			MD			%	Mean Difference IV, серед. різн. [95% ДІ]	Mean Difference IV, серед. різн. [95% ДІ]	
	Серед. значення (Mean)	Станд. відхилення (SD)	Кіл-ть (Total)	Серед. значення (Mean)	Станд. відхилення (SD)	Кіл-ть (Total)				
<b>ODI до операції</b>										
Choi, K. C.2018	31,7	8,13	20	28,96	9,41	20	8.9%	2.74 [-2.71, 8.19]		
Fishchenko, 2020	70,15	1	67	71,83	8,4	88	26.1%	-1.68 [-3.45, 0.09]		
Guo, 2022	60,18	7,35	42	56,9	6,41	45	18.9%	3.28 [0.37, 6.19]		
Hr Chang, 2023	55,4	16,7	42	52,7	16,8	43	5.9%	2.70 [-4.42, 9.82]		
Kim S. K.2018	70,15	1	60	71,84	8,4	81	25.6%	-1.69 [-3.54, 0.16]		
SM Park, 2023	57,1	17,8	32	58,3	16,9	32	4.4%	-1.20 [-9.70, 7.30]		
Yang, 2022	58,55	8,39	31	57,45	13,28	42	10.2%	1.10 [-3.89, 6.09]		
Підсумок підгрупи: (95% CI)			294			351	100.0%	0.21 [-1.69, 2.11]		
Гетерогенність: Tau <sup>2</sup> = 2.78; Chi <sup>2</sup> = 12.34, df = 6 (P = 0.05); I <sup>2</sup> = 51%										
Перевірка загального ефекту: Z = 0.22 (P = 0.83)										
<b>ODI після операції 1 тиждень</b>										
Fishchenko, 2020	14,5	11,9	67	13,85	11,5	88	29.8%	0.65 [-3.08, 4.38]		
Kim, S. K.2018	14,5	11,9	60	13,95	11,5	81	28.4%	0.55 [-3.37, 4.47]		
Yang, 2022	20,36	4,68	31	23,81	5,32	42	41.8%	-3.45 [-5.75, -1.15]		
Підсумок підгрупи: (95% CI)			158			211	100.0%	-1.09 [-4.08, 1.90]		
Гетерогенність: Tau <sup>2</sup> = 4.18; Chi <sup>2</sup> = 5.01, df = 2 (P = 0.08); I <sup>2</sup> = 60%										
Перевірка загального ефекту: Z = 0.72 (P = 0.47)										
<b>ODI після операції 1-3 місяць</b>										
Choi K.C., 2018	10,3	5,2	20	13,96	7,04	20	21,8%	-3.66 [-7.50, 0.18]		
Guo, 2022	25,4	2,67	42	30,02	2,97	45	34,2%	-4.62 [-5.81, -3.43]		
SM Park, 2023	20,89	16,49	32	13,83	10,72	32	11,7%	7.06 [0.25, 13.87]		
Yang 2022	16,13	2,63	31	17,98	4,47	42	32,4%	-1.85 [-3.49, -0.21]		
Підсумок підгрупи: (95% CI)			125			139	100.0%	-2.15 [-4.97, 0.67]		
Гетерогенність: Tau <sup>2</sup> = 5.69; Chi <sup>2</sup> = 16.55, df = 3 (P = 0.0009); I <sup>2</sup> = 82%										
Перевірка загального ефекту: Z = 1.50 (P = 0.13)										
<b>ODI після операції 1 рік</b>										
Guo, 2022	12,54	1,81	42	13,54	1,96	45	51.6%	-1.00 [-1.79, -0.21]		
Hr Chang, 2023	6,55	8,84	42	7,77	9,04	43	9.7%	-1.22 [-5.02, 2.58]		
SM Park, 2023	13,89	9,25	32	11,97	11,04	32	6.0%	1.92 [-3.07, 6.91]		
Yang, 2022	12,61	2,95	31	15,29	3,91	42	32.7%	-2.68 [-4.25, -1.11]		
Підсумок підгрупи: (95% CI)			147			162	100.0%	-1.40 [-2.68, -0.11]		
Гетерогенність: Tau <sup>2</sup> = 0.67; Chi <sup>2</sup> = 5.10, df = 3 (P = 0.16); I <sup>2</sup> = 41%										
Перевірка загального ефекту: Z = 2.13 (P = 0.03)										

Примітки: IV – інверсна дисперсія, CI (ДІ) – довірчий інтервал, df – ступені свободи.

Таблиця 1.5 – Порівняння тривалості операції між групою UBED та групою відкритої мікродискектомії (MD): результати мета-аналізу Feng, Z., Zhao, Z., Cui, W. et al. (2024), [42]

	UBED			MD			%	Mean Difference IV, серед. різн. [95% ДІ]	Mean Difference IV, серед. різн. [95% ДІ]
	Серед. значення (Mean)	Станд. відхилення (SD)	Кіл-ть (Total)	Серед. значення (Mean)	Станд. відхилення (SD)	Кіл-ть (Total)			
Choi, K. C. 2018	89,13	18,99	20	80,83	17,55	20	10,3%	8.30 [-3.03, 19.63]	
Choi, K. C. 2019	75,5	40,5	140	70,8	29,4	148	11,3%	4.70 [-3.63, 13.03]	
Fishchenko2020	71,3	21,9	67	62,2	14,6	88	13,6%	9.10 [-3.03, 21.23]	
Foocharoen, T 2021	100,4	28,5	43	67,3	32,2	37	10%	32.50 [21.17, 43.83]	
Guo 2022	57,12	6,35	42	62,1	7,9	45	12,7%	-5.09 [-7.91, -2.27]	
Chang Hr 2023	144,4	43,1	42	97,1	39,7	43	8,3%	47.30 [29.67, 64.93]	
Kim S.K. 2018	70,15	22	60	55,3	18,4	58	11,4%	9.77 [3.26, 16.28]	
SM Park 2023	63,9	16,1	32	62,2	13,2	32	11,1%	1.90 [-7.21, 11.01]	
Yang2022	53,36	7,97	31	62,52	9,54	42	12,5%	-9.16 [-13.18, -5.14]	
Підсумок підгрупи: (95% CI)			477			524	100.0%	-9.16 [1.13, 17.20]	
Гетерогенність: Tau <sup>2</sup> = 130.26; Chi <sup>2</sup> = 112.00, df = 8 (P < 0.000001); I <sup>2</sup> = 93%									
Перевірка загального ефекту: Z = 2.23 (P = 0.03)									

Примітки: IV – інверсна дисперсія, CI (ДІ) – довірчий інтервал, df – ступені свободи.

Таблиця 1.6 – Порівняння обсягу крововтрати між групою UBED та групою відкритої мікродискектомії (MD): результати мета-аналізу Feng, Z., Zhao, Z., Cui, W. et al. (2024), [42]

	UBED			MD			%	Mean Difference IV, серед. різн. [95% ДІ]	Mean Difference IV, серед. різн. [95% ДІ]
	Серед. значення (Mean)	Станд. відхилення (SD)	Кіл-ть (Total)	Серед. значення (Mean)	Станд. відхилення (SD)	Кіл-ть (Total)			
Fishchenko, 2020	32,82	14,9	67	141,1	56,5	88	24,8%	-108.28 [-120.61, -95.95]	
Guo, 2022	29,31	3,62	42	51,77	8,43	45	25,3%	-22.46 [-25.16, -19.76]	
Kim S.K., 2018	34,67	16,9	60	57,8	8,1	81	24,7%	-105.33 [-118.62, -92.04]	
Yang, 2022	46,36	5,92	31	109,5	18,88	82	25,2%	-63.14 [-69.22, -57.06]	
Підсумок підгрупи: (95% CI)			200			256	100.0%	-74.42 [-114.11, -34.73]	
Гетерогенність: Tau <sup>2</sup> = 1616.29; Chi <sup>2</sup> = 408.49, df = 3 (P 0.000001); I <sup>2</sup> = 99%									
Перевірка загального ефекту: Z = 3.67 (P = 0.0002)									

Примітки: IV – інверсна дисперсія, CI (ДІ) – довірчий інтервал, df – ступені свободи.

Таблиця 1.7 – Порівняння часу перебування в лікарні між групою UBED та групою відкритої мікродисектомії (MD): результати мета-аналізу Feng, Z., Zhao, Z., Cui, W. et al. (2024), [42]

	UBED			MD			%	Mean Difference IV, серед. різн. [95% ДІ]	Mean Difference IV, серед. різн. [95% ДІ]
	Серед. значення (Mean)	Станд. відхилення (SD)	Кіл-ть (Total)	Серед. значення (Mean)	Станд. відхилення (SD)	Кіл-ть (Total)			
Choi K.C., 2018	6,52	2,35	20	9,04	3,24	20	9,9%	-2.52 [-4.23, -0.77]	
Choi K.C., 2019	5,8	3,8	140	8,7	3,7	137	13,0%	-2.90 [-3.78, -2.02]	
Fishchenko, 2020	2,8	1,6	67	6,1	1,6	88	14,0%	-3.80 [-4.27, -3.33]	
Foocharoen, T2021	4,8	2,9	43	7,4	4,6	46	10,0%	-2.60 [-4.32, -0.88]	
Hr Chang, 2023	4,7	1,8	42	4,5	2,1	43	12,8%	-0.40 [-1.55, 0.74]	
Kim, S. K. 2018	2,77	1,2	60	3,7	1,4	81	14,1%	-3.60 [-4.03, -3.17]	
SM Park, 2023	2,9	1,5	32	4,2	2,2	32	12,7%	-1.30 [-2.06, -0.54]	
Yang, 2022	6,94	1,33	31	9,6	1,68	42	13,5%	-2.66 [-3.35, -1.97]	
Підсумок підгрупи: (95% CI)			436			479	100%	-2.32 [-3.30, -1.35]	
Гетерогенність: Tau <sup>2</sup> = 1.69; Chi <sup>2</sup> = 88.71, df = 7 (P < 0.00001); I <sup>2</sup> = 92%									
Перевірка загального ефекту: Z = 4.69 (P < 0.00001)									

Примітки: IV – інверсна дисперсія, CI (ДІ) – довірчий інтервал, df – ступені свободи.

Таблиця 1.8 – Порівняння по кількості ускладнень між групою UBED та групою відкритої мікродисектомії (MD): результати мета-аналізу Feng, Z., Zhao, Z., Cui, W. et al. (2024), [42]

	UBED		MD		%	Відношення шансів (Odds Ratio) М-Г, фіксована модель, 95% CI	Відношення шансів (Odds Ratio) М-Г, фіксована модель, 95% CI
	Випадки	Кіл-ть (Total)	Випадки	Кіл-ть (Total)			
Fishchenko, 2020	3	67	2	88	10,1	2.02 [0.33, 12.42]	
Foocharoen, 2021	1	43	1	37	6,4	0.86 [0.05, 14.20]	
Guo, 2022	4	42	4	45	21,4	1.08 [0.25, 4.62]	
Hr Chang, 2023	3	43	3	42	17,3	0.67 [0.11, 4.01]	
Kim S., 2018	3	60	2	81	9,9	2.08 [0.34, 12.85]	
SM Park, 2023	5	32	3	32	15,5	1.79 [0.39, 8.22]	
Yang, 2022	2	31	4	42	19,4	0.66 [0.11, 3.83]	
Підсумок підгрупи: (95% CI)		317		368	100,0%	1.21 [0.63, 2.33]	
Гетерогенність: Chi <sup>2</sup> = 1.84, df = 6 (P = 0.93); I <sup>2</sup> = 0%							
Перевірка загального ефекту: Z = 0.58 (P = 0.56)							

Примітки: МН — метод Мантеля–Гензеля, CI (ДІ) — довірчий інтервал, df — кількість ступенів вільності.

Зважаючи на тенденцію до широкого впровадження малоінвазивних технологій, оцінка стану післяопераційного рубця є критично важливою не лише для обґрунтування переваг новітніх технік, а й для прогнозування довгострокових результатів лікування, зниження рецидивів та хронічного болю.

### **1.3 Патогенез постдискектомічного синдрому**

Синдром невдало прооперованого хребта (FBSS, failed back surgery syndrome) є узагальненим поняттям, що у класичному визначенні охоплює збереження або прогресування неврологічної симптоматики, передусім больового синдрому, після технічно коректно виконаного хірургічного втручання на структурах хребта [11]. У вітчизняній медичній літературі для позначення подібних клінічних станів вживалися різні терміни, серед яких — постламінектомічний больовий синдром, постдискектомічний больовий синдром, синдром невдало прооперованого хребта та ін. [1].

Важливою умовою класифікації стану як FBSS є визнання хірургічного втручання первинно коректним за показаннями, обсягом та технічним виконанням. Таким чином, у міжнародній літературі FBSS трактується як персистуючий больовий синдром, що зберігається при типовому перебігу операції та у відсутності безпосередніх післяопераційних ускладнень [10, 15, 24].

Це концептуально відрізняє FBSS від інших ускладнень хірургії хребта, зокрема: неправильного позиціонування імплантів або металоконструкцій, ятрогенного ураження нервових структур, інфекційно-запальних процесів у ділянці втручання, некоректного вибору рівня або методу операції, що не входять до визначення FBSS у вузькому сенсі.

В англійській літературі під failed back surgery syndrome, насамперед, мають на увазі хронічний, неконтрольований біль у попереку та/або ногах після операції на поперековому відділі.

Частота виникнення синдрому FBSS варіюється залежно від джерел. Зокрема, в Сполучених Штатах Америки середня поширеність FBSS досягає приблизно 1,5 %, тоді як у Великобританії – близько 1 %. FBSS не має формальних епідеміологічних показників на рівні всього українського населення, на відміну від інших країн, де проводилися крос-секційні опитування чи реєстрові дослідження.

На сьогодні в Україні відсутні репрезентативні епідеміологічні дані щодо поширеності FBSS у загальній популяції. Наявні відомості обмежуються окремими клінічними серіями випадків, що свідчить про наявність цієї проблеми в клінічній практиці, проте не дає змоги оцінити її загальну поширеність або частоту виникнення в масштабах країни.

FBSS є важливим чинником соціальної дезадаптації та втрати працездатності. Згідно з даними масштабних ретроспективних досліджень, до 36 % пацієнтів, які перенесли однорівневу фіксацію в поперековому відділі хребта, не повертаються до професійної діяльності внаслідок хронічного болю. Крім того, близько 22 % таких пацієнтів потребують постійного прийому опіоїдних анальгетиків з метою купірування больового синдрому [96, 132].

Причини розвитку FBSS численні, і їх часто складно поділити на чіткі етіологічні категорії. До них належать анатомічні (залишкова компресія, гіпертрофія, рубці), функціональні, психосоціальні, біомеханічні фактори. Однак близько 30–70% випадків FBSS асоціюються з рубцево-спайковим процесом – зокрема, епідуральним фіброзом.

#### **Класифікація причин FBSS (за Bordonì, Marelli [11]):**

1. Тип I — неправильний підбір пацієнта
2. Тип II — неправильний діагноз
3. Тип III — неправильні показання
4. Тип IV — помилка у визначенні рівня операції
5. Тип V — неправильний тип операції

б. Тип VI — ятрогенія (ускладнення внаслідок медичних втручань)

До передопераційних предикторів FBSS відносяться:

Помилки діагностики – деякі автори пов'язують з ними до 58% всіх невдалих операцій у поперековому відділі хребта.

До післяопераційних факторів розвитку FBSS належать:

- Епідуральний фіброз
- Порушення сагітального балансу
- Синдром суміжного диска
- Прогресуюча дегенерація дисків
- Формування псевдоартрозу
- Рубцеві процеси та жирове заміщення паравертебральних м'язів і зв'язкового апарату

У дослідженні Піонтковського В. зазначається, що спектр можливих причин розвитку постдискектомічного синдрому багатосторонній і включає в себе як структурні, так і біомеханічні зміни в самому хребті [1]. Серед причин розвитку післяопераційного больового синдрому провідне місце займають: рубцево-спайковий процес в зоні диск-радикулярного конфлікту, епідурит, рецидиви грижі міжхребцевого диска, нестабільність хребцево-рухового сегмента, стеноз хребтового каналу, арахноїдит, варикозне розширення епідуральних вен, лікворні кісти, дисфункція паравертебральних м'язів, фасетковий синдром, псевдоартроз дуговідросткових суглобів, інфекційні ускладнення та рефлекторна симпатична дистрофія.

За даними Assaker R. та Zairi F. (2015), Diebo B.G. та Passias (2015) [8, 33] видалення грижі міжхребцевого диска на поперековому рівні, як правило, виконується вже на фоні існуючих спайкових процесів у ділянці диск-радикулярного конфлікту, котрі є наслідком тривалого неспецифічного запального процесу. Саме хірургічне втручання призводить до посилення спайкових процесів і може бути причиною формування в подальшому

міофіброзу. В цьому випадку розвивається спайковий конгломерат, що є компремуючим фактором з втягненням в свою структуру корінців кінського хвоста, судин, твердої мозкової оболонки, що призводить до рецидиву больового синдрому.

Згідно з позицією низки авторів Eldin M.M., Razek N.M. (2015), Zeinalizadeh M., Miri S. (2014) [38, 136], формування епідурального фіброзу в зоні диск-радикулярного конфлікту після хірургічного втручання є однією з провідних причин розвитку постдискектомічного больового синдрому (ПДЕС). Водночас у літературі висловлюється думка, що епідуральний фіброз інколи розглядають як своєрідну «діагностичну категорію виключення», до якої вдаються у випадках, коли інші можливі причини післяопераційного больового синдрому не можуть бути достовірно ідентифіковані.

Етіопатогенез епідурального фіброзу залишається дискутабельним. Частина дослідників пов'язує його розвиток із міграцією фібробластів зі сполучної тканини паравертебральних м'язів в епідуральний простір під час оперативного втручання, тоді як інші вказують на ключову роль ушкодження волокнистого кільця міжхребцевого диска. Найбільш імовірним механізмом вважається формування фіброзної тканини внаслідок організації післяопераційної гематоми. Встановлено, що остаточне формування фіброзної тканини після хірургічного втручання зазвичай завершується до кінця шостого тижня, а в подальшому, залежно від індивідуальних особливостей організму, рубцева тканина поступово ущільнюється, що може супроводжуватися посиленням больового синдрому.

За даними досліджень Sorensen L. [125], у нормі перебіг процесу загоєння в рані включає резорбцію надлишкової рубцевої тканини, що забезпечується, передусім, активністю матриксних металопротеїназ, які продукуються гранулоцитами та макрофагами. Вирішальне значення для результату загоєння має баланс між процесами синтезу та деградації рубцевої тканини, який визначається рівнем прозапальних цитокінів і співвідношенням факторів росту.

На думку J. S. Ross [114], ступінь вираженості та «агресивності» епідурального фіброзу значною мірою залежить і від інтраопераційних чинників, зокрема від обсягу ушкодження жовтої зв'язки та епідуральної жирової клітковини, застосування електрокоагуляції в просвіті хребтового каналу з метою гемостазу, а також від надмірно агресивного кюретажу порожнини міжхребцевого диска. На відміну від рандомізованих досліджень щодо епідурального фіброзу після хірургічних втручань, післяопераційний міофіброз мало вивчений. Існують загальні дослідження про рубцеву трансформацію м'язів після травм/операцій та їх вплив на функцію.

У дослідженні Vozyigit та Kina (2025) були проаналізовані різні типи ендоскопічної дискектомії, включаючи PELD, PEID та UBED, та відкриту дискектомію. У пацієнтів після відкритої мікродискектомії (ОМ) було зафіксовано найвищий рівень післяопераційного фіброзу *m. multifidus*: середня площа поперечного перерізу (CSA) склала  $629,94 \pm 208,67$  мм<sup>2</sup>, тоді як після UBED –  $481,16 \pm 233,39$  мм<sup>2</sup>, PEID –  $149,20 \pm 110,58$  мм<sup>2</sup>, а PELD –  $97,64 \pm 109,83$  мм<sup>2</sup> ( $p < 0,01$ ). Крім того, було виявлено, що група UBED мала більшу площу поперечного перерізу (CSA) порівняно з групами PEID та PELD [13]. Рівень креатинфосфокінази (КФК) також був найвищим в групі відкритої дискектомії: співвідношення КФК становило  $1,67 \pm 0,55$ , що суттєво перевищує показники UBED ( $1,34 \pm 0,55$ ), PEID ( $1,26 \pm 1,12$ ) та PELD ( $1,21 \pm 0,48$ ,  $p=0,037$ ). Крім того, група ОМ демонструвала найвищі рівні С-реактивного білка (СРБ) у всі дні після операції (1, 3, 5, 7 день). Тобто, мікродермальна дисплазія була пов'язана з вищими рівнями креатинфосфокінази (КФК) та С-реактивного білка (СРБ), що свідчить про збільшення м'язового пошкодження та запальної реакції порівняно з методами PELD та PEID.

## Висновки до 1 розділу

Таким чином, на сьогоднішній день у доступній літературі практично відсутні систематизовані дослідження, присвячені м'язово-рубцевим

процесам, зокрема міофіброзу, що розвивається у паравертебральних м'язах після хірургічних втручань на хребті. Наявні публікації в цій галузі мають фрагментарний характер і не формують цілісного уявлення про поширеність, морфологічні особливості та клінічне значення післяопераційної рубцевої трансформації м'язової тканини. Водночас у суміжних галузях медицини достатньо широко представлені загальні дослідження, які демонструють, що фіброз скелетних м'язів після травм або хірургічних втручань призводить до порушення їхньої структури та біомеханічних властивостей, зниження еластичності, хронічного больового синдрому та стійкого обмеження функції.

Однак результати таких загальних досліджень не екстрапольовані належним чином на контекст хірургічного лікування патології хребта та не інтегровані у концепцію FBSS. Відсутність спеціалізованих досліджень, які б комплексно оцінювали взаємозв'язок між післяопераційним міофіброзом паравертебральних м'язів, клінічними проявами хронічного болю та функціональними порушеннями у пацієнтів після операцій на поперековому відділі хребта, свідчить про наявність суттєвої наукової прогалини.

## РОЗДІЛ 2

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1 Критерії міжгрупового розподілу

У дослідженні було проведено аналіз результатів хірургічного лікування 161 пацієнта, які проходили оперативне втручання з приводу гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта. Дослідження проводилось на базі відділу хірургії хребта зі (спінальним) нейрохірургічним центром ДУ «Національний інститут травматології та ортопедії НАМН України» та відділення нейрохірургії хребта та спинного мозку Івано-Франківської обласної клінічної лікарні у період з 2021 по 2024 роки

Вибірку склали  $n = 161$  пацієнт з грижами міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта (на рівні  $L_2-L_3$ ,  $L_3-L_4$ ,  $L_4-L_5$ ,  $L_5-S_1$ ), серед яких чоловіків – 89, жінок – 72 особи. Пацієнтів було розподілено на дві групи відповідно до типу виконаного оперативного втручання: унілатеральна біпортальна ендоскопічна дискектомія ( $n=92$ ) та відкрита інтерламінарна мікродискектомія ( $n = 69$ ), табл. 2.1.

В групі UBE ( $n = 92$ ) розподіл за локалізацією грижі був наступним:  $L_2-L_3$  – 1 випадок (1,1 %);  $L_3-L_4$  – 6 випадків (6,6 %); з двома рівнями ураження  $L_3-L_4$  та  $L_4-L_5$  – 1 випадок (1,1 %);  $L_4-L_5$  – 39 випадків (42,3 %);  $L_5-S_1$  – 45 випадків (48,9%).

В групі відкритої інтерламінарної мікродискектомії (ОМ) ( $n = 69$ ) розподіл за локалізацією грижі визначено: на рівні  $L_2-L_3$  – 1 випадок (1,4 %);  $L_3-L_4$  – 1 випадок (1,4 %); з двома рівнями ураження  $L_3-L_4$  та  $L_4-L_5$  – 1 випадок (1,4 %);  $L_4-L_5$  – 27 випадків (39,2 %);  $L_5-S_1$  – 39 випадків (56,6 %).

*Віковий розподіл пацієнтів у двох групах:* середній вік пацієнтів становив в групі UBE 38,5 [31,75; 48,25] років та в групі ОМ 36 [32; 46], статистично достовірних відмінностей між групами не виявлено ( $p > 0,05$ ). За

демографічними та клінічними показниками до оперативного втручання групи не відрізнялись між собою (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Вихідні характеристики обстежених груп

Параметри		група UBE (n = 92)	Група OM (n = 69)	(p. value)
Вік, років Me [Q1; Q3]/розмах вибірки		38,5[31,25; 48,75] / 19–70	36 [32; 47] / 18 – 70	p>0,05*
Стать, n (%)	чоловіки	52(56,5)	37(53,6)	0,49**
	жінки	40(43,5)	32(46,4)	
Рівень локалізації грижі, n ( %)				
L <sub>2</sub> –L <sub>3</sub>		1(1,1)	1 (1,4)	-
L <sub>3</sub> –L <sub>4</sub>		6(6,6)	1(1,4)	-
L <sub>3</sub> –L <sub>4</sub> , L <sub>4</sub> –L <sub>5</sub>		1 (1,1)	1(1,4)	
L <sub>4</sub> –L <sub>5</sub>		39(42,3)	27(39,2)	-
L <sub>5</sub> –S <sub>1</sub>		45(48,9)	39 (56,6)	-
ODI, % Me [Q1; Q3]		36 [32; 46,95]	39 [31; 48,8]	p>0,05*
ВАШ спина, см Me [Q1; Q3]		5,5[4; 7]	5 [4;6]	p>0,05*
ВАШ нога, см Me [Q1; Q3]		7[6; 8]	7 [5; 8]	p>0,05*

Примітки:

Me [25; 75] – у вигляді медіани з інтерквартильним розмахом;

\* визначено за допомогою U-критерію Манна - Уїтні

\*\* визначено за допомогою критерію Фішера.

*Критерії включення:*

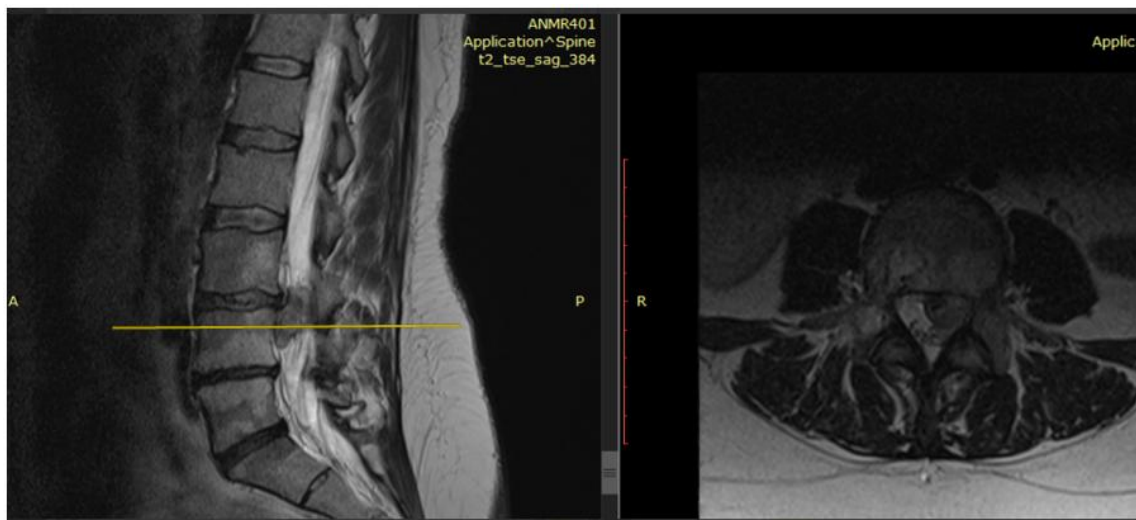
- Віковий діапазон пацієнтів від 20 до 70 років;
- Біль, що іррадіює в нижні кінцівки (оцінка за візуальною аналоговою шкалою (ВАШ) > 4);
- Готовність взяти участь та дотримуватися запропонованого нами протоколу подальшого спостереження.

*Критерії виключення:*

- Спондилолітез (ступінь за Meyer  $\geq$  II)
- Поперековий спінальний стеноз більш ніж помірного ступеня (класифікація Schizas  $\geq$  ступінь B)

- Історія хірургічного втручання на поперековому відділі хребта на тому самому рівні
- Дегенеративний поперековий сколіоз (кут Кобба > 20 °)
- Інші захворювання хребта (анкілозуючий спондиліт, пухлина хребта, перелом чи неврологічні розлади)

*Показання до операції:* грижі міжхребцевих дисків з компресією нервово-судинних структур спинного мозку, переважно форамінальні та латеральні (рис. 2.1); компресійні синдроми внаслідок латеральних гриж міжхребцевих дисків, незначних задніх остеофітів, люмбоішіалгія зі збереженням больового синдрому та відсутністю ефекту на консервативне лікування (показник візуальної аналогової шкали болю (ВАШ) > 4-5 балів та/або індекс Освестрі (ODI) > 40-45 %);



а – сагітальна проекція

б – аксіальна проекція

Рисунок 2.1 – МРТ пацієнта Ш., 1960 р. н., грижа МХД L<sub>3</sub>-L<sub>4</sub>

Дослідження проведено відповідно до положень Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації «Етичні принципи проведення медичних досліджень за участю людини». До включення у дослідження всі учасники були належним чином поінформовані про його мету, методи та умови

проведення, після чого від кожного було отримано письмову добровільну інформовану згоду на участь.

## 2.2 Опис хірургічного втручання

### *Методика операції UBED*

Унілатеральна біпортальна ендоскопічна дискектомія (UBED) передбачала встановлення двох портів з одного боку на рівні міжхребцевого диска. При цьому через один порт встановлювали ендоскоп, а через інший виконували маніпуляції в порожнині диска (рис. 2.2, 2.3).

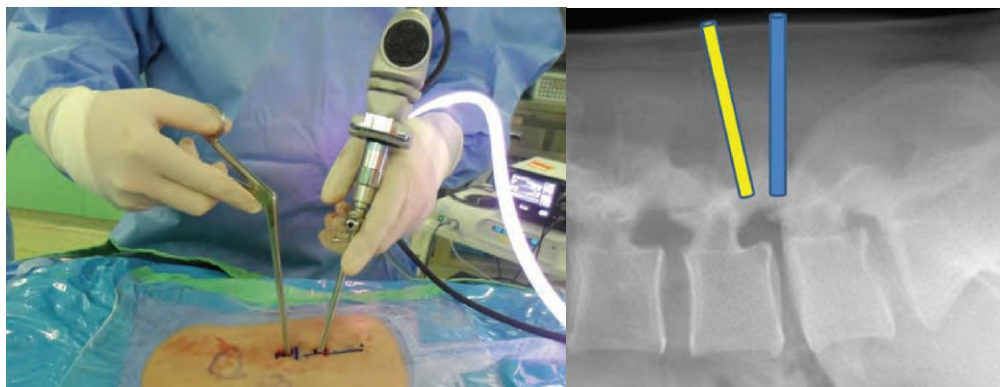


Рисунок 2.2 – Фотографія встановлення портів (Kim et al., 2018), [69]

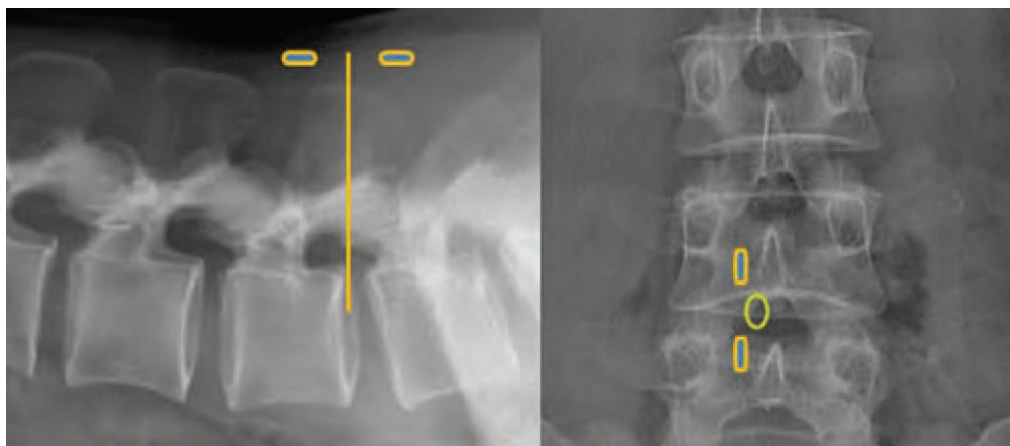


Рисунок 2.3 – Фотовідбиток рентгенограми зі схемою точок введення двох портів для видалення грижі міжхребцевого диска

Після обробки операційного поля в положенні пацієнта на животі під ендотрахеальним наркозом під рентгеноскопичним контролем визначали

рівень запланованого оперативного втручання. Верхній розріз проводили на рівні нижнього краю дужки необхідного рівня. Через розріз вводили провідник, на який по черзі насаджували систему дилататорів для розширення м'язового каналу з наступною установкою троакара з ендоскопом. Нижній розріз проводили на 3 см каудальніше. Формування м'язового каналу проводили за допомогою системи дилататорів. До ендоскопа підключали систему подачі фізіологічного розчину. Після формування триангуляції між артроскопом та інструментами та налаштування відтоку рідини, м'які тканини, що оточують інтраламінарний простір, видаляли за допомогою радіочастотного вапера та шейвера. Коли жовту зв'язку цільового інтраламінарного простору та нижню дужку повністю оголювали, проводили інтерламінотомію за допомогою артроскопічного бура, остеотома та кусачок Керіссона. Жовту зв'язку видаляли доти, доки повністю не відкривали латеральний бік нервового корінця. Нервовий корінець зміщувався медіально за допомогою корінцевого ретрактору. Проводили видалення секвестру та кюретаж міжхребцевого диска за допомогою ронжерів. Гемостаз при епідуральній кровотечі проводили шляхом застосування електродів радіочастотної коагуляції. У разі кровотечі із кістки гемостаз проводили з використанням кісткового воску. Після видалення грижі міжхребцевого диска та декомпресії нервового корінця ушивали рану та встановлювали дренаж.

### **2.3 Магнітно-резонансна томографія**

Всім хворим виконували томографію за допомогою магнітно-резонансного томографа (Philips Achieva 1.5 T) не більше ніж за 3 місяці до хірургічного втручання та повторно через 6 –12 міс. після хірургічного втручання. З метою детального обстеження пацієнтів площинні зрізи проводилися в сагітальних і аксіальних площинах з обов'язковими зрізами на рівні «клінічно зацікавленого» сегменту.

На отриманих томограмах в T1- зваженому режимі грижа або протрузія

міжхребцевого диска за інтенсивністю сигналу була близька до сигналу від задньої поздовжньої зв'язки і переднього субарахноїдального простору, що значно утруднювало діагностику випинання матеріалу диска.

В T2-режимі дослідження контур протрузії / грижі МД мав чіткі межі (мієлографічний ефект). При початкових дегенеративних змінах у міжхребцевих дисках в T2-режимі в центрі диска, як правило, спостерігався гіпоінтенсивний сигнал, а по периметру – гіперінтенсивний сигнал.

Пацієнтам, що повторно госпіталізувалися після поперекової мікродискектомії з рецидивами грижі чи іншими клінічними проявами дегенеративних змін поперекового відділу хребта, проводилось контрольне МРТ-обстеження для виявлення характеру випинання матеріалу диска, а також з метою виявлення міофіброзу в просторі поперекового хребтового каналу і виключення запального процесу на рівні попередньої операції.

#### **2.4 Метод обчислення розміру післяопераційного рубця з використанням програмного забезпечення 3D Slicer**

З метою оцінки міофіброзу, що розвивається у паравертебральних м'язах після хірургічних втручань, зокрема відкритої мікродискектомії та унілатеральної біпортальної ендоскопічної дискектомії було проведено кількісну оцінку та аналіз рубцевої тканини з використанням програмного забезпечення 3D Slicer (версія 5.0 та вище), розробленого у межах ініціативи Quantitative Imaging Network (QIN) (Fedorov A. et al., 2012), [41].

Обстеження проводилося на томографі з напруженістю магнітного поля 1.5 Тл із застосуванням стандартних послідовностей:

- T1-зважені зображення (T1 WI),
- T2-зважені зображення (T2 WI),
- Fat Suppression / STIR у трьох проекціях (сагітальній, аксіальній та фронтальній).

Процес аналізу включав:

- Імпорт МРТ-зображень у форматі DICOM;
- Ручну або напівавтоматичну сегментацію області рубця на T1WI, T2WI- та STIR-зображеннях;
- Побудову 3D-реконструкції з урахуванням морфології фіброзної тканини;

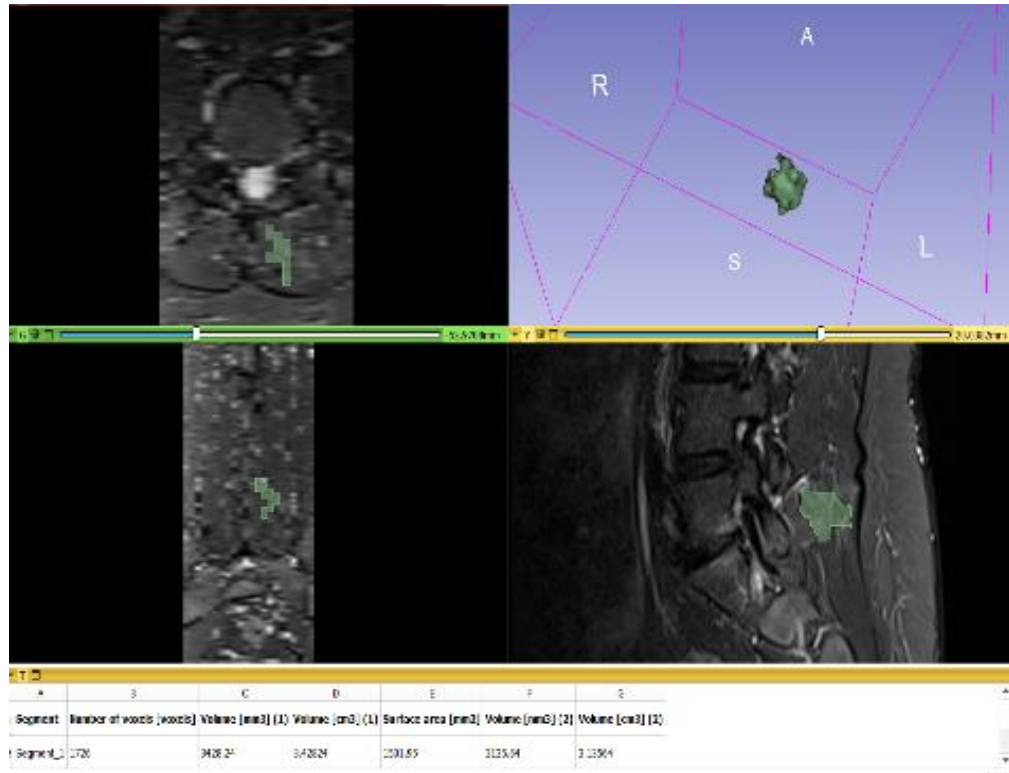


Рисунок 2.4 – Приклад вимірювання об'єму рубця з використанням програмного забезпечення для аналізу зображень – 3D Slicer за даними МРТ (1.5 Тл), із використанням стандартних послідовностей (T1WI, T2WI) та FS/STIR в 3 проекціях.

- Розрахунок об'єму рубця (в мм<sup>3</sup>) за допомогою модуля Segment Statistics;
- Уніфікацію площин відсікання (cropping) та валідацію сегментації двома незалежними експертами.

Здебільшого сегментація проводилась на T2WI послідовності в аксіальній проекції, з подальшою кореляцією з іншими проекціями та послідовностями для більшої достовірності виявлених змін. Оцінку післяопераційного міофіброзу проводили через 9 - 12 місяців після

хірургічного втручання, що відповідає періоду стабілізації рубцевої тканини та мінімізації впливу гострих запальних змін. Такий термін вибору контрольного обстеження ґрунтується на сучасних рекомендаціях щодо морфометричної оцінки міофіброзу в хронічній фазі після операції (He Y., 2020) [49].

## **2.5 Клініко-функціональні методи обстеження**

### *Оцінка болю за ВАШ*

Больовий синдром оцінювали за допомогою візуальної аналогової шкали болю (ВАШ), де відсутність больового синдрому позначали як 0 балів, а вкрай виражений біль як 10 балів. Показники фіксували за день до операції, на 7-й день після операції, а також через 1, 2, 6, 12 міс. після операції.

### *Оцінка якості життя за опитувальником Oswestry Disability Questionnaire (ODI), версія 2.0*

Для кількісної оцінки функціональних порушень, асоційованих із болем у поперековому відділі хребта, застосовували валідований опитувальник Oswestry Disability Index (ODI) (див. додаток А). Опитувальник Oswestry (Oswestry Disability Index – ODI) є стандартизованим самозаповнюваним опитувальником, який складається з 10 розділів, що охоплюють ключові сфери життєдіяльності:

- Інтенсивність болю
- Самообслуговування
- Підняття предметів
- Ходьба
- Сидіння
- Стояння
- Сон
- Соціальне життя

- Подорожі
- Статеве життя (опційно)

Кожен розділ оцінювався за шестибальною шкалою (0–5 балів), де 0 означає відсутність обмежень, а 5 – виражене порушення функції. Сума балів конвертувалась у відсотковий показник функціональних обмежень за формулою:

$$ODI\% = \left( \frac{\text{Сума балів}}{\text{Кількість заповнених розділів} \times 5} \right) \times 100$$

Рисунок 2.5 – Розрахунок індекса ODI

Анкетування за допомогою опитувальника Oswestry Disability Index (ODI) дозволило кількісно оцінити зміни функціонального стану пацієнтів та об'єктивізувати ефективність проведеного оперативного лікування.

Таблиця 2.2 – Інтерпретація результатів за опитувальником Oswestry Disability Index

<b>ODI (%)</b>	<b>Інтерпретація результатів</b>
0–20 %	Мінімальний рівень обмежень, незначні порушення
21–40 %	Наявність помірних порушень
41–60 %	Наявність тяжких порушень
61–80 %	Порушення, що призводять до інвалідизації
81–100 %	Вкрай важкі порушення, що приковують до ліжка або пацієнт симулює

Оцінювання проводилось до операції та на етапах 1, 2 і 6, 12 місяців після втручання (Fairbank JCT, Davidson M.) [40].

### *Анкетування за модифікованим критерієм Маснаб*

В нашому дослідженні було використано модифіковані критерії Маснаб, які класифікують результат лікування на підставі рівня болю, функціональних обмежень і здатності пацієнта до щоденної активності або праці (Маснаб I.), (див. додаток Б). Пацієнти заповнювали анкету самостійно або з допомогою під час контрольного візиту або телефонного/онлайн опитування через 1, 2, 6 та 12 місяців після втручання.

## **2.6 Біохімічно-гормональне дослідження крові з розрахунком НОМА-IR**

У сироватці крові пацієнтів проводили визначення показників вуглеводного та гормонального обміну, зокрема рівня інсуліну, глюкози натще та глікозильованого гемоглобіну (HbA1c). На підставі отриманих значень розраховували індекс інсулінорезистентності НОМА-IR як інтегральний показник чутливості тканин до інсуліну. Крім того, здійснювали оцінку гормонального статусу шляхом визначення концентрацій загального тестостерону та естрадіолу в сироватці крові.

## **2.7 Морфологічні дослідження гриж міжхребцевих дисків, отриманих інтраопераційно**

### *Гістологічне дослідження*

Для гістологічного дослідження було відібрано зразки тканини грижі міжхребцевого диска у 26 пацієнтів. Зразки було одержано при проведенні оперативного лікування та поміщено у 10% розчин формаліну для фіксації, ущільнювали у парафіні (Leica Surgipath Paraplast Regular). З парафінових блоків виготовляли зрізи і забарвлювали гематоксиліном з еозином. Мікропрепарати досліджували під мікроскопом Olympus BX51,

фотографували за допомогою цифрової камери Olympus C3040ZOOM і програмного забезпечення Olympus DP-Soft 3.2 (Olympus, Токіо, Японія). Цифрові зображення зі збільшенням  $\times 100$  і  $\times 200$  (1280x960 пікселів RGB, режим фотоосвітлення, стандартизована експозиція). Для морфометричного дослідження використовували систему аналізу зображень ImageJ 1.46 (ver. 64-bit Java 1.8.0\_172, Wayne Rasband, NIH, США). На зображеннях мікропрепаратів вимірювали площу кластерів у пікселях (px), кількість клітин у кластерах і розраховували індекс кластеризації, де  $\text{Індекс} = S \text{ кластера} \times N \text{ клітин у кластері}$ .

## 2.8 Методи статистичного аналізу

Математична обробка числових даних дослідження виконувалась за допомогою методів варіаційної статистики.

Відповідність виду розподілу результатів кількісних показників закону нормального розподілу перевірялася критерієм Шапіро-Уїлка (W). Усі досліджені показники не відповідали закону нормального розподілу. Для кількісних показників розраховували медіану (Me), верхній і нижній квартилі (25%; 75%), середнє арифметичне значення ( $\bar{x}$ ) і середньоквадратичне відхилення (SD). Для номінальних, бінарних та порядкових змінних проводився також частотний аналіз.

Для оцінки значущості різниці між двома групами пацієнтів використовувався критерій Манна-Уїтні (програмне забезпечення конвертувало критерій у величину Z (Z-score)). Порівняння груп за ранговими показниками відбувалося з використанням непараметричних критеріїв.

Для оцінки динаміки та порівняння показників у групі пацієнтів (при лише двох вимірюваннях) використовувався критерій Вілкоксона (програмне забезпечення конвертувало критерій у величину Z (Z-score)). Для оцінки динаміки та порівняння показників у групі пацієнтів (при більше ніж двох вимірюваннях) використовувався двофакторний дисперсійний аналіз

Фрідмана та пост-хок аналіз з попарним порівнянням груп (програмне забезпечення конвертувало критерій у величину  $Z$  ( $Z$ -score)).

Значущість відмінностей оцінювалась за рівнем асимптоматичної значущості ( $p$ ). При статистичній обробці приймали надійність  $P=95\%$ .

З метою виявлення зв'язків між показниками проводили кореляційний аналіз. Кореляційний аналіз проводили з розрахунком коефіцієнта рангової кореляції Спірмена ( $\rho$ ). Коефіцієнти кореляції перевірялися на значимість відносно нуля за допомогою двостороннього критерію на рівнях  $p=0,05$ ;  $p=0,01$  і  $p=0,001$ .

Для побудови моделей рівнянь розрахунку об'єму міофіброзу використовувався регресійний аналіз (лінійна та лог-лінійна регресії). Для математичної обробки числових даних використовували прикладну програму IBM SPSS Statistics 21.

Під час гістологічного дослідження для визначення залежності між показниками (ІМТ, вік, рівень глюкози, рівень інсуліну, показник НОМА-IR, рівень загального тестостерону та естрадіолу, індекс кластеризації) використовували непараметричний метод рангової кореляції Спірмена ( $Rho$ ) з врахуванням  $p$ -значення, що дозволяє оцінити силу та напрямок асоціації між змінними.

Для аналізу бінарної залежної змінної «гістологічний маркер» значення показника було розділено за ознакою на: «високі» та «не високі» на основі 75-го перцентилля ( $Q3$ ). Значення  $\geq Q3$  вважалося порогом для класифікації гістологічного показника (індекс кластеризації) як високий/значущий ( $marker=1$ ), а  $< Q3$  – низький/незначущий ( $marker=0$ ). Модель бінарної диференціації дала можливість оцінити асоціацію між біохімічним показником і наявністю фактора за обраним порогом. Такий підхід є аналогічним до дихотомічної класифікації біомаркерів [47], яка зустрічається у клінічних роботах, де описували онкологічні дослідження [50, 93].

Дослідження асоціації між гістологічним показником клітинної реакції хондроцитів у зразках грижі (індекс кластеризації) та індексом

інсулінорезистентності HOMA-IR було використано біноміальну логістичну регресію. Залежною змінною у моделі була наявність маркера (бінарна: 0 - відсутній, 1 - присутній), а незалежною – значення HOMA-IR. Модель оцінює логарифм шансів (log-odds) виявлення маркера залежно від незалежного фактору, а коефіцієнти  $\beta$  у логіт-шкалі перетворюються на Odds Ratio (OR) для інтерпретації шансу події, де  $OR=e^{\beta}$ . Таблиці опису статистичного дослідження включали коефіцієнт  $\beta$ , стандартну помилку (SE), z-статистику та p-значення (тест Вальда). Інтерпретація ймовірності збільшення шансів виявлення індексу кластеризації при підвищенні іншого незалежного фактору на 1 одиницю ґрунтувалася на оцінці значення OR та 95% довірчого інтервалу (95%CI). На основі моделі логістичної регресії із факторів «індекс кластеризації» і «HOMA-IR» будували ROC-криву і визначали площу під кривою (AUC). Значення AUC на рівні  $0,5 \geq 0,8$  вважали клінічно значущим) [27].

Для дослідження впливу статевого фактора логістичні моделі будували для чоловіків та жінок. Всі результати вважали статистично значущими при  $p \leq 0,05$ . Критерій  $\chi^2$  використано для аналізу різниці частот виявлення гістологічного маркера між статтю пацієнтів.

Візуалізацію логістичної регресії здійснювали в RStudio у формі діаграми розсіювання з накладеною логістичною кривою, точками незалежного фактору і 95%CI.

### РОЗДІЛ 3

## МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДЕГЕНЕРАТИВНИХ ЗМІН МІЖХРЕБЦЕВОГО ДИСКУ ТА ЇХ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК З ІНСУЛІНОРЕЗИСТЕНТНІСТЮ І РІВНЕМ СТАТЕВИХ ГОРМОНІВ

Для оцінки взаємозв'язку між морфологічним станом хрящової тканини в ділянці грижі та показниками білкового і вуглеводного обміну до гістологічного дослідження із загальної вибірки хворих, які взяли участь у дослідженні, було відібрано 26 пацієнтів (12 чоловіків і 14 жінок). Середній вік обстежених становив  $52,0 \pm 2,72$  року; у чоловіків –  $48,2 \pm 3,18$  років, у жінок –  $56,1 \pm 4,45$  років. Біопсійний матеріал отримували під час оперативного втручання. Зразки фіксували у 10% розчині формаліну, після чого проводили стандартну гістологічну обробку з ущільненням у парафіні (Leica Surgipath Paraplast Regular). Із парафінових блоків виготовляли серійні зрізи, які забарвлювали гематоксиліном та еозином.

Мікроскопічне дослідження здійснювали за допомогою світлового мікроскопа Olympus BX51. Документування результатів проводили із застосуванням цифрової камери Olympus C3040ZOOM та програмного забезпечення Olympus DP-Soft 3.2 (Olympus, Токіо, Японія). Отримані цифрові зображення аналізували при збільшенні  $\times 100$  та  $\times 200$  (роздільна здатність  $1280 \times 960$  пікселів, RGB-формат, стандартизований режим фотоосвітлення та експозиції).

Морфометричний аналіз виконували з використанням програмного забезпечення ImageJ 1.46 (64-bit Java 1.8.0\_172, Wayne Rasband, NIH, США). На цифрових зображеннях визначали площу клітинних кластерів (у пікселях), кількість клітин в межах кожного кластера та розраховували індекс кластеризації за формулою: Індекс кластеризації = площа кластера  $\times$  кількість клітин у кластері.

### **3.1 Аналіз біохімічних показників крові, які характеризують обмін глюкози**

Біохімічні та гістологічні дослідження було розпочато з аналізу лабораторних показників, які були обрані як потенційні предиктори у зміні стану міжхребцевого диску. Робоча гіпотеза дослідження полягала у тому, що з переліку показників (ІМТ, вік, рівень глюкози, HbA1c, інсуліну, статевих гормонів – загального тестостерону чоловіків та жінок і естрадіолу у жінок) є фактори, які є потенційними предикторами змін метаболічного стану тканини, зокрема і хрящової тканини міжхребцевих дисків, оскільки впливають на метаболічні процеси, асоційовані або ті що контролюють обмін глюкози. У табл. 3.1 наведено основні кількісні характеристики показників, а саме: середнє значення або медіана (залежно від відповідності до закону нормального розподілу), які описують варіабельність показника (стандартне відхилення, межі квартильного розподілу), а також додаткові статистичні показники, які характеризують гомогенність, однорідність вибірки з урахування гендерного фактору (асиметрія, критерій однорідності дисперсії Левена, критерій нормальності розподілу даних у вибірці).

*Статистична характеристика ІМТ для категорії чоловіків та жінок з грижею міжхребцевого диску*

Нами було оцінено показники ІМТ у пацієнтів з грижею міжхребцевого диска і описано їх статистичну характеристику. Тільки у 1 (83%) чоловіка з 12 та 2 (14,2%) жінок з 14 встановлено ІМТ понад 30 кг/м<sup>2</sup>, а саме ожиріння І ступеня. Характеристика ІМТ у чоловіків та жінок була дуже спорідненою, за середнім значенням (і медіаною) показника не відрізнялась (критерій Манна-Уїтні  $p=0,35$ ), характеризувалось майже однаковою асиметрією варіативного ряду, тобто значення були симетричними і в цілому мали високу гомологічність за критерієм Левена ( $F=0,63$ ;  $p=0,43$ ). Таким чином, об'єднання

даних категорії чоловіків та жінок не впливало на характеристику загальної вибірки пацієнтів.

Таблиця 3.1 – Статистична оцінка показників пацієнтів з грижами міжхребцевого диска

Показник	Статистична характеристика даних	Стать		Статистична характеристика
		Ч (n=12)	Ж (n=14)	
ІМТ, 26,3±0,67 кг/м <sup>2</sup>	Середнє	26,0±1,02	26,7±0,96	p=0,35**
	Асиметрія	0,27	1,11	Майже ідентична
	Критерій Шапіро-Уїлка	W=0,96; p=0,72	W=0,85; p=0,03	H <sub>0</sub> відхилена
	Критерій Левена	F=0,63; p=0,43		Висока однорідність дисперсії
Глюкоза, 5,79±0,26 ммоль/л	Середнє	5,86±0,48	5,72±0,26	p=0,79*
	Асиметрія	0,98	0,61	Розподіли подібні
	Критерій Шапіро-Уїлка	W=0,89; p=0,11	W=0,95; p=0,63	H <sub>0</sub> не відхилена
	Критерій Левена	F=1,88; p=0,18		Варіабельність має ознаки неоднорідності
HbA1c, 5,29±0,16 %	Середнє	5,49±0,32	5,11±0,09	p=0,26*
	Асиметрія	1,24	0,59	Неідентична
	Критерій Шапіро-Уїлка	W=0,89; p=0,10	W=0,94; p=0,40	H <sub>0</sub> не відхилена
	Критерій Левена	F=7,50; p=0,01		Варіабельність неоднорідна
Інсулін, 20,3±1,78 Me [Q1; Q3] 19,4[16,8; 22,2] мкМО/мл	Середнє	19,3±1,20	21,1±3,38	0,49**
	Асиметрія	0,27	2,63	Неідентична
	Критерій Шапіро-Уїлка	W=0,94; p=0,46	W=0,63; p<0,001	H <sub>0</sub> відхилена
	Критерій Левена	F=0,65; p=0,42		Висока гомологічність

Примітка: \* ANOVA з тестом Тьюкі; \*\* непараметричний тест Манна-Уїтні

*Результати дослідження рівня глюкози у категорії чоловіків та жінок з грижею міжхребцевого диску*

Підвищений рівень глюкози відмічено 4 (33,3%) чоловіків та 9 (64,3%) жінок. Рівень глюкози за показником середнього значення у чоловіків та жінок

статистично не відрізнявся (ANOVA з тестом Тьюкі  $p=0,72$ ), як і частота розподілу пацієнтів за критерієм  $\chi^2$  ( $p=0,23$ ). Рівень асиметрії був визначений як помірний для обох груп (0,98 та 0,61), хоча варіабельність за критерієм Левена неоднорідна ( $F=1,88$ ;  $p=0,18$ ), вибірки даних знаходились в межах нормального розподілу. Тобто у досліджуваній групі пацієнтів не виявлено значних відмінностей рівня глюкози, щоб розглядати ймовірність впливу гендерного фактору у подальших статистичних обрахунках.

*Статистична характеристика рівня глікованого гемоглобіну HbA1c для категорії чоловіків та жінок з грижею міжхребцевого диску*

Рівень HbA1c вищий за референтні значення встановлено тільки у 2 (16,7%) чоловіків. Це вплинуло на критерій варіабельності Левена, як наслідок варіабельність між групами була неоднорідною ( $F=7,50$ ;  $p=0,01$ ), але середні значення між категоріями чоловіків та жінок не відрізнялися (ANOVA з тестом Тьюкі  $p=0,28$ ). Тобто відсоток HbA1c також статистично не відрізнявся і тому не було обмежень для об'єднання показника двох категорій пацієнтів у одну вибірку з близьким розподілом даних.

*Статистична характеристика рівня інсуліну для категорії чоловіків та жінок з грижею міжхребцевого диску*

Рівень інсуліну у 3 (25,0%) чоловіків та 1 (7,1%) жінки оцінено як підвищений за загальноприйнятими референтними значеннями. У групі чоловіків виявлено практично симетричний розподіл, тоді як у жінок помітно асиметричний (0,27 vs 2,63), що вказує на наявність виражених відхилень від нормального розподілу. Результати тесту Шапіро-Уїлка підтвердили ці спостереження (у групі чоловіків  $W=0,94$  при  $p=0,46$ ; у групі жінок  $W=0,63$  при  $p<0,001$ ), тобто значення показника у групі жінок вносили вплив у загальну вибірку варіативного ряду (нульова гіпотеза нормальної форми розподілу відхилено). При цьому тест Левена для перевірки однорідності дисперсій між двома групами показав відсутність статистично значущої

різниці ( $F=0,65$ ;  $p=0,42$ ). Непараметричний тест Манна-Уїтні показав, що дві групи за рівнем інсуліну не відрізнялися (18,4 [16,5;22,8] у чоловіків і 19,9[16,9;21,5] у жінок,  $p=0,49$ ). Таким чином, характеристика описаних показників у чоловіків та жінок оцінено як таку, що статистично не відрізнялися, а статистична характеристика вибірок даних (асиметрії розподілів та критерій Левена) вказують на їх гомогенність. Зважаючи на це дані пацієнтів обох статей було об'єднано в єдину аналітичну групу ( $n=26$ ) з метою підвищення статистичної потужності дослідження і можливості побудови моделей логістичної регресії для виявлення зв'язку гістологічних маркерів пошкодження хрящової тканини диска з фактором метаболічних змін організму пацієнта.

*Результати кореляційного аналізу між показниками пацієнтів з грижею міжхребцевого диску*

Проведено кореляційний аналіз між антропометричними та біохімічними показниками в загальній вибірці пацієнтів (табл. 3.2), та з урахуванням гендерного фактору (табл. 3.3 – 3.4).

Таблиця 3.2 – Кореляція Спірмена між ІМТ, віком та метаболічними показниками у загальній вибірці пацієнтів ( $n=26$ )

<b>Показник</b>	<b>ІМТ</b>	<b>Вік</b>	<b>Глюкоза</b>	<b>НbA1c</b>
Вік	$\rho=0,32$ ; $p=0,15$			
Глюкоза	$\rho=0,22$ ; $p=0,31$	$\rho=0,22$ ; $p=0,31$		
НbA1c	$\rho=0,04$ ; $p=0,87$	$\rho=0,04$ ; $p=0,87$	$\rho=0,53$ ; $p=0,01$	
Інсулін	$\rho=-0,31$ ; $p=0,14$	$\rho=0,23$ ; $p=0,29$	$\rho=0,44$ ; $p=0,02$	$\rho=0,17$ ; $p=0,41$

У загальній вибірці пацієнтів достовірного зв'язку між ІМТ та рівнем інсуліну не встановлено, хоча згідно критерію Спірмена цей зв'язок може бути оберненим при більшій кількості спостережень ( $\rho=-0,31$ ,  $p=0,14$ ). Рівень глюкози, HbA1c та інсуліну характеризувалися кореляцією середньої сили.

Це можна пояснити компенсаторною гіперінсулінемією на тлі інсулінорезистентності, за якої підвищення глікемії супроводжується збереженою або посиленою секрецією інсуліну  $\beta$ -клітинами підшлункової залози. Індекс інсулінорезистентності HOMA-IR був підвищеним ( $5,36 \pm 2,99$  при пороговому значенні 2,5) у 24 (92,3%) з 26 пацієнтів (100% чоловіків і 85,7% жінок). Зважаючи на це, такий розподіл робить традиційний поріг непридатним для аналізу взаємозв'язку з метаболічними змінами хряща, оскільки практично немає “негативних” випадків для порівняння (недостатня диференціація).

Таблиця 3.3 – Кореляція Спірмена між ІМТ чоловіків, віком та метаболічними показниками (n=12)

Показник	ІМТ	Вік	Глюкоза	HbA1c	Інсулін
Вік	$\rho=0,23$ ; $p=0,47$				
Глюкоза	$\rho=0,25$ ; $p=0,43$	$\rho=0,47$ $p=0,12$			
HbA1c	$\rho=0,25$ $p=0,44$	$\rho=0,34$ ; $p=0,28$	$\rho=0,77$ ; $p<0,001$		
Інсулін	$\rho=-0,36$ ; $p=0,25$	$\rho=0,22$ $p=0,49$	$\rho=0,41$ ; $p=0,18$	$\rho=0,23$ ; $p=0,46$	
Тестостерон (заг.)	$\rho=0,01$ ; $p=0,983$	$\rho=-0,62$ ; $p=0,03$	$\rho=-0,62$ ; $p=0,03$	$\rho=-0,51$ ; $p=0,09$	$\rho=-0,24$ ; $p=0,46$

На основі цього було використано підхід вибору порогу значущості на основі кuartильного розподілу. Це дозволило виділити 75% процентиля (Q3), який включав 8 (30,8%) пацієнтів (3 чоловіка і 5 жінок) з найвищим значенням HOMA-IR, тобто з вираженою інсулінорезистентністю.

Використання Q3 як “високого” порога – це об’єктивний та непараметричний спосіб кластеризації, що дозволяє створити високий поріг для біноміального поділу фактору при побудові логістичної регресії.

Таблиця 3.4 – Кореляція Спірмена між ІМТ жінок, віком та метаболічними показниками (n=14)

Показник	ІМТ	Вік	Глюкоза	НbA1c	Інсулін
Вік	rho=0,35; p=0,32				
Глюкоза	rho=-0,24; p=0,44	rho=-0,19; p=0,57			
НbA1c	rho=-0,16; p=0,59	rho=-0,38; p=0,24	rho=0,25; p=0,38		
Інсулін	rho=-0,09; p=0,78	rho=0,15 p=0,67	rho=0,42; p=0,14	rho=0,11; p=0,71	
Тестостерон (заг.)	rho=0,22; p=0,46	rho=0,20; p=0,55	rho=-0,28; p=0,33	rho=-0,56 p=0,04	rho=0,06; p=0,83
Естрадіол	rho=-0,15; p=0,63	rho=-0,51; p=0,11	rho=-0,51; p=0,06	rho=-0,03; p=0,93	rho=- 0,19; p=0,51

У чоловіків виявлено зворотній зв’язок між рівнем загального тестостерону та віком (p=0,03), при цьому індекс інсулінорезистентності не мав достовірного зв’язку з рівнем тестостерону (Rho=-0,43, p=0,16).

У жінок встановлено достовірну обернену кореляцію між глікозильованим гемоглобіном та загальним тестостероном (p=0,04), і тенденція до негативної асоціації між рівнем глюкози і естрадіолом. Жоден з показників не залежав від віку. Отримані результати можуть вказувати на потенційний зв’язок між порушеннями глікемічного контролю та рівнями статевих гормонів. Водночас кореляційний аналіз не виявив статистично значущих зв’язків між рівнями статевих гормонів та ІМТ як у чоловіків, так і у жінок, що свідчить про відсутність прямої залежності гормонального профілю від ризику ожиріння в досліджуваній вибірці пацієнтів. Разом з тим,

це не виключає наявності такої залежності і потребує подальших досліджень на більшій кількості спостережень. Це дозволяє припустити, що виявлені тенденції між рівнем глюкози та статевими гормонами можуть бути опосередковані метаболічними механізмами, незалежними від ІМТ, зокрема інсулінорезистентністю. Загалом отримані результати вказують на можливу роль порушень вуглеводного обміну у формуванні змін гормонального балансу, однак це потребує подальшого підтвердження в дослідженнях із більшою кількістю спостережень.

### **3.2. Результати гістологічних досліджень зразків тканин міжхребцевих дисків**

Нами було досліджено 26 зразків тканин міжхребцевого диска, що були одержані при хірургічному лікуванні (дискектомії). Усі зразки містили фрагмент хрящової тканини і ділянку сполучної тканини, яка, очевидно, належить до ушкодженого диска. Згідно літератури, у нормі в міжхребцевому диску людини хондроцити мають розсіяний розподіл, що становлять лише 1% об'єму тканини диска дорослого [95]. Вважається, що хрящова тканина диска має обмежену здатність до регенерації, пошкодження диска є незворотним, а ранні зміни хряща полягають у втраті протеогліканів, які продукують хондроцити. Прогресуюча дегенерація диска має характерні гістологічні зміни, які є неспецифічними. До таких змін відносять:

- 1) утворення клітинних кластерів (нетипових багатоклітинних фокальних скупчень хондроцитів);
- 2) втрата характеристик забарвлення гістологічними барвниками (редукція забарвлення, ацидофілії матриксу хряща) навколо кластерів клітин і цитоплазми клітин;
- 3) наявність тріщин хрящової тканини [95].

Перші дві гістологічні ознаки виявлено у нашому дослідженні із значною варіабельністю (табл. 3.5, рис. 3.1 – 3.2). Третя ознака не розглядалася як об'єктивний гістологічний маркер через вплив травматизуючого фактору

дискектомії на тканини ушкодженого диска. У табл.3.5 наведено результати морфометричної оцінки клітинних кластерів у зразках дегенерованого міжхребцевого диска, з урахуванням фактору НОМА-ІR статі.

Таблиця 3.5 – Морфометрична характеристика зразків дегенеруючого міжхребцевого диска

№ зразка	Вік	Стать	Рівень оперованого диску	Розмір кластерів хондроцитів, $\mu\text{m} \times 10^3$	Середня кількість клітин на кластер	Індекс кластеризації	НОМА-ІR
1	41	Ч	L5-S1	33,5±7,7	26,2±5,3	1192,1±497,7	2,9
2	45	Ж	L5-S1	1,5±0,1	2,0±0,0	3,1±0,8	4,5
3	49	Ч	L4-L5	2,2±0,4	2,8±1,0	6,3±1,5	4,3
4	52	Ч	L5-S1	20,4±3,2	18,0±2,7	430,6±120,0	9,7
5	50	Ж	L3-L4, L5-S1	1,2±0,2	2,0±0,0	2,7±0,9	5,3
6	54	Ж	L4-L5	10,5±3,8	5,7±1,0	86,1±53,7	2,3
7	39	Ж	L5-S1	4,2±0,6	7,5±1,4	39,9±12,3	3,9
8	55	Ч	L5-S1	4,1±0,7	4,6±0,8	25,4±7,4	4,8
9	52	Ч	L4-L5	3,1±0,3	1,5±0,0	5,2±1,0	3,4
10	45	Ч	L4-L5	6,7±2,1	4,5±1,4	65,1±35,3	4,1
11	72	Ч	L3-L4	15,5±1,9	23,0±3,0	431,0±81,4	7,5
12	33	Ч	L5-S1	0,7±0,1	1,3±0,0	1,3±0,5	2,9
13	58	Ж	L3-L4	3,8±0,9	5,6±1,0	23,9±7,8	5,6
14	48	Ж	L4-L5	16,2±5,2	17,0±3,1	432,0±183,2	3,4*
15	49	Ж	L4-L5	66,8±8,9	18,3±2,9	1306,4±343,7	7,2
16	41	Ж	L5-S1	9,1±3,6	5,8±2,0	147,9±115,7	4,4
17	33	Ч	L4-L5	10,1±8,2	1,9±0,8	102,9±100,6	4,6
18	64	Ж	L4-L5	29,2±1,6	8,0±1,0	242,2±20,1	5,9
19	55	Ж	L4-L5	52,9±9,6	9,1±2,2	583,2±234,0	16,3
20	57	Ж	L4-L5	2,4±0,3	1,1±0,0	3,1±0,6	3,4
21	39	Ж	L4-L5	4,8±0,7	2,5±1,0	15,6±6,6	4,3
22	76	Ж	L3-L4	59,4±7,3	16,7±2,9	1143,0±242,8	5,4
23	51	Ч	L5-S1	120,8±15,5	28,5±4,1	3695,8±766,6	10,3
24	39	Ж	L4-L5	99,6±16,2	17,9±2,7	1889,6±438,5	6,2
25	44	Ж	L4-L5	3,1±0,4	1,1±0,0	3,8±0,8	2,4
26	75	Ж	L4-L5	4,3±0,6	1,6±0,0	8,4±2,8	3,4
Me(Q1;Q3) у загальній вибірці				5,8(3,1;26,6)	5,1(1,9;14,8)	52,5 (5,5;410,8)	Бар'єр 5,5
Me(Q1;Q3) кластеризація «++»				59,5(41,1;83,2)	17,9(12,9;20,3)	1143,1 (498,9;1598,0)	
Me(Q1;Q3) кластеризація «-/»				3,8(2,2;4,8)	2,0(1,6;4,6)	8,4(3,1;39,9)	

Примітка: жирним шрифтом виділені значення  $\geq$  обраного бар'єру Q3; \* – включено через високий рівень глюкози і значення індексу більше встановленого бар'єру.

Не зважаючи на значну варіабельність клітинної реакції хондроцитів у складі досліджених зразків грижі пошкодженого диска, встановлено її

закономірну залежність від інсулінорезистентності. Так, у пацієнтів з інсулінорезистентністю (обраний поріг показника НОМА-IR 5,5 на основі Q3 варіативного ряду при загально прийнятому порозі 2,7) виявлялися кластери більшої площі – вони були виражено багатоклітинні.

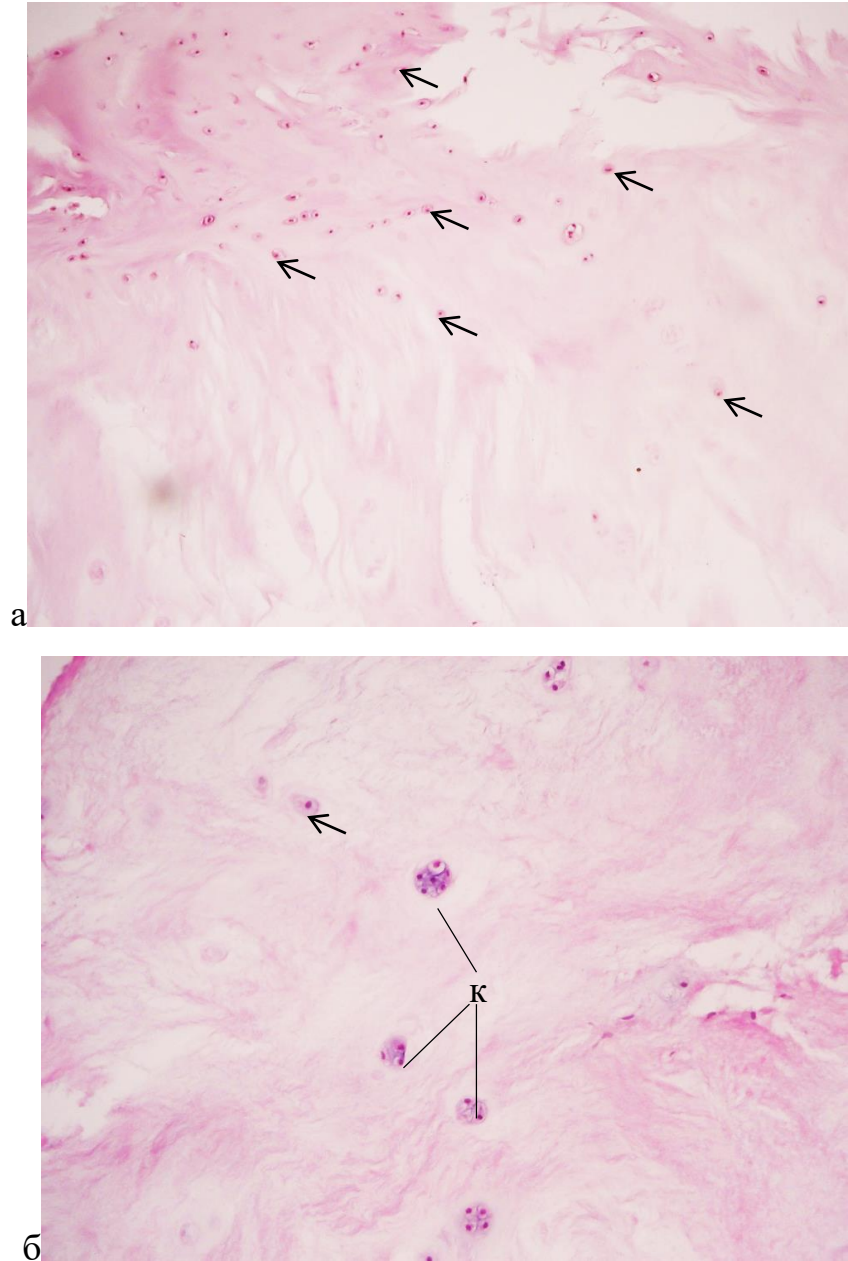


Рисунок 3.1 – Гістологічні зміни хряща у складі грижі міжхребцевого диску, зразки яких оцінено нижче бар'єру гістологічного маркера «індекс кластеризації» та бар'єру інсулінорезистентності: а – зразок з грижі L4- L5 (НОМА-IR=2,4); б – зразок з грижі L5-S1 (НОМА-IR=3,4).

Примітки: рібноклітинні ізогенні групи хондроцитів (кластери хондроцитів);  
← поодинокі хондроцити;

к – ізогенні групи (дрібні кластери) хондроцитів.

Забарвлення гематоксиліном та еозином. Зб. а) 100, б)200.

Виявлено, що щільність кластерів та їх клітинність була дуже різною, причому в деяких випадках рясна щільність кластерів характеризувалася умовно невеликою клітинністю, але це була домінуючою гістологічною ознакою досліджуваного зразка.

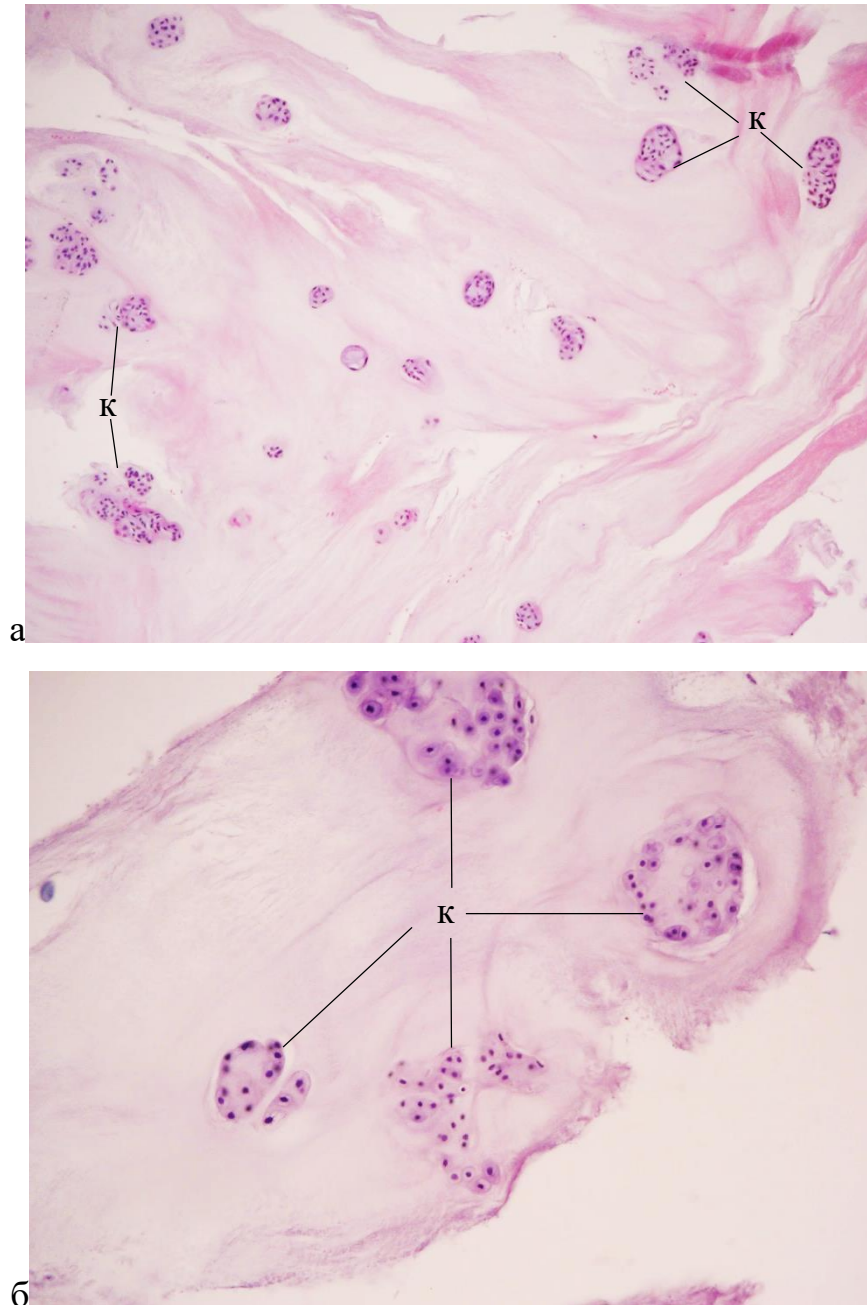


Рисунок 3.2 – Гістологічні зміни хряща у складі грижі міжхребцевого диску, зразки яких оцінено вище бар'єру гістологічного маркеру «індекс кластеризації» та бар'єру інсулінорезистентності:

а – зразок з грижі L5-S1 (НОМА-IR=6,2), б – зразок з грижі L5-S1 (НОМА-IR=10,3).

Примітки: Багатоклітинні кластери хондроцитів, знижена ацидофілія матриксу навколо клітинних груп. Забарвлення гематоксиліном та еозином. Зб. а) 100, б)200.

Розподіл точок розсіювання, які описують перетин між кількістю хондроцитів у кластерах і площею кластера, показано на рис. 3.3.

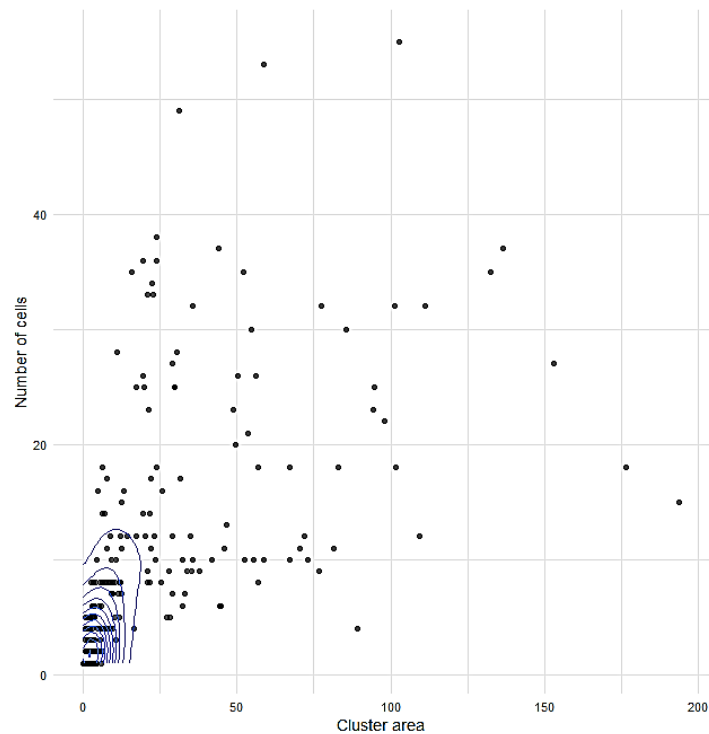


Рисунок 3.3 – Діаграма розсіювання точок, яка показує залежність кількості хондроцитів в ізогенних групах від площі кластерів

Примітки: Контури щільності виділяють область з найбільшою концентрацією точок, що відповідає зразкам з меншим ступенем дистрофічних змін, нижче визначеного порогового значення індексу кластеризації.

У пацієнтів із НОМА-ІР в межах референтних значень ( $<2,7$ ) або менше встановленого бар'єру (2,8-5,5) характер клітинних реакцій хондроцитів у ізогенних групах полягав у формуванні дрібноклітинних кластерів (2-5 клітини, рідше 5-9 клітин), тоді як дуже великі клітинні кластери (15+ клітини) відмічено у випадках НОМА-ІР вище встановленого порогу (5,6-10,2). Великі розміри кластерів і висока щільність хондроцитів в кластерах мали високу кореляцію ( $Rho = 0,83$ ;  $p < 0,001$ ), але не завжди обидва ці показники у одному зразку перевищували медіану для групи. Тобто із збільшенням виявлення кластерів у зразках грижі зростала варіабельність виявленої гістологічної ознаки, яка потенційно може розглядатися як прояв прогресуючої дегенерації хрящової тканини. Тому для уникнення помилок першого роду і підвищення

строгості аналізу ми індексували ці два морфометричні показники через добуток чисел ( $S$  кластера  $\times N$  клітин у кластері) і так досягли усередненого показника. 75% перцентиль ( $Q_3$ ) індексу кластеризації взято за бар'єр для номінального поділу зразків і побудови моделі логістичної регресії (індекс  $\epsilon = 1$ , індексу не має  $= 0$ ).

В результаті операцій над математичними об'єктами було встановлено 9 випадків (34,6%) з 26 з гістологічним маркером вираженої дегенерації хряща з вираженою кластеризацією (3 чоловіки і 6 жінок, критерій  $\chi^2$  не показав достовірної різниці між частотами у чоловіків і жінок,  $p \approx 0,9$ ).

Таким чином, проведене гістологічне дослідження дало підставу розглянути гіпотезу про те, що зразки тканин грижі міжхребцевого диску, які були одержані при хірургічному лікуванні, мають різний ступінь мікроскопічних дегенеративних змін, які мають зв'язок з інсулінорезистентністю і відображають різний ступінь вираження дегенеративних змін хрящової тканини міжхребцевого диска. Ці особливості гістологічних змін зразків грижі можуть змінити погляд на оцінку прогресування дегенерації хрящової тканини. Щоб оцінити асоціацію між вираженістю клітинних реакцій (далі гістологічним маркером) і біохімічними показниками обміну глюкози та статевих гормонів, які впливають на білковий обмін клітин, були проведені додаткові статистичні дослідження із побудовою математичної моделі залежності через ROC-криву.

### **3.3. Дослідження зв'язку між гістологічним маркером хрящової тканини та інсулінорезистентністю у пацієнтів з грижею міжхребцевого диску**

На основі гістологічних досліджень було виявлено характерні клітинні реакції хондроцитів у зразках грижі міжхребцевого диску у вигляді формування багатоклітинних кластерів. Згідно до цієї гістологічної ознаки

випадки було бінарно поділено за наявністю або відсутністю гістологічного маркеру для побудови лінійної регресії (табл. 3.6).

Досліджено зв'язок гістологічного маркеру з індексом інсулінорезистентності (рис. 3.4-3.6, табл. 3.6).

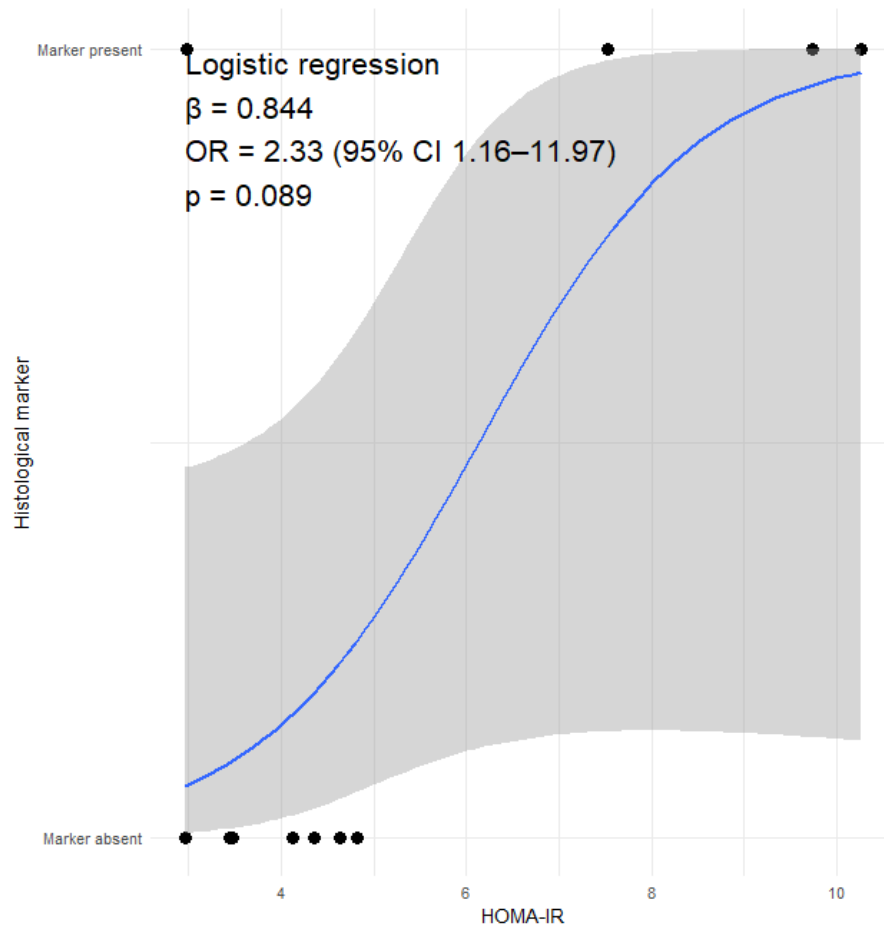


Рисунок 3.4 – Діаграма розсіювання у моделі логістичної регресії із факторів "гістологічний маркер" vs. "НОМА-ІР" у чоловіків (n=12)

Логістичний регресійний аналіз (модель біноміальної логістичної регресії із статі та індексу кластеризації) показав, що підвищення рівня НОМА-ІР у чоловіків асоційовано з тенденцією до збільшення ймовірності виявлення гістологічного маркера (OR=2,33; CI95% 1,16-11,97), так як статистично значущого зв'язку не виявлено ( $\beta=0,84$ ;  $p=0,08$ ). У жінок модель показала подібну тенденцію позитивної асоціації між показником НОМА-ІР і виявленням гістологічного маркера (OR=4,94; CI95% 1,48-40,26) ( $\beta=1,42$ ;

$p=0,06$ ). Слід зазначити, що нижня межа 95% довірчого інтервалу для odds ratio перевищує 1,0, що свідчить про наявність асоціації між досліджуваними змінними. Водночас значення  $p$  логістичної регресії вказує на тенденцію до статистичної значущості.

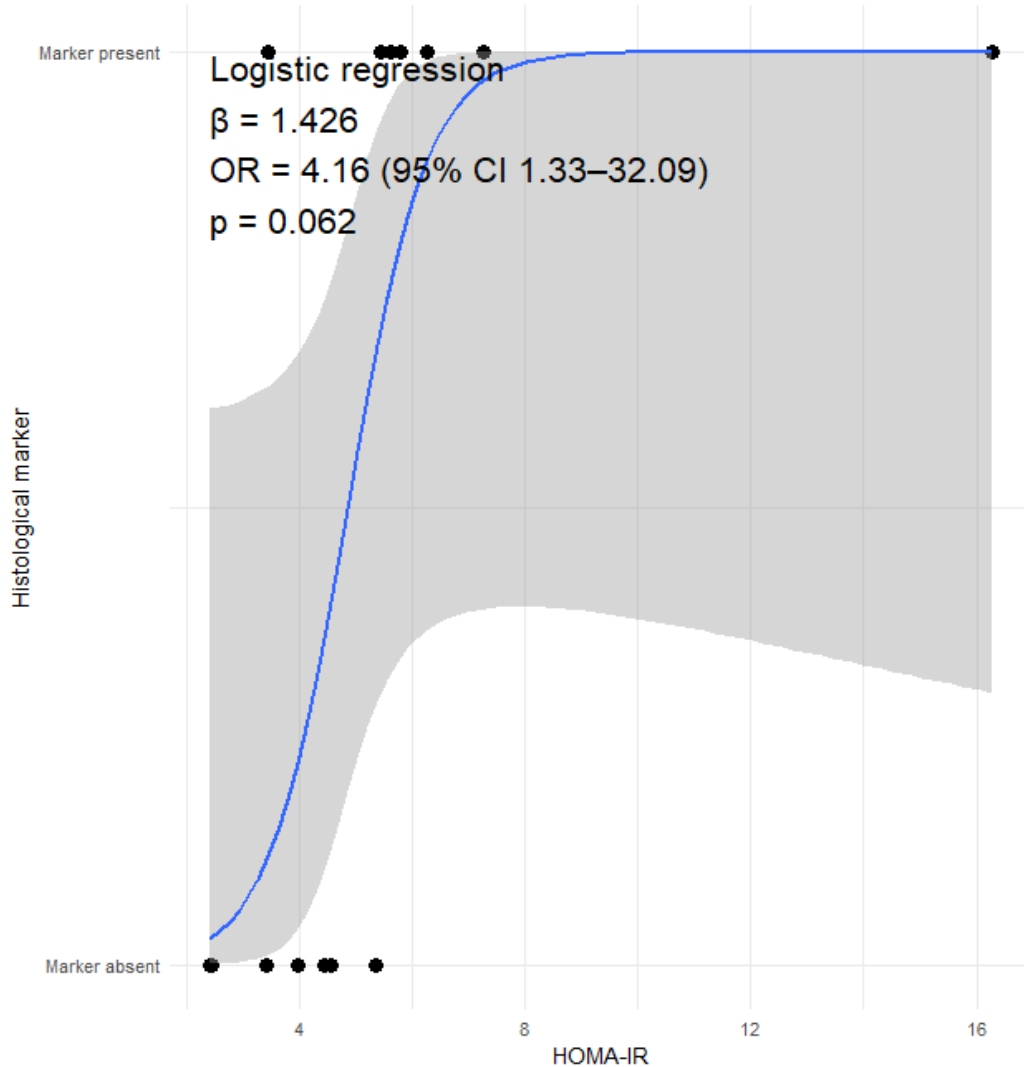


Рисунок 3.5 – Діаграма розсіювання у моделі логістичної регресії із факторів "індекс кластеризації" і "НОМА-IR" у жінок ( $n=14$ ), де маркер – індекс кластеризації

Для загальної вибірки ( $n=26$ ) модель логістичної регресії показала достовірну залежність між фактором НОМА-IR і виявленням гістологічного маркера (OR=3,22; CI95% 1,49-11,52) ( $\beta=1,17$ ;  $p=0,02$ ). За умови розгляду асоціації факторів у лінійній моделі регресії результат показав подібний результат ( $\beta=122,5$ ; 95%CI 17,49-227,2;  $p=0,02$ ), в тому числі для фактору

площі кластерів ( $\beta=5,9$ , 95%CI 2,14-9,66;  $p<0,001$ ) і клітинності кластерів ( $\beta=1,22$ ; 95%CI 0,11-2,34;  $p=0,03$ ).

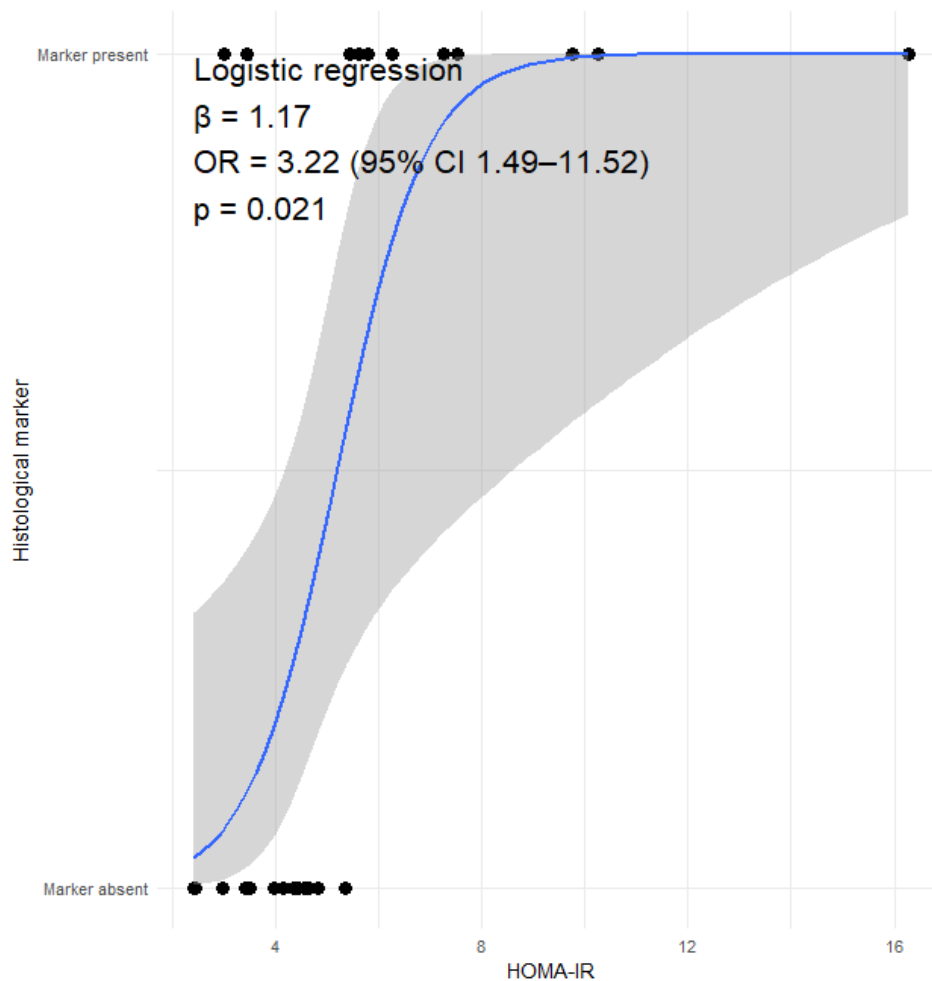


Рисунок 3.6 – Діаграма розсіювання у моделі логістичної регресії із факторів "гістологічний маркер" і "НОМА-ІР" для всієї вибірки ( $n=26$ ), де маркер – індекс кластеризації.

На основі цих результатів можна розглядати ймовірність того, що збільшення показника НОМА-ІР на 1 одиницю гіпотетично асоціюється з підвищенням шансів виявлення гістологічного маркера у 2,3 рази у чоловіків (але потрібні додаткові спостереження з більшою вибіркою), у 4,1 разів у жінок, а при збільшеній кількості спостережень достовірно у 3,2 рази без залежності від фактору статі.

Таблиця 3.6 – Модель логістичної регресії із фактору «гістологічний маркер» і фактору «НОМА-IR»

Модель регресії		Коефіцієнт log-odds	SE	Z	p
НОМА-IR vs. маркер	Y-перетин (intercept)	$\beta_0=-5,17$	2,58	-1,99	0,04
	чоловіки	$\beta=0,84$	0,49	1,70	0,08
	Y-перетин (intercept)	$\beta_0=-6,92$	3,77	-1,83	0,06
	жінки	$\beta=1,42$	0,76	1,86	0,06
	Y-перетин (intercept)	$\beta_0=-6,07$	2,46	-2,46	0,01
	Загальна вибірка	$\beta=1,17$	0,50	2,30	0,02

Моделі логістичної регресії із гістологічного маркера та рівня інсуліну показала, що підвищення рівня інсуліну також асоціюється зі статистично значущим зростанням ймовірності наявності гістологічного маркера в ураженому міжхребцевому диску ( $\beta=0,49$ ; OR=1,63; 95%CI 1,18-2,65;  $p=0,01$ ) (рис. 3.7). Модель лінійної регресії була дуже близькою за значущістю до логістичної моделі: асоціація між показниками статистично значуща ( $\beta=8,39$ ; 95%CI 1,79-14,98;  $p=0,01$ ). Тобто наявність характерної клітинного реакції хондроцитів у ізогенних групах (індекс кластеризації, у моделі маркер=1) асоціюється з вищим середнім рівнем інсуліну на 8,39 одиниці порівняно з відсутністю маркера. Модель пояснювала 22,3% варіабельності показника ( $R^2=0,223$ ). На графіку представлено накладання лінійної та S-кривої для моделі лінійної та логістичної регресії. Лінійна модель відображає середню лінійну тенденцію, тоді як логістична модель демонструє зміну ймовірності наявності гістологічного маркера залежно від рівня інсуліну.

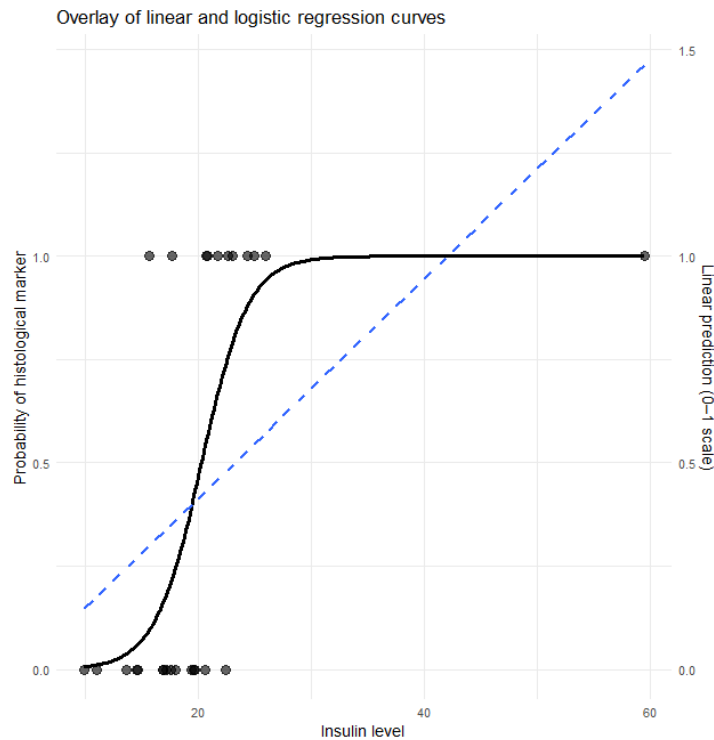


Рисунок 3.7 – Діаграма накладання лінійної та S-кривої моделі лінійної та логістичної регресії із факторів "гістологічний маркер" і "інсулін" (n=26), де маркер – індекс кластеризації.

Підсумовуючи отримані результати зроблено заключення, що підвищений рівень інсуліну може бути асоційованим із більш вираженою клітинною реакцією у вигляді високих значень індексу кластеризації у зразках грижі міжхребцевого диску, що узгоджується з уявленнями про роль метаболічних порушень у дегенеративних змінах хрящової тканини.

Завершальним етапом цього дослідження була побудова ROC-кривої, яка описує якість класифікаційної моделі за наявності досліджуваного у цій роботі фактору «індекс кластеризації». Результат свідчить, що математична модель має високу точність і прогностичну здатність ( $AUC=0,82$ ) і ефективно дихотомічно диференціює пацієнтів з маркером кластеризації від пацієнтів без маркеру (рис.3.8).

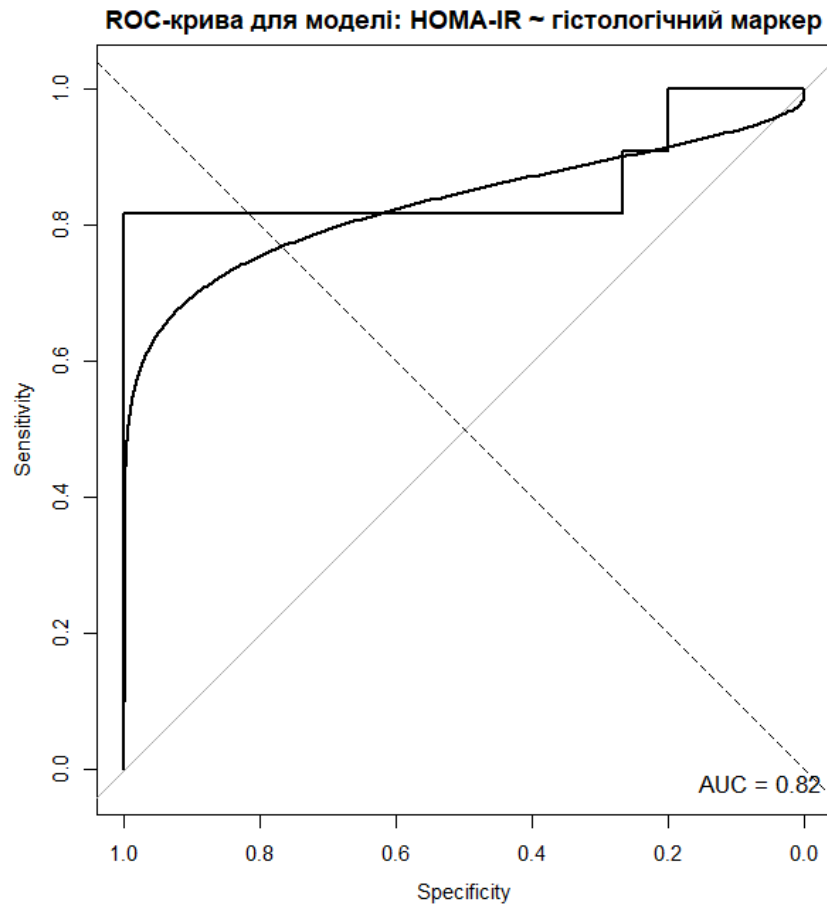


Рисунок 3.8 – ROC-крива моделі асоціації між показником «гістологічний маркер» та «HOMA-IR». Площа під ROC-кривою,  $AUC=0,82$ . Примітки: на графіку накладено реальну криву і згладжену криву, де маркер – індекс кластеризації

Заключним етапом дослідження полягав в оцінці асоціації виявлення гістологічного маркера і рівня статевих гормонів у категорії чоловіків та жінок (табл. 3.7). У таблиці наведено результати логістичної моделі, які вказують на відсутність вірогідного зв'язку між досліджуваним показником та статевими гормонами. У жінок рівень тестостерону ( $OR=1,60$ ;  $CI_{95\%} 0,72-5,33$ ) ( $\beta=0,47$ ;  $p=0,32$ ) і естрадіолу ( $OR=0,99$ ;  $CI_{95\%} 0,98-1,0$ ) ( $\beta=-0,003$ ;  $p=0,57$ ) не мали достовірної асоціації з гістологічним маркером. У чоловіків логістична регресія також не показала достовірної залежності між змінними ( $\beta=-0,31$ ;  $p=0,12$ ), хоча рівень шансу вказував на те, що підвищення рівня тестостерону асоційовано зі зменшенням шансів виявлення гістологічного маркера

(OR=0,73; CI95% 0,40-0,97). Це співпадає з описаними вище результатами, які показали тенденцію зв'язку між інсулінорезистентністю і рівнем загального тестостерону. Тобто, результати не виключають підстави розглядати гіпотезу про те, що зниження рівня тестостерону асоційовано з вищим показником інсулінорезистентності і вищою ймовірністю розвитку змін хрящової тканини міжхребцевого диску, які гістологічно виявляються у виникненні осередків кластеризації хондроцитів.

Таблиця 3.7 – Характеристика логістичної моделі з рівня статевих гормонів і гістологічного фактору з урахуванням фактору статі

Група	Змінні	B	SE	Z	p
Чоловіки (n=10)	Y-перетин (intercept)	4,97	3,62	1,37	0,17
	Тестостерон vs маркер	-0,31	0,20	-1,52	0,12
Жінки (n=16)	Y-перетин (intercept)	-0,96	1,07	-0,89	0,37
	тестостерон vs маркер	0,47	0,47	0,98	0,32
	Y-перетин (intercept)	0,36	0,84	0,43	0,66
	Естрадіол vs маркер	-0,003	0,006	-0,55	0,57

Разом з тим, у категорії жінок встановлено більш сильну асоціацію між інсулінорезистентністю і ймовірністю розвитку морфологічних змін хрящової тканини міжхребцевого диску. Ці результати не є доказом каузального зв'язку, але переконливо свідчать про наявність асоціації, невиключена її мультифакторність.

Далі досліджено роль незалежних предикторів у мультифакторній системі. Результати кореляційного аналізу довели зв'язок між описаним гістологічним показником у дегенеруючому диску (вираженою проліферацією хондроцитів, кластеризацією) і інсулінорезистентністю, рівнем інсуліну. Сила кореляції з інсулінорезистентністю виявилася більшою за силу зв'язку із

фактором віком. При цьому не виявлено залежності між віком та фактором інсулінорезистентності за умов побудови двох моделей кореляційного аналізу – із рядів неперервних даних та бінарної моделі.

Таблиця 3.8 – Кореляція Спірмена між фактором «гістологічний маркер» і факторами «Вік», «НОМА-IR», «Інсулін»

<b>VAR vs. VAR</b>	<b>Rho</b>	<b>p</b>
Вік vs. НОМА-IR <sup>1</sup>	0,16	0,46
Вік vs. НОМА-IR <sup>2</sup>	0,24	0,25
Вік vs, Гістологія	0,41	0,05
НОМА-IR vs, Гістологія	0,78	2,8×10 <sup>-6</sup>
Гістологія vs, Інсулін	0,66	0,0002

Примітка: НОМА-IR<sup>1</sup> – кореляція із двох рядів неперервних даних; НОМА-IR<sup>2</sup> – кореляція із двох рядів бінарно поділених даних (0=молодий+середній вік; 1=похилий вік; 0 – не має інсулінорезистентності; 1 – є інсулінорезистентність)

Для з'ясування ролі фактору віку та інсулінорезистентності як незалежних факторів було побудовано мультиваріантну біноміальну модель логістичної регресії із застосуванням методу Фірта, щоб уникнути квазісепарації у досліджуваній вибірці (Firth's penalized likelihood, 1993) [124]. Результати показали, що вік і інсулінорезистентність є незалежними факторами щодо “гістологічного фактору”, де коефіцієнт моделі для віку  $\beta=2,74$ ,  $OR=15,6(CI95\% 1,24-322)$ ,  $p=0,33$ ), а для НОМА-IR  $\beta=4,64$ ,  $OR=104,4(7,2-1,6\times 10^4)$ ,  $p=9,7\times 10^{-5}$ ). Така модель показала високу достовірність (Likelihood ratio test=19,9 для  $df=2$ ,  $p=4,6\times 10^{-5}$ ) і тому оцінена як адекватна для інтерпретації клінічно значущого результату. Тобто результати вказують на те, що вік та інсулінорезистентність є двома самостійними предикторами нетипової клітинної реакції хондроцитів у дегенеруючому міжхребцевому диску, яка пов'язана з прогресуванням дегенеративних змін у ньому. При цьому інсулінорезистентність виявилася більш сильним предиктором за величиною ефекту ( $OR=104,4$  vs  $15,6$ ).

### Висновки до 3 розділу

1. Результати гістологічного дослідження демонструють, що у дегенеративно зміненій хрящовій тканині виявлені атипові для нормального міжхребцевого диску кластери проліферації і вони достовірно залежить від фактору віку та інсулінорезистентності. Вік і інсулінорезистентність є незалежними предикторами прогресуючих дегенеративних змін, де інсулінорезистентність виявилася більш сильним предиктором за величиною ефекту (OR=104,4 (7,2-1,6×104) vs 15,6 (CI 95% 1,24-322)). Модель залежності виявлених дегенеративних зміни хрящової тканини диску від фактору інсулінорезистентності була рівна AUC=0,82, що відповідає клінічно значущому рівню.

2. Вираженість кластеризації хондроцитів, як потенційної ознаки ступеня дегенерації, не залежала від фактору статі, але саме у жінок асоціація між імовірністю виявлення гістологічного маркера і інсулінорезистентністю є вищою. Встановлення ролі гендерного фактору потребує проведення досліджень на більшій репрезентативній вибірці.

## РОЗДІЛ 4

# КОМПЛЕКСНА ПРОГРАМА ФІЗИЧНОЇ ТЕРАПІЇ ПІСЛЯ УНІЛАТЕРАЛЬНОЇ БІПОРТАЛЬНОЇ ЕНДОСКОПІЧНОЇ ДИСКЕКТОМІЇ

### **4.1 Реабілітація після дискектомії на поперековому рівні: аналіз сучасної доказової бази**

Перед розробленням програми фізичної терапії було проведено метааналіз сучасних наукових досліджень, присвячених післяопераційній реабілітації пацієнтів після хірургічного лікування грижі міжхребцевого диска поперекового відділу хребта. Аналіз включав дослідження, що оцінювали клінічну ефективність різних підходів до фізичної терапії, зокрема її терміни, інтенсивність, структуру програм та довготривалі результати.

У пілотному дослідженні LeBlanc та співавт. (2021) було проведено порівняння ефективності раннього та пізнього початку призначення фізичних вправ у пацієнтів після UBED [77]. У дослідженні взяли участь 40 осіб, яких було розподілено на дві групи: з раннім (група 1) та пізнім (група 2) початком втручання. Оцінювання проводили за допомогою індексу Освестрі, тесту ходьби на 50 футів та вимірювання нейродинамічної рухливості. Результати показали, що в обох групах спостерігалось значне зниження рівня болю в попереку, зменшення страху перед рухом, а також покращення нейродинамічної рухливості та функціонального стану вже через 4–8 тижнів після втручання. Проте статистично значущої різниці між групами виявлено не було. Рівень доказовості результатів оцінено як четвертий, згідно з системою GRADE [77].

Таблиця 4.1 – Мета-аналіз досліджень, присвячених ефективності застосування програм реабілітації після дискетомії (мікродискектомії)

Автор(и), рік	Ключове питання	Методи	Основні результати
LeBlanc et al., 2021[77]	Порівняння раннього та пізнього початку вправ після унілатеральної мікродискектомії	40 пацієнтів розподілено на: групу раннього (група 1) або пізнього (група 2) втручання з призначенням фізичних вправ. Методи оцінки: ODI, Dualer Pro IQ, тест ходьби на 50 футів	Обидві групи показали значне зниження рівня болю в попереку та уникнення страху, а також значне поліпшення нейродинамічної рухливості та функції через 4 та 8 тижнів після операції. Однак про суттєву різницю між двома групами не повідомлялося.
Kulig et al., 2009 [75]	Ефективність інтенсивної програми вправ з навчанням після мікродискектомії	98 пацієнтів, 12-тижнева програма, Методи оцінки: ODI, функціональні тести	В аналізі двох груп комплексне застосування фізичних вправ та навчання призвело до більшого покращення показників ODI та збільшення дистанції ходи у порівнянні лише з вправами.
Coronado et al., 2020 [28]	Фізична активність у післяопераційний період (6 тижнів – 6 міс)	53 пацієнта Методи оцінки: ODI, SF-12, TUG, тест ходьби	Покращення функції за показниками, але без зміни активності за крокоміром. Значні покращення спостерігалися за ODI, SF-12, TUG, при цьому від 43 до 68% і від 62 до 87% досягли клінічно значущих поліпшень за цими показниками через 3 та 6 місяців, відповідно.
Erdogmus et al., 2007 [39]	Оцінка ефективності кінезотерапії після дискектомії	120 пацієнтів, 3 групи: терапія, фіктивна терапія, без втручання Методи оцінки: оцінка болю в нижній частині спини (LBPRS) через 6 та 12 тижнів та через 1,5 роки після рандомізації.	Покращення в групі кінезотерапії, без значущих різниць у віддалених результатах. LBPRS показав достовірно значуще покращення в групі кінезотерапії, ніж у групі без лікування. Була тенденція до значущості між групою з «фіктивною терапією» та відсутністю терапії протягом спостереження 1,5 років за оціночними шкалами LBPRS, які залишалися значно кращими порівняно з вихідним рівнем, але

			суттєвих відмінностей у наслідках не було.
Özden Koçyiğit, 2024 [99]	Ефективність ранньої реабілітації (1–4 тиждень) після операцій на поперековому відділі хребта	Систематичний огляд і метааналіз 11 RCT (n=749)	Основні результати показали, що рання реабілітація (1–4 тиждень після операції) достовірно знижувала інтенсивність болю в коротко- (до 3 міс.) та середньостроковому (до 6 міс.) періодах (SMD $\approx$ $-0.34$ – $-0.35$ ). Також спостерігалось покращення функціонального стану (SMD $\approx$ $-0.62$ ) у короткотерміновій перспективі.
Manniche et al., 1995 [87]	Які елементи навантажень найефективніші після першої операції на поперековому диску	Проведений аналіз 8 статей, які включали обстеження 555 пацієнтів з болем у попереку після першої операції.	За висновком, післяопераційна реабілітація повинна включати інтенсивне тренування м'язів спини, яке, як було показано, корисне для постуральної корекції та відновлення функціонального дефіциту. Програми вправ, зазвичай, не викликають побічних ефектів. Що стосується пацієнтів з хронічними болями в спині, які перенесли або не перенесли операцію на поперековому відділі в анамнезі, вирішальне значення мають вправи з тренувальними періодами тривалістю не менше 12-16 сеансів. Вправи повинні бути динамічними і всебічно задіяти м'язовий апарат.
Ahn Y. et al., 2025 [5]	Огляд фокусувався на явищі зворотного болю (rebound pain) у 10% пацієнтів після TELD, який тривав 2–3 тижні, але закінчувався без наслідків.	Оглядовий опис був проведений на основі комплексного пошуку літератури в базі даних MEDLINE, доповненого клінічним досвідом автора.	Автори рекомендують інтеграцію ранньої мобілізації та постопераційних протоколів реабілітації для мінімізації симптомів.

Manni, T., Ferri et al., 2023 [86]		Систематичний огляд, до якого включено 45 РКД з 3036 пацієнтів, відповідно до розглянутої популяції: поперековий стеноз (1 дослідження), спондилолітез (3 дослідження) та грижа диска (41 дослідження).	При грижі диска контрольовані вправи кращі, ніж вправи без нагляду, для зменшення болю (MD -1,14; 95% ДІ -1,65, -0,62; 5 досліджень, n=250) та інвалідності (SMD -0,70; 95% ДІ -1,14, -0,26; 4 дослідження, n = 175). Контрольовані вправи кращі за рекомендації щодо зменшення болю (SMD -0,91; 95% ДІ -1,61, -0,21; 5 випробувань, n = 341) та інвалідності (SMD -0,80; 95% ДІ -1,59, -0,01; 4 випробування, n = 261) у короткостроковій перспективі. Контрольовані вправи еквівалентні відсутності лікування у зменшенні болю та інвалідності через 3 та 6 місяців після втручання (2 випробування, n=166). Рандомізовані контрольовані дослідження щодо стенозу хребтового каналу поперекового відділу хребта та спондилолітезу поперекового відділу хребта все ще є недостатніми.
--	--	--	--

У рандомізованому дослідженні Erdogmus et al. (2007) було оцінено ефективність 12-тижневої програми кінезотерапії, розпочатої з першого тижня після поперекової дискетомії. Участь взяли 120 пацієнтів, розподілених на три групи: «кінезотерапії», «фіктивного» масажу та без лікування. Основне покращення спостерігалось в групі кінезотерапії за шкалою болю (LBPRS) після 12 тижнів. Через 1,5 року достовірної різниці між групами за вторинними показниками (задоволеність, соціально-психологічні фактори) не виявлено.

У систематичному огляді та метааналізі Özden і Koçuyigit (2024) було проаналізовано ефективність ранньої реабілітації після операцій на поперековому відділі хребта. Дослідники включили 11 рандомізованих контрольованих досліджень із загальною вибіркою 749 пацієнтів. Основні

результати показали, що рання реабілітація (1 – 4 тижень після операції) достовірно знижувала інтенсивність болю в коротко- (до 3 міс.) та середньостроковому (до 6 міс.) періодах ( $SMD \approx -0.34 - 0.35$ ). Також спостерігалось покращення функціонального стану ( $SMD \approx -0.62$ ) у короткостроковій перспективі. Програми, що включали індивідуальні вправи, освітні компоненти та психоемоційну підтримку, мали кращі результати. Побічні ефекти або ускладнення не фіксувались.

У мета-аналізі Manniche C. (1995) було проаналізовано 8 досліджень, що включали 555 пацієнтів з болем у попереку після першої операції на поперековому міжхребцевому диску. Більше 50% пацієнтів навіть після хірургічного втручання продовжували страждати від болю, ішіасу та функціональних порушень. В 3-х рандомізованих дослідженнях було порівняно різні реабілітаційні тренувальні програми з метою визначити, які з них є найбільш ефективними. Інтенсивні фізичні тренування, зокрема спрямовані на укріплення м'язів спини, мають найкращий вплив на зменшення болю та обмеження активності після операцій. Такі програми безпечні, не викликають суттєвих побічних ефектів. Для досягнення стійкого ефекту реабілітаційна програма повинна включати 12–16 і більше сеансів і бути високооб'ємною та динамічною, з широким залученням м'язового апарату.

В огляді Ahn Y. (2025) зазначається, що післяопераційний біль після трансфрамінальної ендоскопічної поперекової дискотомії є тимчасовим, але важливим фактором, що впливає на реабілітацію та задоволеність пацієнтів. Його ефективне профілактичне та терапевтичне ведення - включаючи декомпресію, мультимодальну аналгезію та структуровану реабілітацію сприяє швидшому відновленню пацієнтів.

Систематичний огляд Manni та Ferri (2023), який охопив 45 рандомізованих контрольованих досліджень з 3036 пацієнтами, показав, що у випадку поперекової грижі диска контрольовані (супроводжувані фахівцем) вправи ефективніші за самостійні або лише рекомендаційні втручання для короткострокового зменшення болю та якості життя ( $MD -1,14$ ; 95% ДІ  $-1,65$ ,

-0,62; 5 досліджень,  $n = 250$ ; та інвалідності (SMD -0,70; 95% ДІ -1,14, -0,26; 4 дослідження,  $n = 175$ ). Проте через 3 – 6 місяців ефективність контрольованих вправ зрівнюється з відсутністю лікування. Даних щодо стенозу та спондилолістезу недостатньо, що вказує на потребу в подальших дослідженнях у цих підгрупах.

Таким чином, результати підтверджують важливість структурованої та інтенсивної післяопераційної реабілітації для покращення функціонального стану та якості життя пацієнтів. Клінічні дослідження підтверджують доцільність раннього початку реабілітації (на 1–4 тижні після втручання), що асоціюється з достовірним зниженням больового синдрому, покращенням нейродинаміки, функціонального стану та якості життя. Найвищу ефективність демонструють комплексні програми, що поєднують активні фізичні вправи з контрольованим супроводом, психоемоційною підтримкою та індивідуалізацією навантажень. Водночас, як свідчать дані Manniche S., відсутність або недостатній обсяг реабілітаційного втручання призводять до ризику хронізації болю, стійких функціональних обмежень і втрати працездатності у значної частини пацієнтів.

З урахуванням тенденції до впровадження малоінвазивних хірургічних методів, зокрема унілатеральної біпортальної ендоскопічної дискектомії (UBE), яка забезпечує меншу інтраопераційну травматизацію, коротший термін госпіталізації, виникає об'єктивна потреба у розробці та впровадженні спеціалізованої програми фізичної терапії саме для пацієнтів після ендоскопічних втручань на хребті. Така програма має враховувати клінічну специфіку методу, потенціал до раннього навантаження та сучасні підходи до біопсихосоціальної моделі відновлення пацієнта.

Визначені критерії стали концептуальною основою для розробки авторської програми фізичної терапії, спрямованої на покращення відновлення функцій хребта, зменшення болю та підвищення якості життя пацієнтів після ендоскопічної дискектомії.

## **4.2 Алгоритм побудови програми фізичної терапії для пацієнтів після унілатеральної біпортальної ендоскопічної дискектомії**

*ERAS-принципи як підґрунтя базової програми реабілітаційних втручань для пацієнтів після ендоскопічної мікродискектомії поперекового відділу*

З урахуванням сучасних тенденцій до впровадження малоінвазивних хірургічних втручань на хребті, зокрема унілатеральної ендоскопічної дискектомії (UBED), зростає потреба в структурованих програмах фізичної терапії, які відповідали б принципам ERAS (Enhanced Recovery After Surgery). У контексті таких втручань доведено доцільність ранньої мобілізації, ефективного мультимодального контролю болю та активної участі пацієнта у відновленні.

Розроблена програма фізичної терапії була побудована на сучасних принципах концепції, що включають мінімізацію стресової відповіді організму на хірургічне втручання, ранню активізацію пацієнтів, ефективний контроль больового синдрому без надмірної седації, а також забезпечення активної участі пацієнта в процесі відновлення. Крім того, програма інтегрує положення біопсихосоціальної моделі, зокрема врахування психоемоційного стану пацієнта, рівня тривожності, страху руху (кінофобії), підтримку самоефективності та мотивації. Обов'язковим компонентом є освітній супровід на всіх етапах реабілітації. Програма має високий ступінь індивідуалізації, адаптуючись до віку, соматичного статусу, локалізації хірургічного втручання, функціональних можливостей пацієнта та наявності супутніх ускладнень (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Уніфікований протокол ведення пацієнтів після виконання ендоскопічної дискектомії на поперековому рівні (з урахуванням принципів ERAS та біопсихосоціального підходу)

Період	Варіант відвідування занять	SMART - цілі	Ключові аспекти реабілітаційних втручань	Обмеження
Ранній післяопераційний період (1–14 день)	Стационар (1–3 день) /амбулаторно (3-14день)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Забезпечити початкову адаптацію організму до рухової активності після хірургічного втручання без загострення больового синдрому.</li> <li>2. Досягти виконання 4–6 простих вправ на день з нижніх кінцівок та тулуба, 1–2 рази на добу, без посилення болю (оцінка за ВАШ <math>\leq</math> 3/10).</li> <li>3. Зменшення ризику гіподинамії, підтримка кровообігу та підготовка до наступного етапу активної реабілітації.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Прогулянки 3–15 хв 2–3 рази на день</li> <li>⇒ Початок вправ для активації m. transversus abdominis, m. multifidus</li> <li>⇒ Вправи для стоп</li> <li>⇒ Вправи на нейростимуляцію сідничого нерва для зменшення нейродинамічного болю (нейрослайдинг / нейротензія.)</li> </ul>	Слід уникати активних рухів в попереку (нахилів, поворотів, різких рухів). Протягом 30 днів не виконувати вправи з інтенсивним навантаженням на попереки.
Пізній післяопераційний період (2-6 тиждень)	Амбулаторно	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Відновити базову рухливість, зменшити біль і тривожність, сформувати навички правильної пози та рухових стереотипів.</li> <li>2. Виконання 3–4 ізометричних вправ на стабілізацію та розслаблення впродовж 2 щоденних сесій.</li> <li>3. Зменшення інтенсивності болю на <math>\geq 2</math> бали за ВАШ.</li> <li>4. Формування основи для подальшої фізичної активності, зниження ризику ускладнень та страху руху (кінофобії).</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Ізометричні вправи на стабілізацію м'язів кору</li> <li>⇒ Легка ходьба (10–20 хв 2х/день)</li> <li>⇒ Вправи на постуральний баланс та контроль положення тіла</li> <li>⇒ Інструктаж щодо ергономіки, профілактики рецидивів</li> </ul>	Слід уникати активних рухів в попереку (нахилів, поворотів, різких рухів). Протягом 30 днів не виконувати вправи з інтенсивним навантаженням на попереки.
Відновний період (7-16 тиждень)	Вільний	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Відновлення функціональної активності хребта, покращення гнучкості та початок аеробної активності.</li> <li>2. Відновлення нейром'язового контролю стабілізаторів попереку.</li> <li>3. Повне функціональне відновлення, повернення до роботи та спорту, профілактика рецидивів.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Прогресія стабілізаційних вправ у закритому та відкритому кінетичних ланцюгах</li> <li>⇒ Повноцінна участь у життєвій активності</li> <li>⇒ Аеробне навантаження (велотренажер, ходьба, басейн)</li> </ul>	Через 6–12 тижнів — повернення до легких обов'язків, якщо є така можливість (без підйому >5 кг) Через 12–14 тижнів — повернення до повного обсягу обов'язків, але без підйому >11 кг

*Ранній післяопераційний період (0-14 день після операції)*

Після виписки з лікарні можливе незначне відчуття болю в зоні операції. У домашніх умовах пацієнт може виконувати тільки ті вправи, які не викликають дискомфорту. Якщо після вправ біль посилюється, рекомендовано відкласти фізичну активність на 1-2 тижні.

*Основні правила раннього відновлення*

- *Обмеження сидіння* (у перші дні після операції не більше 10-15 хвилин за один раз. Час сидіння збільшується поступово, за умови відсутності болю в спині та ногах.
- Краще виконувати вправи на ліжку або кушетці. Якщо поверхня м'яка, можна використовувати каремат для жорсткості.
- *Фізична активність (до зняття швів (7 днів))* - слід уникати активних рухів попереком (нахилів, поворотів, різких рухів). Протягом 30 днів не виконувати вправи з інтенсивним навантаженням на попереk.
- *Послідовність виконання вправ.* Починати з дистальних сегментів: Стопи → колінні суглоби → кульшові суглоби. Вправи для тулуба – в останню чергу.
- Вправи не повинні викликати біль. Якщо з'являється дискомфорт – треба скоригувати інтенсивність.

*Кількість вправ:* за одне заняття – не більше 4-10 вправ.

*Частота занять:* 1-2 рази на день, за умови відсутності болю та дискомфорту.

*Корсет рекомендовано носити* в післяопераційному періоді протягом 2-4 тижнів у таких випадках:

- якщо потрібно сидіти більше 30 хвилин;
- під час тривалих прогулянок;
- при фізичній активності, пов'язаній із підняттям важких предметів.

*Особливості вертикалізації пацієнта після ендоскопічної мікродискектомії*

Підйом у вертикальне положення після ендоскопічної дискектомії можливий орієнтовно через 1,5 – 2 години після завершення хірургічного втручання (рис. 4.1).

Рекомендовано здійснювати підйом з положення лежачи на животі з акцентом опори на неуражену (здорову) нижню кінцівку. Спочатку пацієнт опускає випрямлену ногу на підлогу, після чого – протилежну. Спираючись на обидві нижні кінцівки та виконуючи поштовх руками від поверхні ліжка, пацієнт плавно переходить у вертикальне положення. Такий алгоритм мінімізує ризик надмірного навантаження на прооперовану ділянку поперекового відділу хребта та сприяє безпечній активації в ранньому післяопераційному періоді.

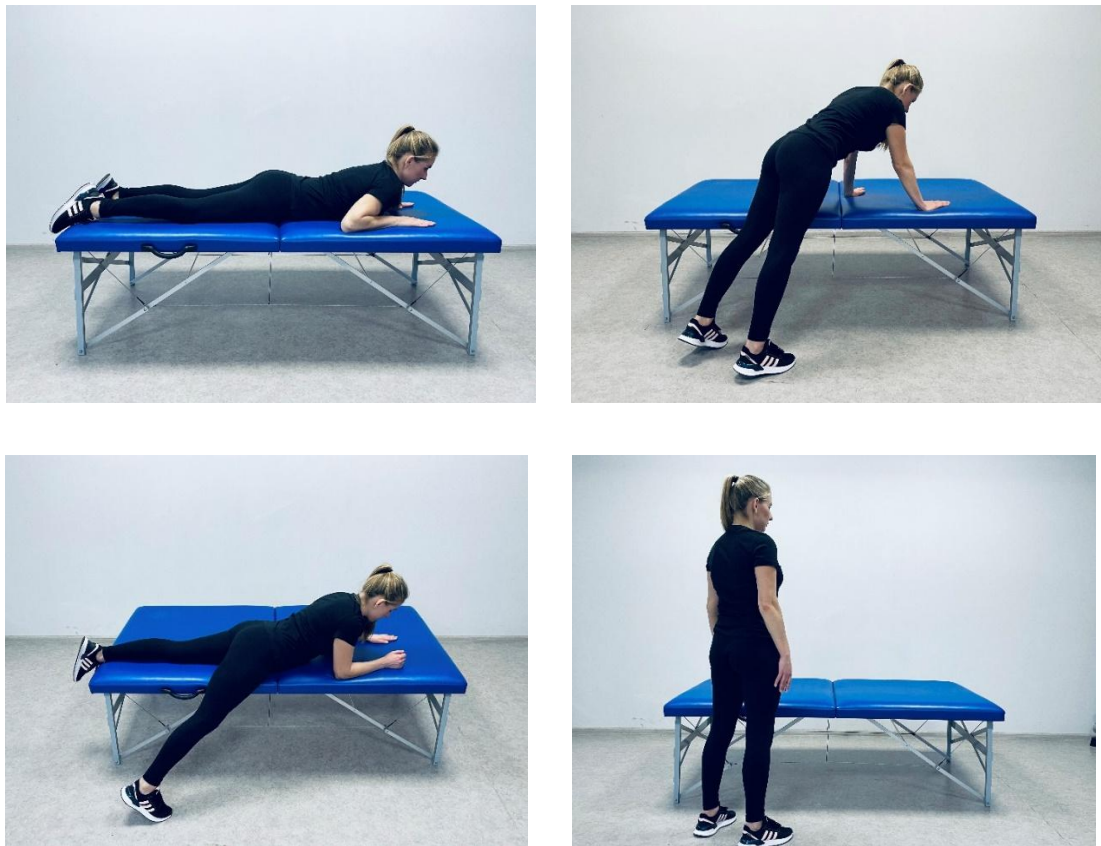
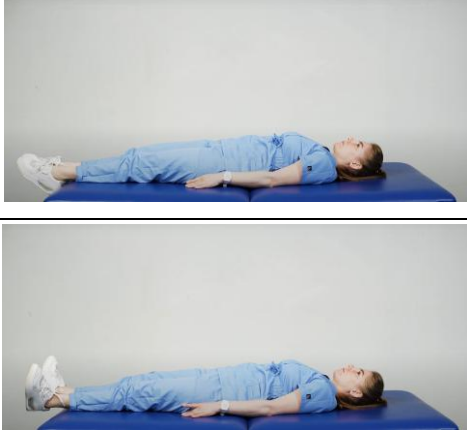






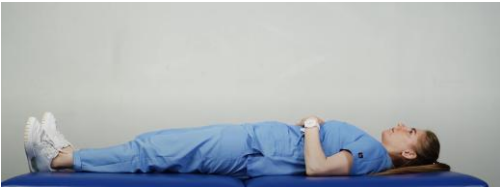


Рисунок 4.1 – Методика вертикалізації пацієнта після операції






Важливо – під час підйому спини не прогинати, починайте підйом тільки в тому випадку, якщо ви відчуваєте, що немає рухових та чутливих розладів у кінцівках. У разі слабкості необхідно попросити реабілітолога або лікаря підстрахувати. Підніматися з ліжка протягом перших 2-х тижнів після операції бажано з положення лежачи на животі.

Приблизний комплекс вправ раннього післяопераційного періоду представлений в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Комплекс вправ раннього післяопераційного періоду (0-14 день після операції)

№	Зміст	Техніка виконання
1	<p>Вихідне положення (В.П.):            Лежачи на спині. Ноги рівно. Руки розташовані вздовж тіла. Виконати тильно-підшовене згинання стоп (рух стопи вперед і назад, як при натисканні на педаль) – протягом 1 хвилини. Виконати кругові рухи стопами в обох напрямках – протягом 1 хвилини.</p> <p><i>Користь вправи: Покращує кровообіг у нижніх кінцівках. Зменшує ризик тромбозів після операції. Готує м'язи до подальшої реабілітації.</i></p>	
2	<p>Вихідне положення (В.П.):            Лежачи на спині. Ноги рівно. Руки вздовж тіла. Почергово згинайте одну ногу в колінному суглобі, при цьому п'ятка повинна ковзати по кушетці. Поверніться у вихідне положення. Повторіть те ж саме з іншою ногою. По 3-5 разів на кожну ногу.</p> <p><i>Користь вправи: Покращує рухливість колінного суглоба. Підсилює кровообіг у ногах. Легко виконується без навантаження на попереk.</i></p>	
3		

	<p>Вихідне положення (В.П.):          Лежачи на спині. Руки вздовж тіла. Обидві ноги зігнуті в колінах, стопи стоять на кушетці. Розігніть ліву ногу в колінному суглобі, витягаючи її вперед. Носок стопи натягніть на себе (відчуєте легке натягнення підколінних м'язів). Виконуйте рух у комфортній амплітуді, без сильного дискомфорту. Поверніть ногу у вихідне положення. Повторіть вправу для правої ноги.</p> <p>Кількість повторень: 3-5 разів на кожному ногу. <i>Користь вправи: спрямована на нейростимуляцію сідничого нерва для зменшення нейродинамічного болю (нейрослайдинг)</i></p>	
4	<p>Вихідне положення (В.П.):          Лежачи на спині. Ноги зігнуті в колінах. М'який м'яч (або подушку) розмістіть між колінами. Руки вздовж тіла. На видиху втягніть живіт та стисніть м'яч між колінами. Відчуйте напруження глибоких м'язів тулуба та привідних м'язів стегна. Затримайте положення на 5 секунд. Розслабтесь та відпочиньте 5 секунд. Повторіть вправу. Кількість повторень: 3-5 разів.</p> <p><i>Користь вправи: Активізує глибокі м'язи тулуба (корсетні м'язи).</i></p>	
5	<p>Вихідне положення (В.П.): Лежачи на спині. Ноги випрямлені. Руки розташовані на животі. Повільно стисніть сідничні м'язи, утримуючи напругу 1-2 секунди. Розслабтесь. Повторіть рух у комфортному для вас темпі.</p> <p>Кількість повторень: 10-15 разів.</p> <p><i>Користь вправи: Покращує кровообіг у тазовій ділянці. Активує сідничні м'язи, що важливо для стабілізації попереку. Допомагає уникнути атрофії м'язів після операції.</i></p>	 
6		

	<p>Вихідне положення (В.П.):          Лежачи на спині Ноги зігнуті в колінах. Еластична стрічка (фітнес-резинка) зафіксована навколо колін.          Повільно розведіть коліна в сторони, натягуючи еластичну стрічку. Утримуйте напруження 1-2 секунди у крайній точці. Поверніться у вихідне положення контрольованим рухом. Повторіть вправу.          Кількість повторень: 5-10 разів.  <i>Користь вправи: Зміцнює м'язи стегон і сідниць. Покращує стабільність тазу. Сприяє відновленню м'язового балансу після операції.</i></p>	
7	<p>Вихідне положення (В.П.): Лежачи на спині Ноги зігнуті в колінах. Руки підняті догори          Потягніться лівою рукою вгору, плавно відриваючи лопатку від кушетки. Поверніться у вихідне положення. Повторіть те саме правою рукою. Якщо відчуття комфортні, на видиху спробуйте одночасно відірвати обидві лопатки від кушетки і потягнутися обома руками вгору. Утримуйте положення 2-3 секунди. Поверніться у вихідне положення, розслабтеся 5 секунд.          Повторіть вправу.          Кількість повторень: 5-10 разів.  <i>Користь вправи: Покращує рухливість верхнього відділу спини. Активізує м'язи плечового поясу та верхньої частини тулуба. Сприяє покращенню постави.</i></p>	 
8	<p>Вихідне положення (В.П.): Лежачи на спині Ноги випрямлені. Руки розташовані вздовж тіла.          На видиху витягніться за правою п'яткою, плавно тягнучись ногою вниз. Стежте, щоб таз залишався нерухомим, а протилежна нога не піднімалася. Утримуйте положення 1-2 секунди. Розслабтеся 5 секунд. Повторіть вправу для лівої ноги.          Кількість повторень: 3-5 разів на кожен ногу.  <i>Користь вправи: Покращує рухливість кульшового суглоба. Зміцнює м'язи попереку та тазу. Допомагає зберігати стабільність хребта</i></p>	 

*Консультація з фізичним терапевтом щодо мобільності в домашніх умовах та профілактики ускладнень.*

Перед випискою з лікарні проводилось консультування пацієнта фізичним терапевтом щодо мобільності, правил та застережень щодо рухової активності.

- У н/о періоді варто обмежити: підняття важких речей (перший місяць - до 2 кг, надалі до 5-8 кг), нахили вперед та в сторони, скручування терміном на 30 днів.
- За кермом дозволено їздити з 14-21 дня на невеликі відстані, через місяць після операції – без обмежень.
- До 2-х місяців не рекомендовано відвідувати тренажерний зал самостійно, лише під наглядом реабілітолога та з виконанням спеціальних вправ
- Статеве життя можна відновлювати з 3-го дня пасивно, активно - допускаються з 14-го дня.



Рисунок 4.2 – Правильна техніка



Рисунок 4.3 – Неправильна техніка

З метою зниження ризику рецидиву міжхребцевої грижі та мінімізації осьового навантаження на поперековий відділ хребта пацієнтам було рекомендовано дотримуватись коректної техніки біомеханіки при підйомі вантажів. Підняття повинно здійснюватися за умов активованого м'язового

корсету, з прямою спиною та симетричним розподілом навантаження на нижні кінцівки (рис. 4.1- 4.2). У пацієнтів з високим рівнем фізичної активності додатково було рекомендовано використання ортопедичного поперекового корсету для профілактики надмірного навантаження та повторного формування грижі диску.

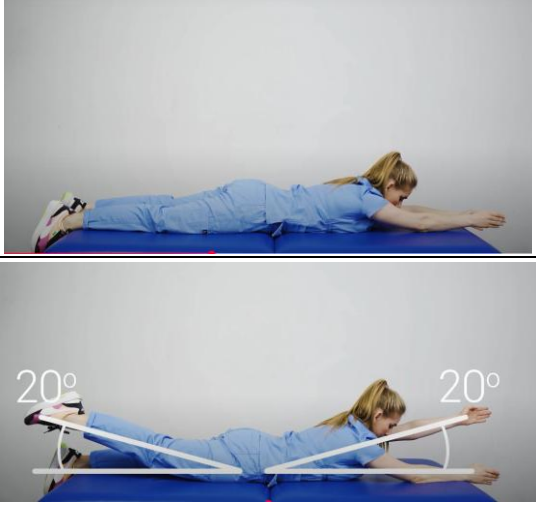
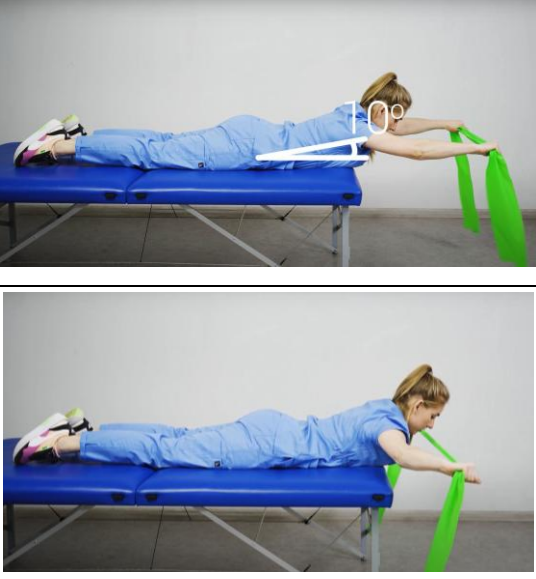

### **Пізній післяопераційний період (2-6 тиждень після операції)**


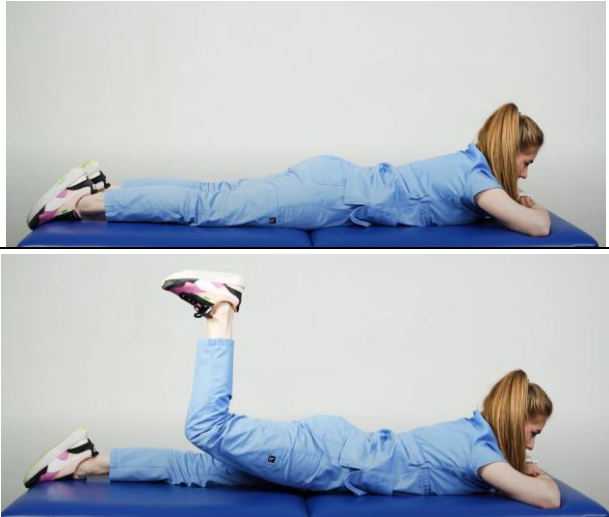


*Рекомендовані втручання:*

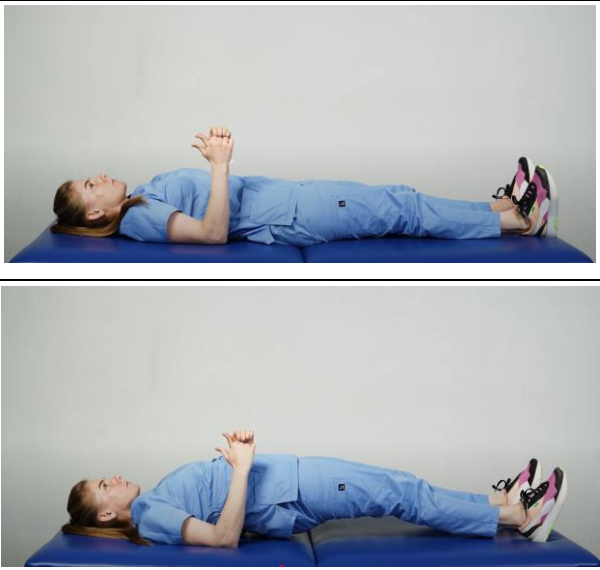
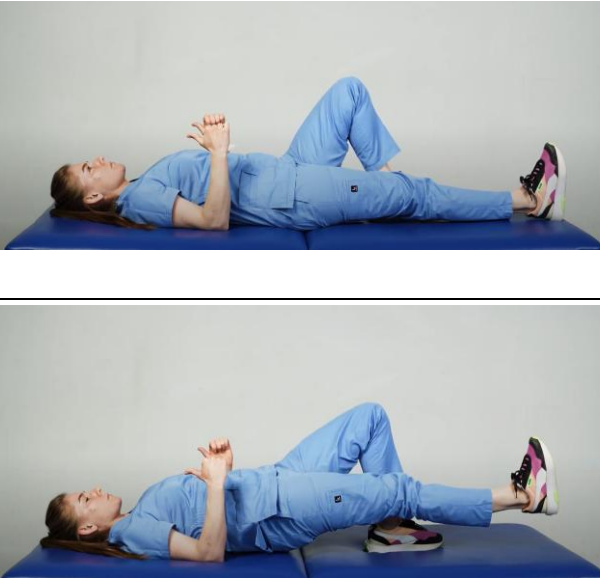
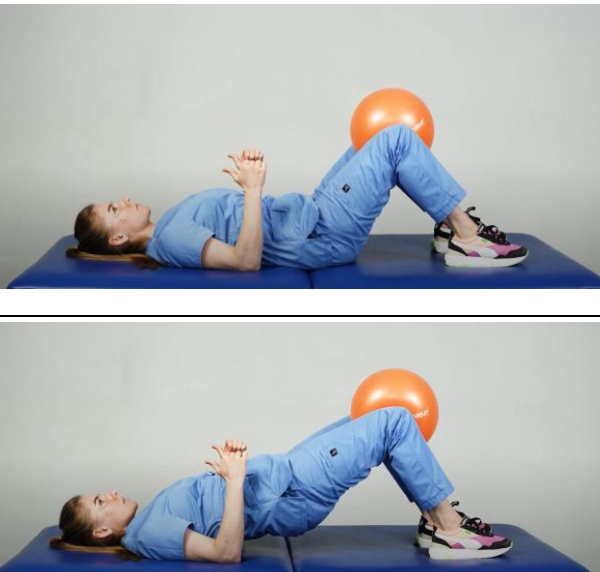
- Прогулянки без обмежень, за умови комфортного самопочуття.
- Сидіти дозволяється з першого дня після операції під час їжі та відвідування туалету (протягом 10 днів), а потім можна збільшити перебування сидячи, починаючи від 15-20 хвилин.
- З 4-го тижня можна відвідувати басейн.
- Підняття ваги до 2-4 кг – поступово, без різких рухів.
- Розширення фізичних вправ після зняття швів. Перехід до більш складних вправ для зміцнення м'язів кору (*core* – м'язи-стабілізатори хребта та тазу). Виконання вправ на мобілізацію хребта.
- Вправи не повинні викликати біль – якщо відчуваєте дискомфорт, зменшіть амплітуду або інтенсивність.
- Кількість вправ за одне заняття – 10-15.
- Частота самостійних занять – 1-2 рази на день.

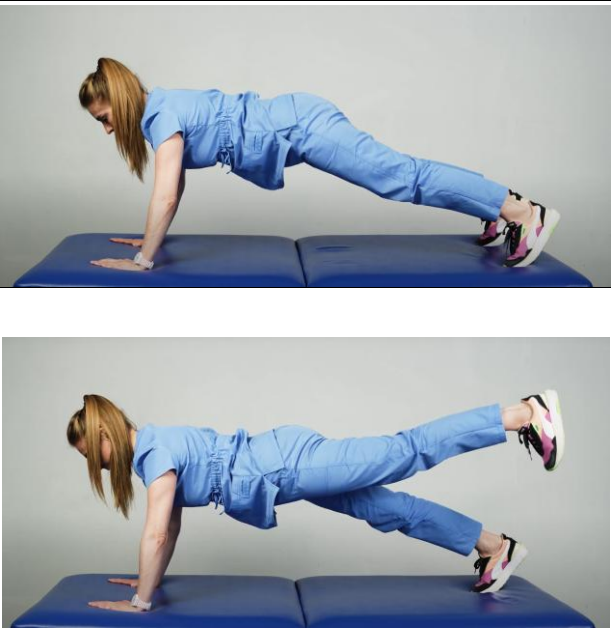

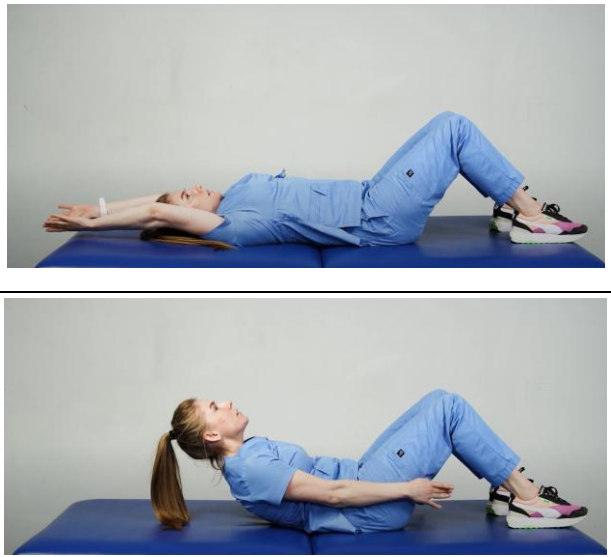
На цьому етапі важливо не перевантажувати хребет, тому дотримуйтеся поступового збільшення активності.

Таблиця 4.4 – Комплекс вправ на пізньому післяопераційному періоді (2-6 тиждень після операції)

№	Зміст	Техніка виконання
1	<p>Вихідне положення (В.П.): Лежачи на животі            Руки витягнуті перед собою.            Одночасно відведіть назад і підніміть вгору на 20 градусів ліву ногу та праву руку. Основна мета – витягнутися по діагоналі, а не високо піднімати кінцівки. Поверніться у вихідне положення. Повторіть те саме для протилежної сторони (права нога + ліва рука).            Кількість повторень: 5-10 разів на кожную сторону.  <i>Користь вправи:</i> Покращує координацію та баланс м'язів хребта. Активізує глибокі стабілізуючі м'язи спини та кору. Підвищує гнучкість та мобільність хребта.</p>	
2	<p>Вихідне положення (В.П.): Лежачи на животі            Руки витягнуті перед собою, тримаючи еластичний еспандер. Підніміть корпус на 10 градусів вгору, не напружуючи поперек. Одночасно розведіть руки в сторони, натягуючи стрічку. Руки повинні залишатися прямими, не згинаючи в ліктях. Плавно поверніться у вихідне положення. Повторіть вправу.            Кількість повторень: 10-15 разів.  <i>Користь вправи:</i> Зміцнює верхню частину спини та плечовий пояс. Покращує поставу та стабільність лопаток. Підвищує мобільність грудного відділу хребта.</p>	
3		

	<p>Вихідне положення (В.П.): Стоячи на чотирьох точках опори (коліна та кисті на підлозі). Спина пряма, живіт підтягнутий. Одночасно відведіть назад і підніміть вгору ліву ногу та праву руку, витягаючись по діагоналі. Стежте, щоб рух був плавним і контрольованим, без прогину в попереку. Рука та нога піднімаються не високо, головне – витягнутися по діагоналі. Поверніться у вихідне положення. Повторіть те ж саме з протилежного боку (права нога + ліва рука).</p> <p>Кількість повторень: 10-15 разів на кожную сторону.</p> <p><i>Користь вправи:</i> Зміцнює м'язи-стабілізатори хребта та глибокі м'язи спини. Покращує баланс та координацію рухів. Допомагає уникнути перевантаження попереку.</p>	
4	<p>Вихідне положення (В.П.): Лежачи на животі. Руки витягнуті перед собою, та зігнуті у ліктях. Зігніть праву ногу в коліні. Підніміть праву ногу вгору, тримаючи її зігнутою в коліні. Носок стопи спрямований на себе. Утримуйте положення 1-2 секунди, потім опустіть ногу. Виконайте 5 повторень для правої ноги, потім повторіть те саме для лівої ноги. Стежте, щоб таз залишався на місці і не відривався від кушетки.</p> <p>Кількість повторень: 5-10 разів на кожную ногу.</p> <p><i>Користь вправи:</i> Зміцнює м'язи задньої поверхні стегна та сідниці. Покращує стабільність попереку та тазу. Допомагає відновити рухливість нижніх кінцівок.</p>	
5	<p>Вихідне положення (В.П.): Лежачи на животі. Руки витягнуті перед собою. Ноги прямі. Одночасно підніміть руки та відведіть їх через сторони назад, розкриваючи грудний відділ. Одночасно підніміть розведені ноги (на невелику висоту). Основна мета – витягнутися та включити в роботу глибокі м'язи-стабілізатори тулуба, а не підняти кінцівки високо. Утримайте положення 1-2 секунди, потім поверніться у вихідне положення. Повторіть вправу</p> <p>Кількість повторень: 5-10 разів.</p> <p><i>Користь вправи:</i> Зміцнює м'язи спини та кора. Покращує координацію та стабільність хребта. Активізує глибокі м'язи, які підтримують поставу.</p>	 

<p>6</p>	<p>Лежачи на спині. Руки зігнуті в ліктьових суглобах, лікті спираються на поверхню</p> <p>Ноги зігнуті в колінах, стопи стоять на підлозі. Спираючись на лікті та п'ятки, підніміть таз вгору. Таз піднімається невисоко, не допускайте надмірного прогину в попереку. Утримуйте положення 10 секунд, напружуючи сідничні м'язи та м'язи спини. Плавню поверніться у вихідне положення.</p> <p>Кількість повторень: 5-10 разів.</p> <p><i>Користь вправи:</i> Зміцнює сідничні м'язи, попереку та м'язи кора. Покращує стабільність тазу та нижнього відділу хребта. Допомагає уникнути болю в попереку та покращує поставу.</p>	
<p>7</p>	<p>Вихідне положення (В.П.): Лежачи на спині. Руки зігнуті в ліктьових суглобах, спираючись на поверхню. Права нога розігнута, ліва зігнута в коліні, стопа стоїть на підлозі. Спираючись на лікті та п'ятку, підніміть таз вгору. Одночасно підтягніть праву ногу до живота. Утримайте положення 1-2 секунди, потім поверніться у вихідне положення. Виконайте 3 повторення. Змініть положення ніг і виконайте вправу для іншої ноги. Повторіть вправу для обох ніг. Кількість повторень: 5-10 разів на кожен ногу.</p> <p><i>Користь вправи:</i> Зміцнює м'язи кора, попереку та тазу. Активізує сідничні м'язи та м'язи живота.</p>	
<p>8</p>	<p>Вихідне положення (В.П.): Лежачи на спині. Руки зігнуті в ліктьових суглобах, спираючись на поверхню. Ноги зігнуті в колінних суглобах. Між колінами розміщений м'яч. Спираючись на лікті та п'ятки, підніміть таз вгору. Одночасно стисніть м'яч між колінами. Утримуйте положення 10 секунд, напружуючи сідничні м'язи та м'язи тазу. Повільно поверніться у вихідне положення. Повторіть вправу.</p> <p>Кількість повторень: 5-10 разів.</p> <p><i>Користь вправи:</i> Зміцнює м'язи тазового дна, попереку та сідниці. Покращує стабільність тазу та хребта. Допомагає відновити силу м'язів після операції.</p>	

9	<p>Вихідне положення (В.П.): Упор стоячи на кистях і стопах (положення планки) Спина пряма, таз стабілізований Живіт підтягнутий, корпус не прогинається в попереку. Відведіть праву ногу назад-вгору, зберігаючи рівновагу. Таз залишається стабільним – не завалюється в сторони. Контролюйте попереку – не допускайте провисання тулуба. Нога, тулуб та стегна повинні знаходитися на одній лінії. Поверніть ногу у вихідне положення. Повторіть вправу лівою ногою. Кількість повторень: 5-10 разів на кожную ногу. <i>Користь вправи:</i> Зміцнює м'язи кора, сідниці та нижню частину спини. Покращує стабільність тазу та координацію. Підвищує силу м'язів без зайвого навантаження на хребет.</p>	
10	<p>Вихідне положення (В.П.): Лежачи на спині. Ноги зігнуті в колінних суглобах. Обхопіть руками праву гомілку в зоні кісточок. Розверніть праве коліно назовні. На видиху потягніть стопу до себе, відчуваючи розтягнення глибоких м'язів тазу. Утримайте положення 2-3 секунди, потім поверніться у вихідне положення. Виконайте той самий рух для протилежної ноги. Кількість повторень: 5-10 разів на кожную ногу. <i>Користь вправи:</i> Покращує гнучкість та мобільність кульшових суглобів. Розтягує глибокі м'язи тазу. Покращує кровообіг у ділянці таза та нижніх кінцівок. Допомагає зменшити напруження у спині та стегнах.</p>	
11	<p>Вихідне положення (В.П.): Лежачи на спині. Ноги зігнуті в колінних суглобах. Руки підняті вгору. На видиху підніміть голову та верхню частину корпусу. Розведіть руки через сторони та торкніться пальцями до своїх гомілок, напружуючи м'язи преса. Плавню поверніться у вихідне положення. Важливо! Скорочення м'язів живота повинно відбуватись на видиху – це допомагає уникнути надмірного навантаження на прооперований диск. Кількість повторень: 10-20 разів. <i>Користь вправи:</i> зміцнює м'язи живота та кора. Покращує стабільність попереку. Правильне дихання під час виконання знижує ризик ускладнень для прооперованого диска.</p>	

### **Відновний період (7-16 тиждень)**

Третій період післяопераційної реабілітації після ендоскопічної дискотомії спрямований на функціональне відновлення пацієнта шляхом поступового збільшення фізичних навантажень. У цей період пріоритет надається відновленню сили м'язів стабілізаторів хребта, координації та витривалості, що досягається шляхом включення динамічних вправ із залученням поперекового відділу хребта, активації глибоких м'язів (*m. multifidus*, *m. transversus abdominis*), а також вправ на нейтральне положення таза.

#### *Рекомендовані втручання:*

- Прогресія стабілізаційних вправ: (вправи в закритих кінетичних ланцюгах (наприклад, вправи з опорою на руки/ноги).
- Перехід до відкритих кінетичних ланцюгів — вправи з контрольованими рухами кінцівок
- Робота над гнучкістю і симетрією: (стретчинг м'язів задньої поверхні стегна, грушоподібного м'яза, згиначів стегна.)
- Симетричні вправи на розтягнення та балансування.
- Аеробні навантаження: (велотренажер (з мінімальним опором, 10–15 хвилин).
- Плавання (без стрибків і різких рухів).
- Ходьба (поступове збільшення до 5–7 тис. кроків на день)
- Інтенсивна програма функціонального тренування: вправи на координацію (вправи на баланс-платформі, нестійкі опори); комплексні рухи з використанням стрічок опору, TRX)
- Зміцнення м'язів-стабілізаторів попереку (*m. multifidus*, *m. transversus abdominis*)
- Ізометричне скорочення м'язів живота / втягування черевної стінки
- Динамічні вправи з ко-активацією м'язів тулуба (2–3 підходи по 10 → 15 → 20 повторень):

- Положення «гачкоподібне лежачи» (таз нейтральний, стегна під 90°):  
вправи в послідовності: ходьба в положенні лежачи → ковзання п'ятки → підйом ноги у витягнутому коліні;
- Сидячи або стоячи з нейтральним тазом: чергова робота рук → маршування → маршування з чергуванням рук;
- Планки у положенні лежачи на животі або боці (на колінах, тривалість 5–10 сек);

*Можна починати через 2 місяці після операції*

- Ізометричний опір корпусу стоячи з еспандером Thera-Band;
- Нейтральне положення тазу стоячи: розгинання плечей, горизонтальне відведення, тяга з еспандером;
- Зміцнення м'язів нижніх кінцівок з нейтральним положенням хребта
- (прогресія з використанням еспандера, 2–3 підходи по 10 → 15 → 20 повторень):
- Присідання біля стіни з фітболом
- Відведення і розгинання стегна стоячи
- Кроки вбік
- Випади (у сагітальній та фронтальній площинах)
- Румунська становая тяга на одній нозі (SL deadlift)
- Режим занять: 3 – 4 рази на тиждень під наглядом фізичного терапевта або самостійно за інструкціями. Тривалість одного заняття: 30–60 хвилин.

Важливою складовою є поетапне підвищення навантаження у вправах із власною вагою тіла та еластичними стрічками, розвиток контролю постави, мобільності нижніх кінцівок та формування правильної ергономіки руху. Вправи на рівновагу, ізометричне скорочення та функціональне моделювання трудової активності сприяють відновленню повсякденної активності.

У цей період біль допускається на рівні не вище 2/10 за шкалою VAS під час активності, а пацієнти повинні бути незалежними у виконанні

домашньої програми вправ. Таким чином, забезпечує перехід від базової реабілітації до підготовки до повноцінної участі в соціальному житті та активних тренувань.

### *Методика апаратної фізіотерапії*

За призначенням лікаря при збереженні симптомів радикулопатії згідно з ERAS-принципами було адаптовано та запропоновано алгоритм призначення процедур з апаратної фізіотерапії.

Таблиця 4.5 – Рекомендації щодо апаратної фізіотерапії після UBED

Метод	Показання	Початок після операції	Тривалість / Курс	Механізм дії
Ампліпульстерапія (СМТ)	Радикулопатія, парези, біль	2-й день	15–20 хв × 7–10 процедур	Знеболення, зниження спазму, поліпшення трофіки нервових структур
Магнітотерапія	Вегетативні порушення, ішемічні зміни, відновлення тканин	2–3-й день	10–20 хв × 10 процедур	Покращення кровообігу, антинабряковий та нейропротекторний ефект
Лазеротерапія	Постійний локальний біль, поверхнева нейропатія	3–5-й день	10 хв × 8–10 процедур	Зменшення запалення, регенерація тканин
Електростимуляція	Периферичні парези, м'язова слабкість	3 7-го дня або пізніше	Індивідуально	Відновлення нейром'язової провідності

### **Висновки до 4 розділу**

Таким чином, нами був розроблений поетапний алгоритм післяопераційної фізичної терапії для пацієнтів після ендоскопічної мікродискектомії на поперековому рівні з урахуванням ключових принципів сучасної реабілітації. Кожен період має чітко визначені SMART-цілі, які

спрямовані на функціональне відновлення, зниження болю, попередження ускладнень і поступове повернення до повсякденної та професійної активності. Програма включає ранню активацію, контрольовані ізометричні вправи, прогресивні стабілізаційні навантаження та освітні компоненти, що відповідає принципам мультидисциплінарної підтримки, біопсихосоціального підходу та протоколу ERAS. Обмеження на кожному етапі спрямовані на запобігання рецидиву симптомів та ускладнень, забезпечуючи безпечне і структуроване відновлення.

## РОЗДІЛ 5

### ОЦІНКА КЛІНІЧНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ЛІКУВАННЯ ПАЦІЄНТІВ ПІСЛЯ УНІЛАТЕРАЛЬНОЇ БІПОРТАЛЬНОЇ ЕНДОСКОПІЧНОЇ ДИСКЕКТОМІЇ ТА ІНТЕРЛАМІНАРНОЇ МІКРОДИСКЕКТОМІЇ

#### 5.1 Загальна характеристика груп порівняння та результати аналізу передопераційних показників

На початковому етапі дослідження було проведено аналіз демографічних характеристик пацієнтів, включених до груп порівняння, з метою оцінки їхньої вихідної співставності. Значення Me (25%; 75%) показника віку в групі пацієнтів, яким було виконано відкриту інтерламінарну мікродискектомію (ОМ), становило 36 (32; 47) років, тоді як у пацієнтів, яким було виконано унілатеральну біпорціальну ендоскопічну дискектомію (UBE), — 38,5 (31,25; 48,75) роки. Статистично значущої відмінності за цим показником не спостерігалось ( $Z=-1,020$ ;  $p<0,001$ ). Показники  $\bar{x}\pm SD$  відповідно становили в групі ОМ ( $38,71\pm 9,87$ ) років та в групі UBE ( $41,61\pm 12,96$ ) років.

Аналіз тривалості больового синдрому в поперековому відділі хребта продемонстрував наявність статистично значущих відмінностей між групами ( $Z = -3,335$ ;  $p = 0,001$ ). Показники  $\bar{x}\pm SD$  відповідно становили в групі ОМ ( $335,23\pm 332,53$ ) днів та в групі UBE ( $301,46\pm 547,26$ ) днів. Мінімальне значення показника давності болю в спині у пацієнтів групи ОМ становило 30 днів, а у групі UBE – 7 днів. Максимальне значення показника давності болю в спині в групі ОМ становило 1825 днів, а в групі UBE – 3650 днів. На передопераційному етапі також було проведено аналіз тривалості больового синдрому з іррадіацією в нижню кінцівку. Результати аналізу показали, що давність болю в нозі статистично не відрізнялася між групами ( $Z = -0,024$ ;  $p$

= 0,981). Значення Me (25%; 75%) в групі OM становили 39 (21; 70) днів, а у групі UBE 30 (20,25; 79,25) днів. Показники  $\bar{x} \pm SD$  відповідно становили в групі OM (53,91 $\pm$ 44,49) днів та в групі UBE (63,55 $\pm$ 82,97) днів.

Порівняння груп за показником давності гіпестезії не встановило статистично значущої різниці ( $Z = -0,526$ ;  $p = 0,599$ ). Показники  $\bar{x} \pm SD$  відповідно становили 29,7 $\pm$ 42,45 та 30,26 $\pm$ 41,54 днів. Особливості розподілу представлені на рис. 5.1.

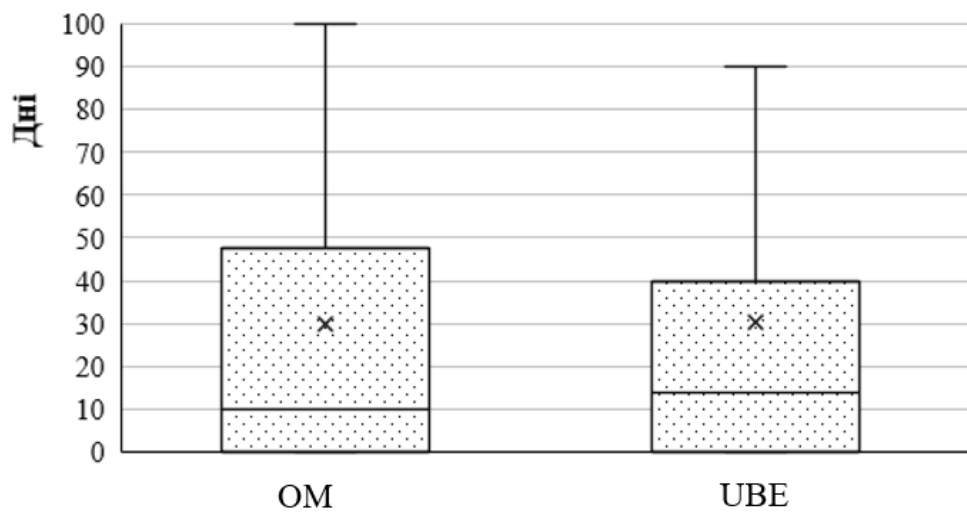


Рисунок 5.1 – Розподіл показника давності гіпестезії у пацієнтів груп порівняння (OM та UBE), днів

Проведений статистичний аналіз показника давності консервативного лікування не виявив статистично значущих відмінностей між групами ( $Z = -1,200$ ;  $p = 0,230$ ). Медіанні значення (Me; 25%; 75%) у групі OM становили 90 (30; 124) днів, тоді як у групі UBE – 55 (30; 171,75) днів. Середні значення ( $\bar{x} \pm SD$ ) відповідно дорівнювали 126,71 $\pm$ 145,82 днів в групі OM та 125,97 $\pm$ 176,17 днів в групі UBE.

У 38 пацієнтів групи OM в анамнезі зазначалось виконання блокади. В групі UBE налічувалося 29 пацієнтів, котрим виконували блокаду до оперативного втручання ( $Z = -2,991$ ;  $p = 0,003$ ). Особливості розподілу пацієнтів у групах залежно від виконання блокади представлено на рис. 5.2.

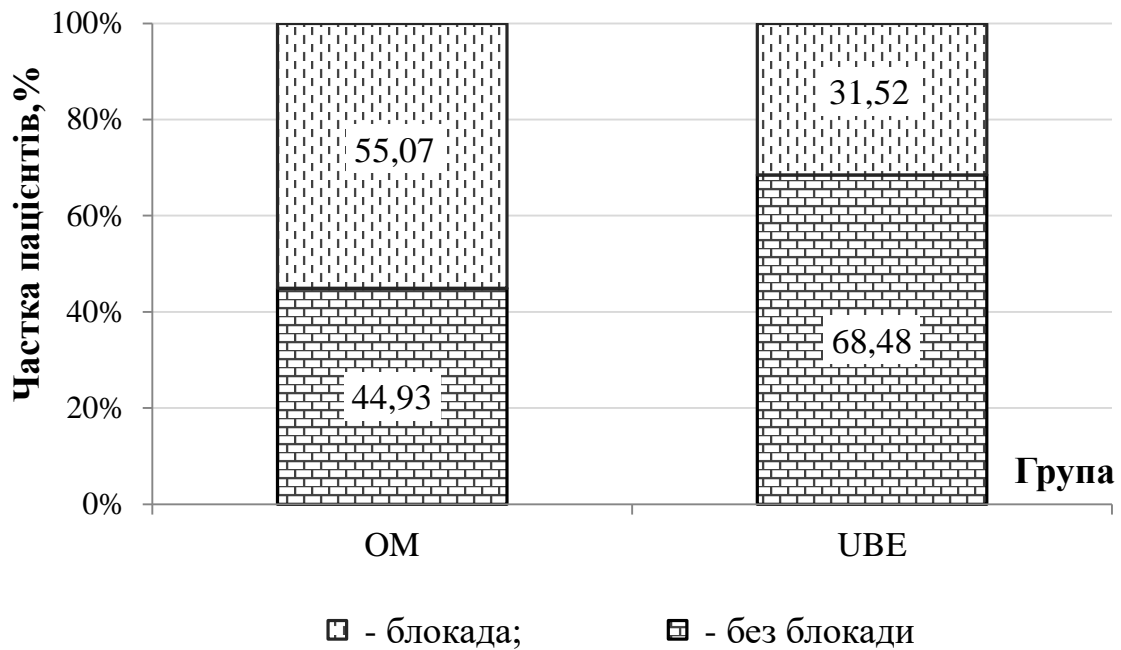


Рисунок 5.2 – Розподіл пацієнтів в групах OM та UBE залежно від виконання блокади (в анамнезі), %.

В групі пацієнтів, яким було виконано відкриту інтерламінарну мікродискектомію (OM), лише 4 особи мали в анамнезі застосування фізичних методів лікування, зокрема апаратної фізіотерапії, тракційної терапії, лікувальних фізичних вправ та масажу. Натомість у групі унілатеральної біпортальної ендоскопічної дискектомії (UBE) таких пацієнтів було 19. Порівняльний аналіз показав наявність статистично значущих відмінностей між групами за цим показником ( $Z = -2,657$ ;  $p = 0,008$ ). Особливості відсоткового розподілу пацієнтів у групах залежно від застосування фізичних методів лікування в анамнезі наведено на рис.5.3.

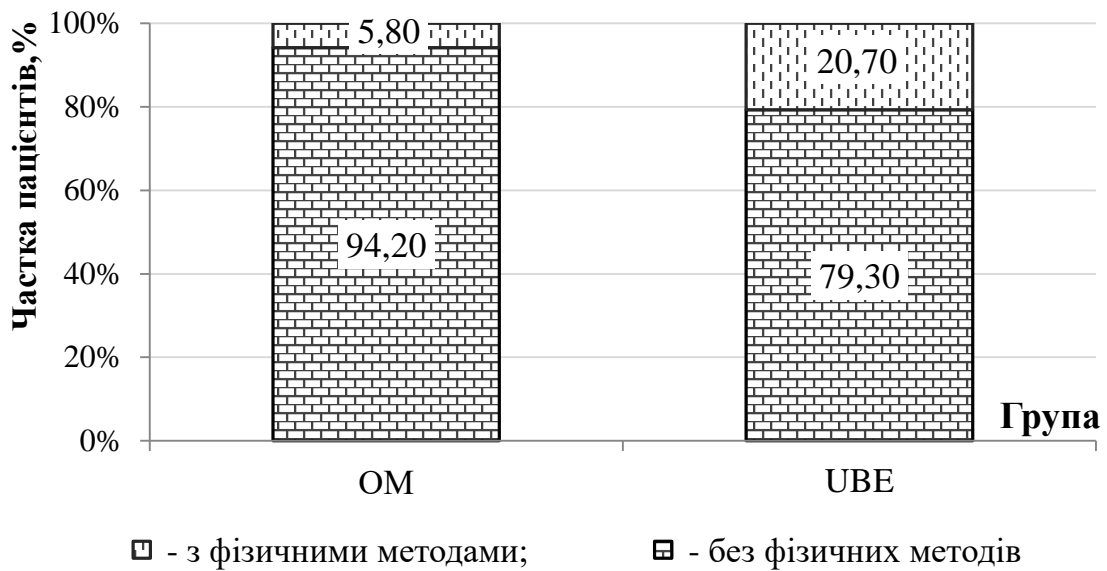


Рисунок 5.3 – Особливості розподілу пацієнтів у групах залежно від застосування фізичних методів лікування у анамнезі

У пацієнтів обох груп було проаналізовано наявність анталгічної постави. У групі ОМ анталгічна постава спостерігалася у 36 пацієнтів, в групі УВЕ – у 50 пацієнтів. Порівняльний статистичний аналіз не виявив достовірних відмінностей між групами за цим показником ( $Z = -0,273$ ;  $p = 0,785$ ). Особливості розподілу пацієнтів у групах залежно від наявності анталгічної постави наведено на рис. 5.4.

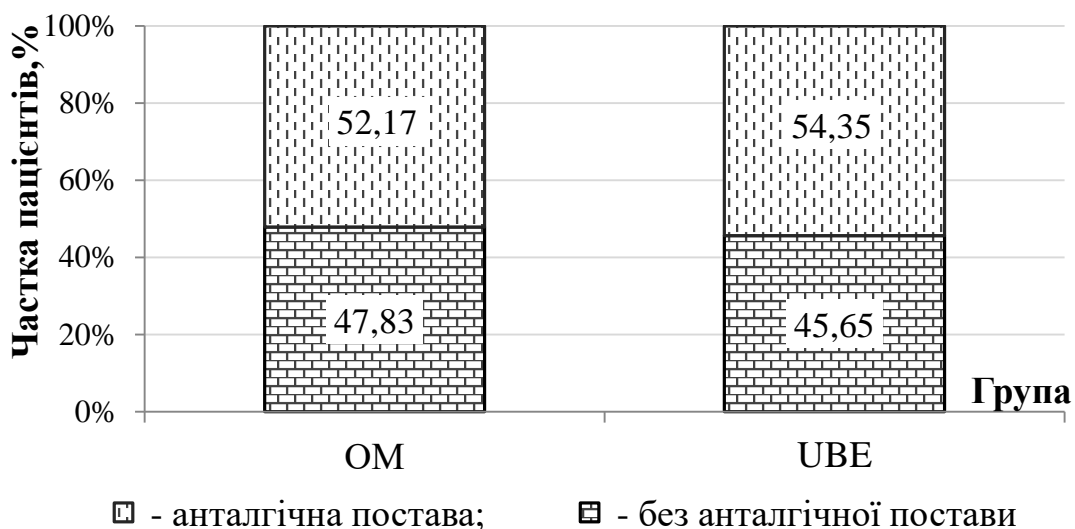


Рисунок 5.4 – Особливості розподілу пацієнтів у групах залежно від наявності анталгічної постави

Проведений аналіз показав, що кульгавість внаслідок больового синдрому спостерігалась у 35 пацієнтів групи ОМ та у 47 пацієнтів в групі УВЕ. Порівняльний статистичний аналіз не виявив достовірних відмінностей між групами за даним показником ( $Z = -0,048$ ;  $p = 0,962$ ).

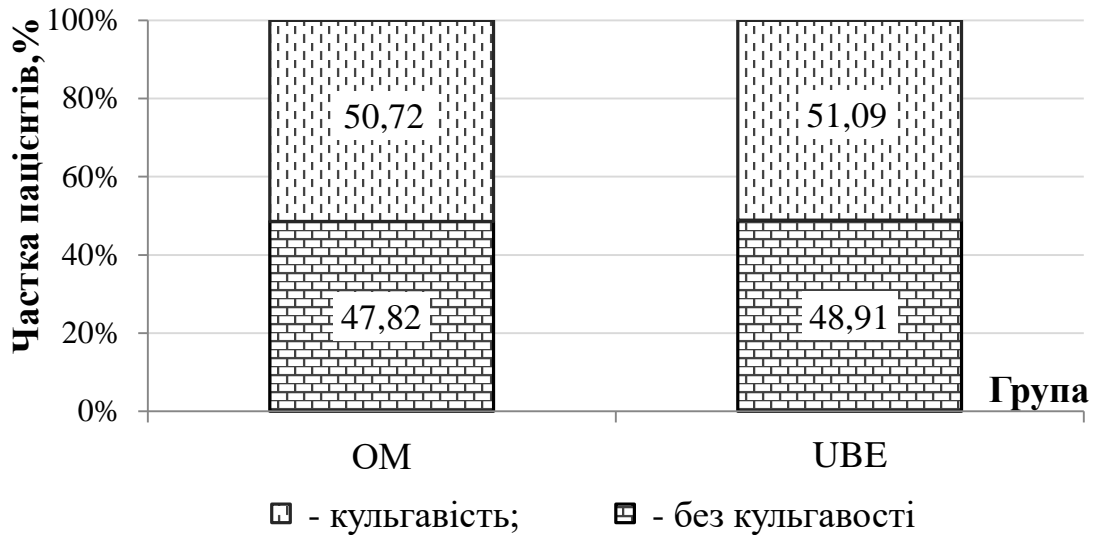


Рисунок 5.5 – Особливості розподілу пацієнтів у групах залежно від наявності кульгавості

Особливості розподілу пацієнтів у групах залежно від наявності кульгавості наведено на рис. 5.5.

## 5.2 Порівняльний аналіз післяопераційних результатів лікування та їх динаміки у пацієнтів досліджуваних груп

### 5.2.1 Порівняльний аналіз інтраопераційних характеристик в групах дослідження

Порівняльний аналіз тривалості оперативного втручання показав наявність статистично значущих відмінностей між групами ( $Z = -7,620$ ;  $p < 0,001$ ). Медіанні значення показника (Me; 25%; 75%) у групі ОМ становили 54 (49; 60) хвилини, тоді як у групі УВЕ – 42 (39; 48) хвилини. Середні значення тривалості операції ( $\bar{x} \pm SD$ ) відповідно становили  $54,59 \pm 7,54$  хвилини у групі

ОМ та  $46,36 \pm 17,9$  хвилини у групі UBE. Особливості розподілу за показником тривалості оперативного втручання у групах наведено на рис. 5.6.

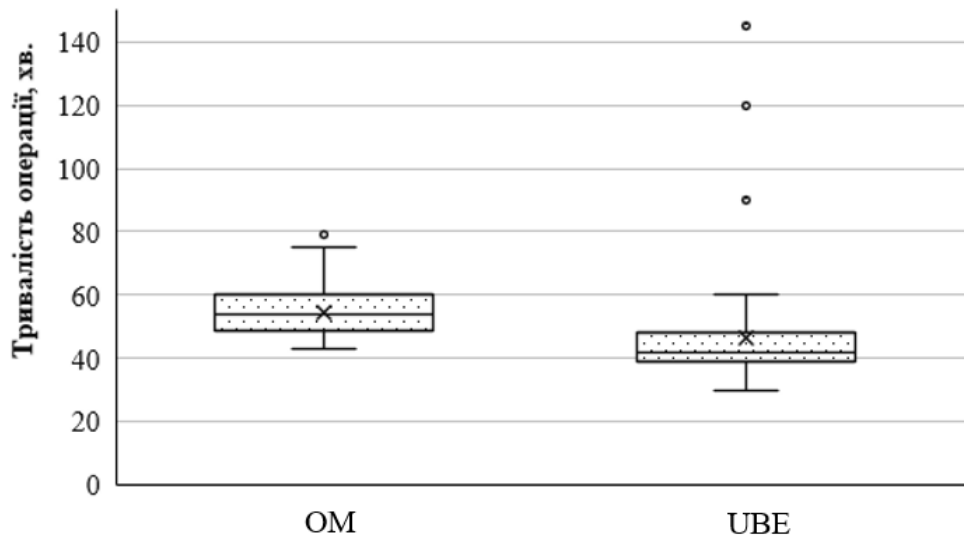


Рисунок 5.6 – Особливості розподілу за показником тривалості операції в групах спостереження

Порівняльний аналіз інтраопераційної крововтрати показав наявність статистично значущих відмінностей між групами ( $Z = -7,769$ ;  $p < 0,001$ ). При цьому статистично менші значення крововтрати спостерігалися у пацієнтів групи UBE. Медіанні значення показника (Me; 25%; 75%) у групі ОМ становили 100 (50; 150) мл, тоді як у групі UBE – 30 (20; 50) мл. Середні значення крововтрати ( $\bar{x} \pm SD$ ) відповідно становили  $115,09 \pm 84,04$  мл у групі ОМ та  $35,65 \pm 18,36$  мл у групі UBE. Таким чином, обсяг крововтрати на 69,02 % менше визначений при ендоскопічному доступі, відповідно ( $p \leq 0,001$ ). Особливості розподілу за показником крововтрати у досліджуваних групах наведено на рис. 5.7.

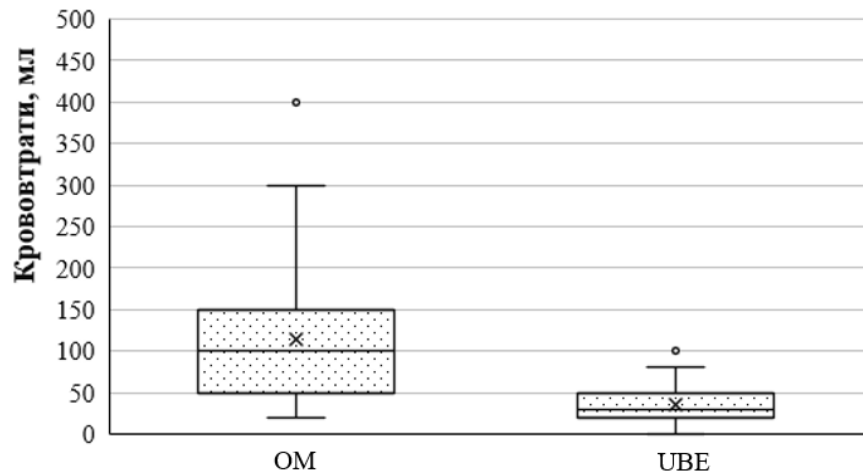


Рисунок 5.7 – Особливості розподілу показника крововтрати в групах спостереження

*Серед інтраопераційних ускладнень* було виявлено:

- ушкодження оболонки нервового корінця у 3 (3,26%) випадках UBE та 4 (5,79%) випадках OM;

- незважаючи на верифікацію рівня ураження за даними МРТ в 1 (1,08%) клінічному випадку у групі UBE було визначено помилковий рівень доступу.

Пошкоджень твердої мозкової оболонки та ліквореї в обох групах не було виявлено.

Значної різниці в інтраопераційних ускладненнях між різними методиками не виявлено.

*Серед післяопераційних ускладнень* було виявлено:

- епідуральну гематому в 4 (4,34%) випадках в групі UBE та 5 (7,24%) випадках в групі OM;

- подразнення нерва дренажем в 18 (19,56%) випадках в групі UBE та 12 (17,3%) випадках в групі OM.

Серед неврологічних ускладнень парестезію спостерігали у 28 (30,4%) пацієнтів групи UBE та 26 (37,6%) пацієнтів групи OM ( $p < 0,05$ ). Випадків синдрому кінського хвоста не зазначено.

Стосовно термінів зняття післяопераційних швів не було виявлено статистично значущих відмінностей між групами ( $Z = -1,645$ ;  $p = 0,100$ ).

Медіанні значення показника (Me; 25%; 75%) в обох групах становили 7 (7; 7) днів. Середні значення ( $\bar{x}\pm SD$ ) відповідно дорівнювали  $7,13\pm 0,54$  дня у групі OM та  $7,18\pm 0,44$  дня у групі UBE. Особливості відсоткового розподілу пацієнтів залежно від дня зняття швів наведено на рис. 5.8. Мінімальний термін зняття швів у обох групах становив 7-й день після операції. Максимальне значення показника у групі OM становило 10-й день, тоді як у групі UBE – 9-й день

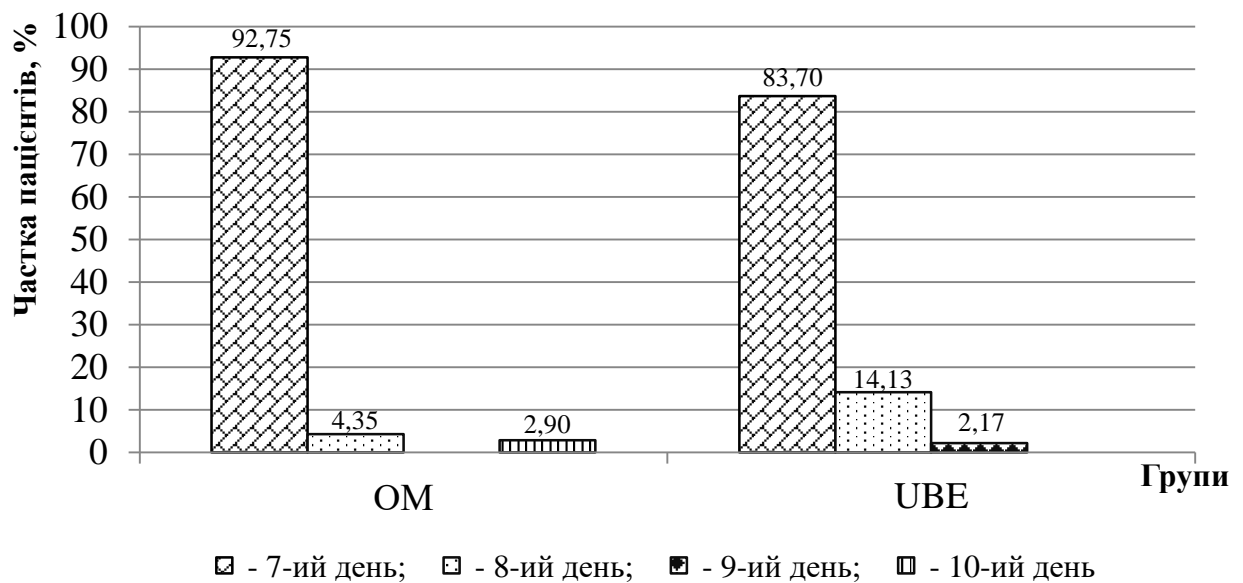


Рисунок 5.8 – Особливості розподілу пацієнтів у групах залежно від дня зняття швів

Показник тривалості використання корсету статистично достовірно відрізнявся між досліджуваними групами ( $Z = - 6,968$ ;  $p < 0,001$ ). При цьому у групі UBE тривалість застосування корсету була значно меншою порівняно з OM. Медіанні значення (Me; 25%; 75%) становили в групі OM – 30 (30; 45) днів, тоді як у UBE – 30 (21; 30) днів. Середні значення показника ( $\bar{x}\pm SD$ ) у OM становили  $38,52\pm 13,37$  днів, а у UBE –  $26,32\pm 4,68$  днів.

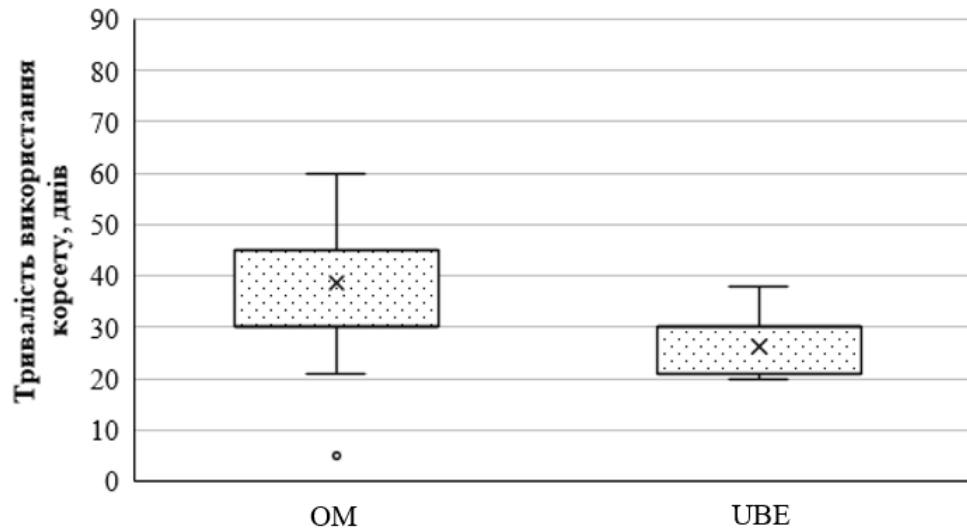


Рисунок 5.9 – Особливості розподілу показника тривалості використання корсету у групах пацієнтів

Таким чином, середня тривалість використання корсету у пацієнтів UBE була меншою на 12,2 дня, що відповідає зменшенню на 31,67 % порівняно з аналогічним показником в групі OM.

### 5.2.2. Оцінка результатів лікування за показником болю (ВАШ) у нижній кінцівці в групах спостереження

До оперативного втручання рівень болю у нижній кінцівці за ВАШ був співставним у досліджуваних групах, що підтверджується відсутністю статистично значущих відмінностей ( $Z = -0,502$ ;  $p = 0,615$ ). Медіанні значення (Me; 25%; 75%) становили 7 (5; 8,5) см в групі OM та 7 (6; 8) см в групі UBE. Показники  $\bar{x} \pm SD$  в групі OM становили  $6,96 \pm 1,87$  см, а в UBE –  $6,79 \pm 1,65$  см. Особливості розподілу представлені в табл.5.1 та на рис 5.10.

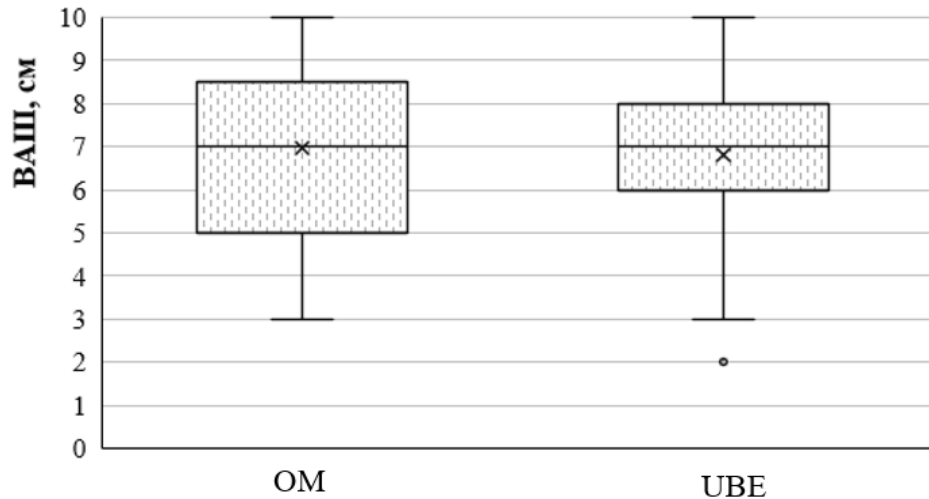


Рисунок 5.10 – Розподіл показників інтенсивності болю у нижній кінцівці за ВАШ в групах пацієнтів до оперативного втручання

На 7-ий післяопераційний день інтенсивність болю у нижній кінцівці за шкалою ВАШ була співставною у пацієнтів обох груп і статистично не відрізнялася ( $Z = -0,224$ ;  $p = 0,807$ ), (табл.5.1).

Таблиця 5.1 – Загальна характеристика передопераційних та післяопераційних показників в групах порівняння

	Групи		Критерій*	p	Групи	
	Група OM (n=69)	Група UBE (n=92)			Група OM (n=69)	Група UBE (n=92)
ВАШ болю у нижній кінцівці, см						
Перед операцією	7 (5; 8,5)	7 (6; 8)	-0,502	0,615	6,96±1,87	6,79±1,65
7 день	1 (0; 1)	1 (0; 2)	-0,224	0,807	0,97±0,95	1,16±1,52
1 місяць	1 (0; 2)	0,5 (0; 1)	-1,048	0,294	1,07±1,38	0,82±1,15
2 місяць	0 (0; 1)	1 (0,25; 1)	-2,955	0,003	0,72±1,14	0,95±0,79
6 місяць	0 (0; 1)	0 (0; 1)	-2,271	0,023	0,71±1,00	0,59±1,49
12 місяць	1 (0; 1)	1 (0; 1)	-0,254	0,806	0,74±0,93	0,74±0,82
ВАШ болю у спині, см						
Перед операцією	5 (4; 6)	5,5 (4; 7)	-1,670	0,095	5,14±1,72	5,63±1,97
7 день	3 (2; 4)	3 (1; 4)	-1,653	0,098	3,2±1,15	2,83±1,51
1 місяць	1 (1; 3)	1 (0,25; 2)	-3,150	0,002	1,83±1,16	1,23±0,98
2 місяць	1 (0; 2)	1 (1; 2)	0,280	0,780	1,48±1,53	1,3±0,89
6 місяць	1 (0; 1)	1 (0; 1)	-0,364	0,716	0,97±1,15	0,98±1,42

12 місяць	0 (0; 1)	1 (0; 2)	-2,896	0,004	0,71±1,00	1,20±1,23
Індекс інвалідності Освестрі, %						
Перед операцією	39 (31; 48,8)	36 (32; 47,65)	-0,974	0,330	41,41±14,07	39,17±12,47
1 місяць	19 (14; 21,5)	9 (5; 12)	-7,764	<0,001	19,0±6,87	9,77±5,40
2 місяць	17 (10,5; 21,5)	10 (6; 12)	-6,378	<0,001	17,26±7,85	9,43±4,62
6 місяць	17 (13; 19,5)	9 (5; 12)	-6,800	<0,001	16,91±5,74	10,96±10,99
12 місяць	14 (11; 20)	10 (5; 14)	-4,788	<0,001	15,86±7,37	10,63±5,93

Примітка: \* критерій Вілкоксона

Медіана показника становила 1 (0; 1) см в групі ОМ та 1 (0; 2) см в групі UBE. Середні значення ( $\bar{x}\pm SD$ ) дорівнювали 0,97±0,95 см та 1,16±1,52 см, відповідно. Розподіл значень представлений на рис. 5.11.

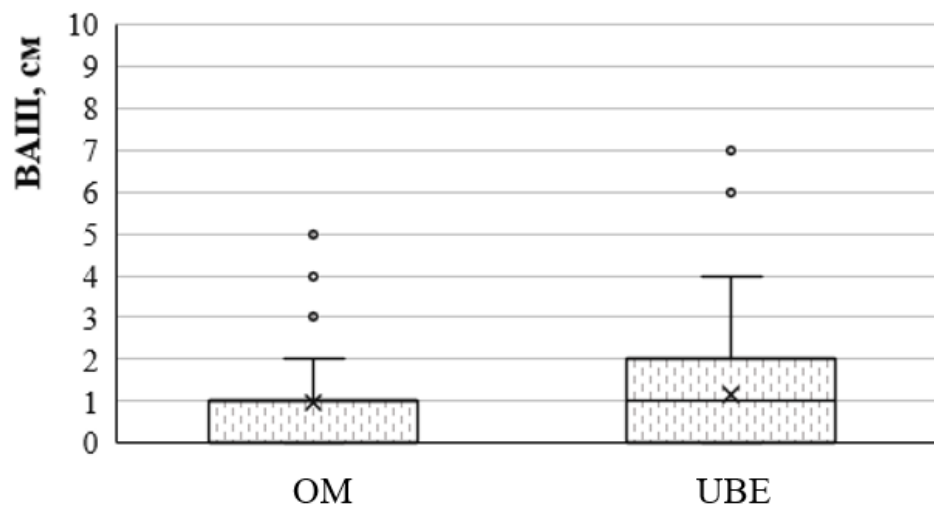


Рисунок 5.11 – Розподіл показника інтенсивності болю у нижній кінцівці за ВАШ в групах пацієнтів на 7-й післяопераційний день

Через 1 місяць після хірургічного втручання інтенсивність болю у нижній кінцівці за ВАШ була співставною у пацієнтів обох груп і статистично значуще не відрізнялась ( $Z = -1,048$ ;  $p = 0,294$ ). Показники  $\bar{x}\pm SD$  в групі ОМ становили 1,07±1,38 см, а в групі UBE – 0,82±1,15 см (рис. 5.12, табл.5.1).

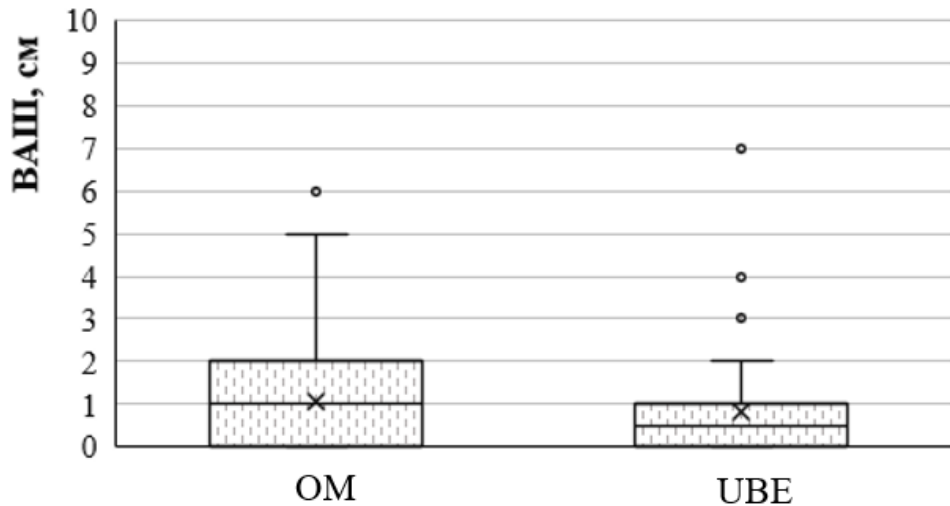


Рисунок 5.12 – Динаміка показника болю за ВАШ в нижній кінцівці в групах пацієнтів при оцінюванні через 1 місяць після втручання

Через два місяці після оперативного втручання між досліджуваними групами виявлено статистично значущі відмінності за показниками інтенсивності больового синдрому за ВАШ ( $Z = -2,955$ ;  $p = 0,003$ ): в групі OM (Me, 25%;75%) 0 (0;1) см, та в UBE – 1 (0,25;1) см, відповідно. Середні значення досліджуваного показника у групі OM становили  $0,72 \pm 1,14$  ( $\bar{x} \pm SD$ ) см, в групі UBE –  $0,95 \pm 0,79$  ( $\bar{x} \pm SD$ ) см (рис. 5.13).

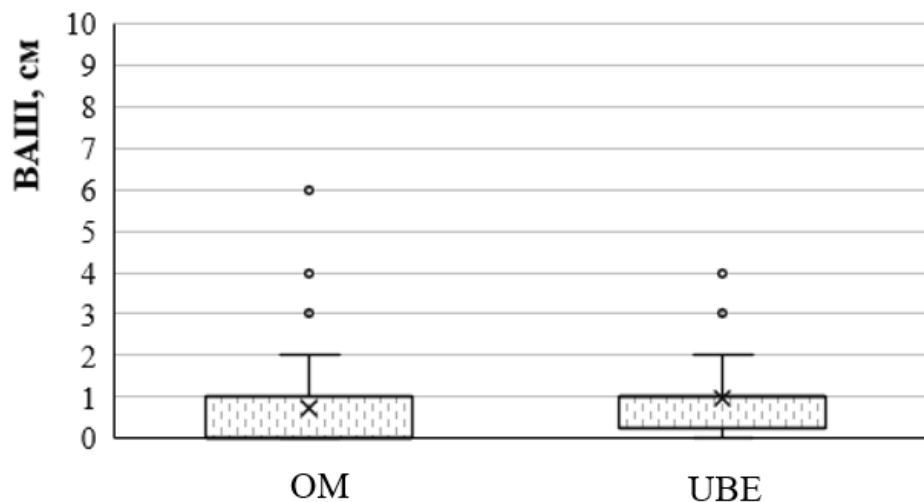


Рисунок 5.13 – Динаміка показника болю за ВАШ в нижній кінцівці в групах пацієнтів при оцінюванні через 2 місяці після втручання

На етапі оцінювання через 6 місяців після втручання встановлено міжгрупові відмінності за показником інтенсивності болю у нижній кінцівці за шкалою ВАШ ( $Z = -2,271$ ;  $p = 0,023$ ), (табл.5.1). Середні значення досліджуваного показника у групі ОМ становили  $0,71 \pm 1,0$  ( $\bar{x} \pm SD$ ) см, а в групі UBE –  $0,59 \pm 1,49$  ( $\bar{x} \pm SD$ ) см. Отримані результати свідчать про низький рівень інтенсивності болю у нижній кінцівці в обох групах через 6 місяців після втручання (рис.5.14).

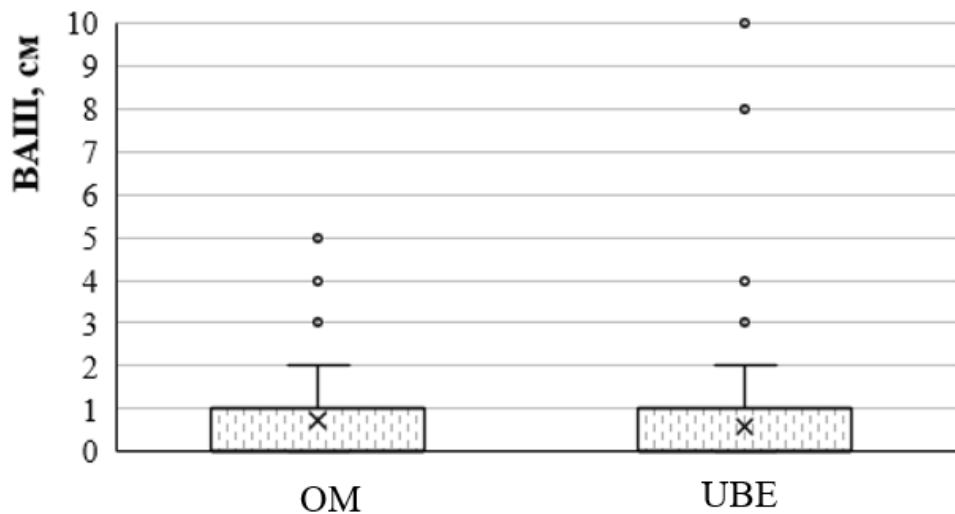


Рисунок 5.14 – Динаміка показника болю за ВАШ в нижній кінцівці в групах пацієнтів при оцінюванні через 6 місяців після втручання

Під час заключного обстеження через 12 місяців після оперативного втручання статистично значущих відмінностей між групами за інтенсивністю болю в нижній кінцівці за ВАШ не виявлено ( $Z = -0,254$ ;  $p = 0,806$ ). Медіанні значення показника (Me; 25 %; 75 %) в обох групах становили 1 (0; 1) см, тоді як середні значення ( $\bar{x} \pm SD$ ) дорівнювали  $0,74 \pm 0,93$  см у групі ОМ та  $0,74 \pm 0,82$  см у групі UBE.

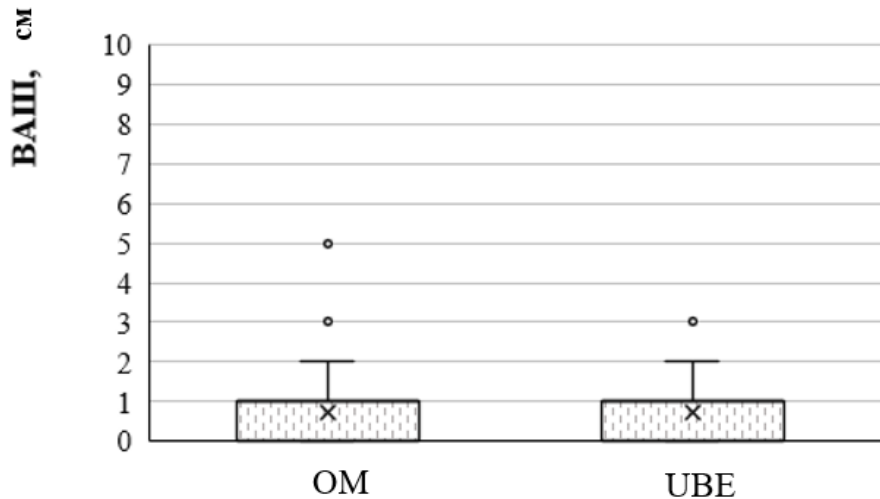


Рисунок 5.15 – Динаміка показника болю за ВАШ в нижній кінцівці в групах пацієнтів при оцінюванні через 12 місяців після втручання

Таким чином, аналіз динаміки показника болю у нижній кінцівці серед пацієнтів групи OM виявив статистично значущі відмінності між результатами, отриманими у різні строки спостереження (критерій Фрідмана:  $Z = 184,240$ ;  $p < 0,001$ ). Початкові показники статистично значуще відрізнялися від результатів, отриманих на 7-й післяопераційний день ( $Z = 8,190$ ;  $p < 0,001$ ), а також від результатів подальших етапів оцінювання ( $Z = 8,873-10,170$ ;  $p < 0,001$ ).

Двофакторний дисперсійний аналіз Фрідмана виявив відмінності у результатах групи UBE, котрі були отримані у різні строки оцінювання ( $Z=258,811$ ;  $p<0,001$ ). Початкові результати UBE статистично відрізнялися від результатів у 7 післяопераційний день ( $Z=9,812$ ;  $p<0,001$ ), а також від результатів у більш пізні терміни оцінювання ( $Z$  від 9,241 до 12,349;  $p<0,001$ ). Результати UBE, отримані через 2 місяці після втручання, відрізнялися від отриманих через 6 місяців результатів ( $Z=3,409$ ;  $p=0,010$ ).

При порівнянні результатів обох груп було виявлено, що значуща динаміка між суміжними вимірюваннями спостерігалась між першим та другим (7 день п/о), четвертим (2 міс. п/о) та п'ятим (6 міс. п/о) спостереженням. Отримані результати свідчать про виражене та статистично

значуще зменшення інтенсивності болю у нижній кінцівці в ранньому післяопераційному періоді в обох досліджуваних групах. Найбільш суттєва позитивна динаміка спостерігалася на 7-ий післяопераційний день. У подальші строки спостереження зміни показника болю були незначними, що свідчить про стабілізацію клінічного результату після досягнутого раннього покращення.

### *5.2.3. Оцінка результатів лікування за показником болю (ВАШ) у спині в групах спостереження*

Перед оперативним втручанням показник інтенсивності болю у спині за ВАШ статистично значуще не відрізнявся між досліджуваними групами ( $Z = -1,670$ ;  $p = 0,095$ ). Медіанне значення показника становило 5 (4; 6) см у групі ОМ та 5,5 (4; 7) см в групі UBE. Середні значення ( $\bar{x} \pm SD$ ) дорівнювали відповідно  $5,14 \pm 1,72$  см та  $5,63 \pm 1,97$  см.

На 7-й післяопераційний день також не встановлено статистично значущих міжгрупових відмінностей інтенсивності болю у спині ( $Z = -1,653$ ;  $p = 0,098$ ). Медіанні значення становили 3 (2; 4) см у групі ОМ та 3 (1; 4) см у групі UBE. Середні значення ( $\bar{x} \pm SD$ ) дорівнювали  $3,2 \pm 1,15$  см та  $2,83 \pm 1,51$  см, відповідно (табл. 5.1).

Через один місяць після оперативного втручання виявлено статистично значущі міжгрупові відмінності за показником інтенсивності болю в спині за візуально-аналоговою шкалою (ВАШ) ( $Z = -3,150$ ;  $p = 0,002$ ). Медіанне значення показника становило 1 (1; 3) см у групі ОМ та 1 (0,25; 2) см у групі UBE. Середні значення ( $\bar{x} \pm SD$ ) дорівнювали відповідно  $1,83 \pm 1,16$  см у групі ОМ та  $1,23 \pm 0,98$  см у групі UBE (рис. 5.16).

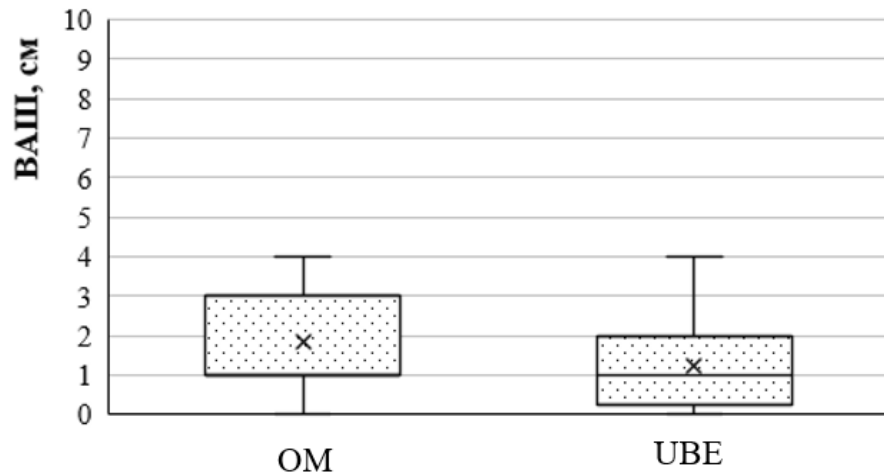


Рисунок 5.16 – Особливості розподілу показника болю в спині (за ВАШ) в групах пацієнтів при оцінюванні через 1 місяць після втручання

Проте, групи статистично не відрізнялися через 2 місяці після втручання ( $Z=-0,280$ ;  $p=0,780$ ). Значення Ме (25%; 75%) цього показника в групі OM становили 1 (0; 2) см, а в групі UBE – 1 (1; 2) см. Середні значення досліджуваного показника ( $\bar{x} \pm SD$ ) у OM становили  $1,48 \pm 1,53$  см, а в UBE –  $1,3 \pm 0,89$  см. Особливості розподілу представлені на рис. 5.17.

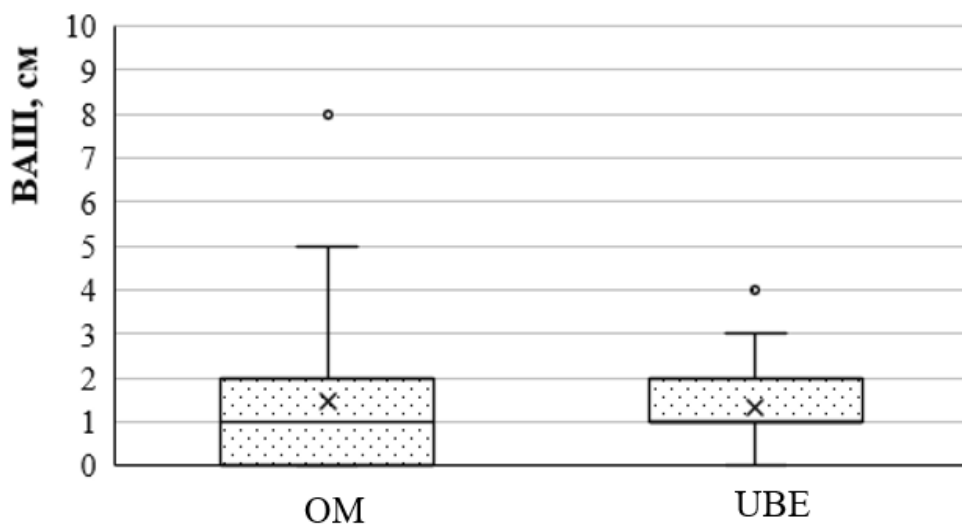


Рисунок 5.17 – Особливості розподілу показника болю в спині (за ВАШ) в групах пацієнтів при оцінюванні через 2 місяці після втручання

Під час контрольного обстеження через шість місяців після оперативного втручання статистично значущих міжгрупових відмінностей не встановлено ( $Z=-0,364$ ;  $p=0,716$ ). Значення  $Me$  (25%; 75%) в обох групах становило 1 (0; 1) см. Показники  $\bar{x}\pm SD$  в групі ОМ становили  $0,97\pm 1,15$  см, а в групі UBE –  $0,98\pm 1,42$  см (рис.5.18).

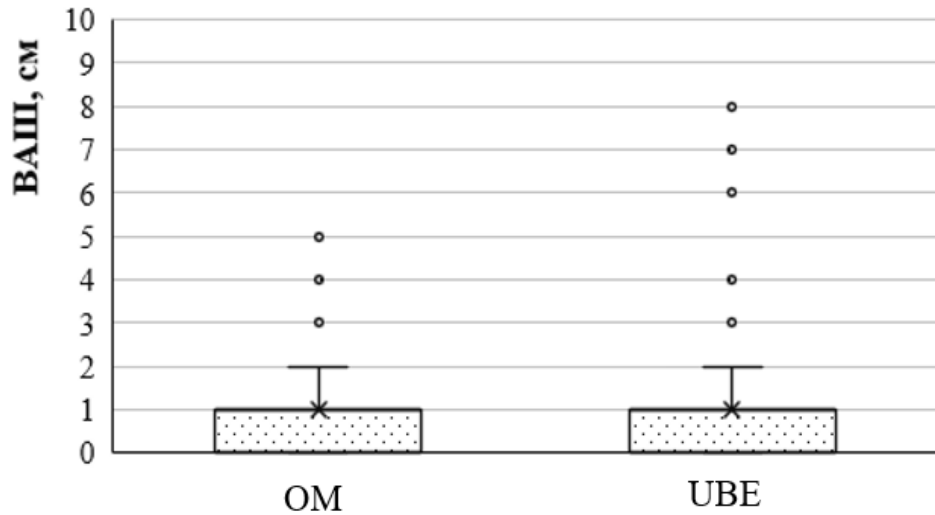


Рисунок 5.18 – Особливості розподілу показника болю у спині (за ВАШ) в групах пацієнтів при оцінюванні через 6 місяців після втручання

Заключне оцінювання показника інтенсивності болю в спині за ВАШ виявило статистично значущі міжгрупові відмінності ( $Z = -2,896$ ;  $p = 0,004$ ). Медіанне значення показника становило 0 (0; 1) см в групі ОМ та 1 (0; 2) см в групі UBE. Середні значення ( $\bar{x}\pm SD$ ) дорівнювали відповідно  $0,71\pm 1,0$  см в групі ОМ та  $1,20\pm 1,23$  см в групі UBE.

Таким чином, оцінювання інтенсивності болю у спині за ВАШ серед пацієнтів групи ОМ виявило статистично значущі відмінності між результатами, отриманими у різні строки спостереження (двофакторний дисперсійний аналіз Фрідмана:  $Z = 226,609$ ;  $p < 0,001$ ). Початкові показники статистично значуще відрізнялися від результатів, отриманих на 7-й післяопераційний день ( $Z = 3,299$ ;  $p = 0,015$ ). Показники, отримані на 7-й післяопераційний день, також статистично відрізнялися від результатів через 1 місяць ( $Z = 3,799$ ;  $p = 0,002$ ) та від результатів у пізніші строки

спостереження ( $Z = 5,756-6,372$ ;  $p < 0,001$ ). Крім того, показники через 1 місяць після втручання статистично відрізнялися від результатів через 6 місяців ( $Z = 3,549$ ;  $p = 0,006$ ) та від заключних результатів ( $Z = 4,573$ ;  $p < 0,001$ ).

Двофакторний дисперсійний аналіз Фрідмана виявив відмінності у результатах, котрі були отримані у різні строки оцінювання в групі UBE ( $Z=272,609$ ;  $p<0,001$ ). Початкові результати UBE статистично відрізнялися від результатів у 7 післяопераційний день ( $Z=4,729$ ;  $p<0,001$ ), а також від результатів у більш пізні терміни оцінювання ( $Z$  від 10,147 до 12,866;  $p<0,001$ ). Результати UBE у 7 післяопераційний день статистично відрізнялися від отриманих через 1 місяць результатів у ( $Z=5,990$ ;  $p<0,001$ ), а також від результатів у більш пізні терміни оцінювання ( $Z$  від 5,418 до 8,137;  $p<0,001$ ). Відзначимо, що порівняння інших пар не встановило статистичних відмінностей в результатах ( $p>0,05$ ). Таким чином, можна констатувати, що значуща динаміка між суміжними вимірюваннями спостерігалася лише між першим та другим, другим та третім спостереженням.

Таким чином, на 7-й післяопераційний день, а також через 2 і 6 місяців статистично значущих відмінностей між групами OM та UBE за інтенсивністю болю у спині не виявлено. Через 1 місяць кращі результати спостерігались в групі UBE, а при заключному оцінюванні різниця залишалась, проте не мала клінічного значення.

#### *5.2.4. Оцінка результатів лікування та якості життя пацієнтів за показником індекса Освестрі в групах спостереження*

Під час первинного обстеження статистично значущих відмінностей між групами за індексом ODI не виявлено ( $Z = -0,974$ ;  $p = 0,330$ ). Медіанні значення (Me; 25 %; 75 %) становили 39 (31; 48,8) % в групі OM та 36 (32; 47,65) % в групі UBE, відповідно, що свідчить про вихідну порівнянність досліджуваних груп за ступенем функціональних обмежень (табл. 5.1).

Відповідно до передопераційних результатів за ODI в групі OM мінімальні функціональні порушення мали 2 (2,9 %) пацієнти, помірні – 37

(53,6 %), тяжкі – 24 (34,8 %), дуже тяжкі – 5 (7,2 %), а в одного (1,4 %) пацієнта показники відповідали категорії максимальних порушень. В групі UBE мінімальні порушення виявлено у 3 (3,3 %) пацієнтів, помірні – у 55 (59,8 %), тяжкі – у 30 (32,6 %), дуже тяжкі – у 4 (4,3 %). Статистично значущих відмінностей в розподілі пацієнтів за ступенем функціональних порушень між групами не встановлено ( $Z = -0,976$ ;  $p = 0,329$ ). Розподіл пацієнтів за категоріями ODI наведено на рис. 5.19.

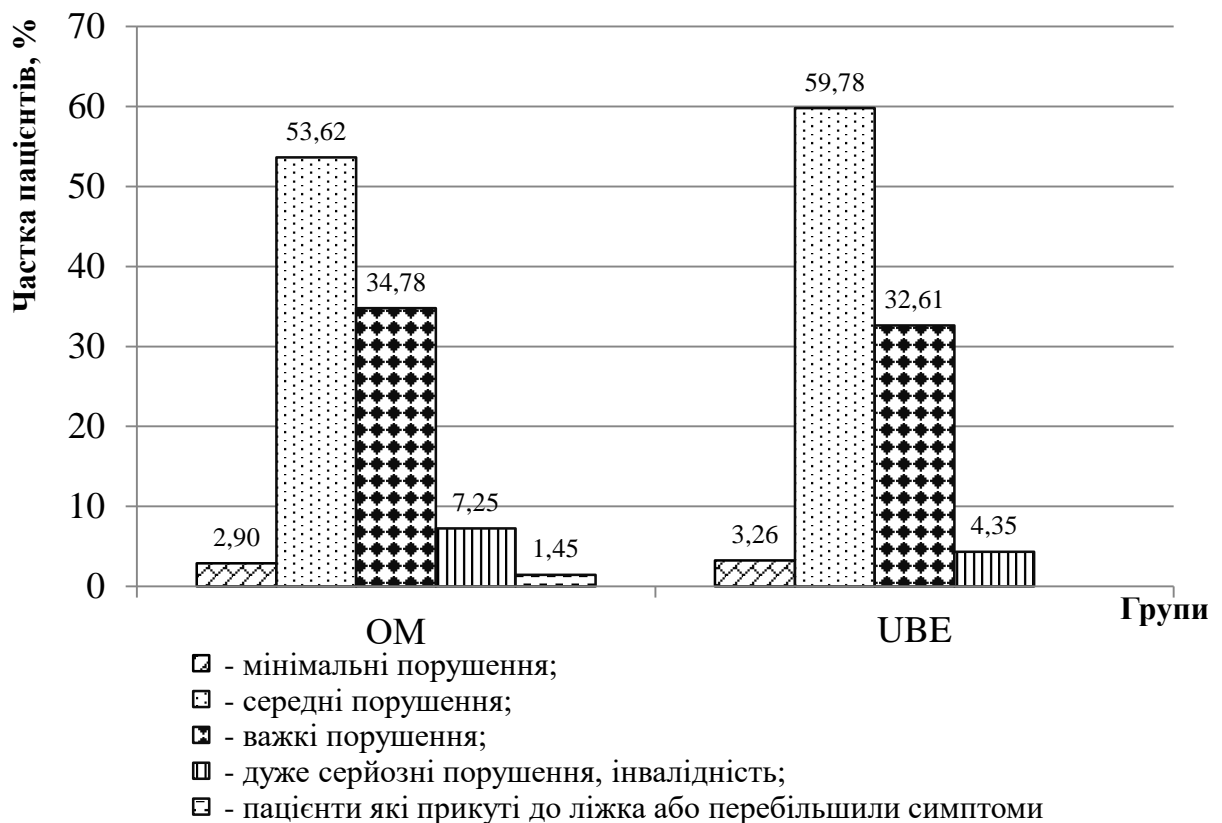


Рисунок 5.19 – Особливості розподілу пацієнтів у групах залежно від інтерпретації Індексу ODI за результатами первинного анкетування (до операції)

За результатами другого опитування (через 1 місяць після втручання) індекс ODI в групі OM становив 19 (14; 21,5) %, а в групі UBE – 9 (5; 12) %. Отримані результати груп статистично відрізнялися ( $Z=-7,764$ ;  $p<0,001$ ). Показники  $\bar{x}\pm SD$  в OM становили  $19,0\pm 6,87$  %, а в UBE –  $9,77\pm 5,40$  %. UBE

продемонструвала кращі результати. Особливості розподілу значень індексу ODI представлені на рис. 5.20.

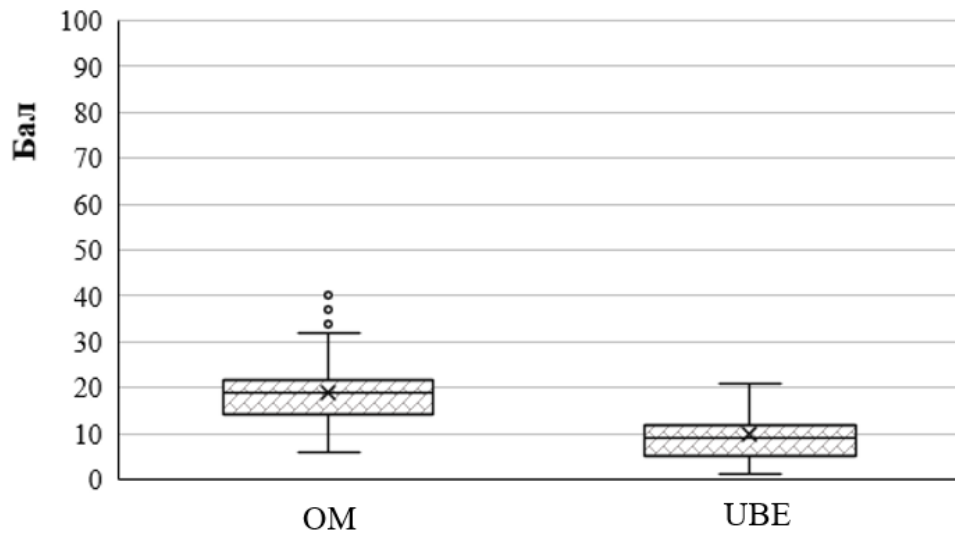


Рисунок 5.20 – Особливості розподілу пацієнтів у групах залежно від інтерпретації Індексу ODI (через 1 міс. після операції)

За результатами опитувальника Освестрі встановлено, що в групі OM мінімальний ступінь функціональних порушень мали 44 пацієнта, тоді як помірний – 25 пацієнтів. У групі UBE мінімальні функціональні порушення виявлено у 83 пацієнтів, а помірні – у 9 пацієнтів. Випадків тяжких або абсолютних функціональних порушень за опитувальником Освестрі в обох групах не зареєстровано. Статистичний аналіз засвідчив наявність достовірних міжгрупових відмінностей ( $Z = -4,056$ ;  $p < 0,001$ ), що свідчить про кращий функціональний стан пацієнтів групи UBE порівняно з групою OM (рис. 5.21).

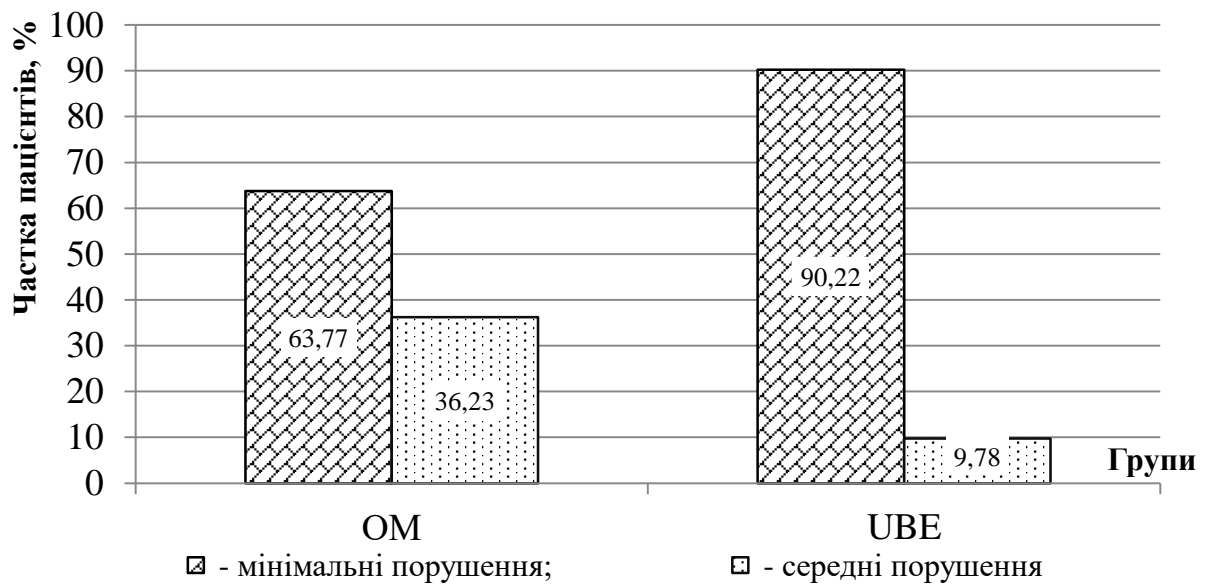


Рисунок 5.21 – Особливості розподілу пацієнтів у групах залежно від інтерпретації індексу ODI (через 1 міс. після операції)

За результатами третього етапу спостереження (через 2 місяці після оперативного втручання) показник індексу ODI в групі OM становив 17 (10,5; 21,5) %, тоді як у групі UBE – 10 (6; 12) %. Різниця між групами була статистично значущою ( $Z = -6,378$ ;  $p < 0,001$ ). Середні значення ( $\bar{x} \pm SD$ ) становили  $17,26 \pm 7,85$  % та  $9,43 \pm 4,62$  % відповідно, що свідчить про кращі результати в групі UBE (рис. 5.22).

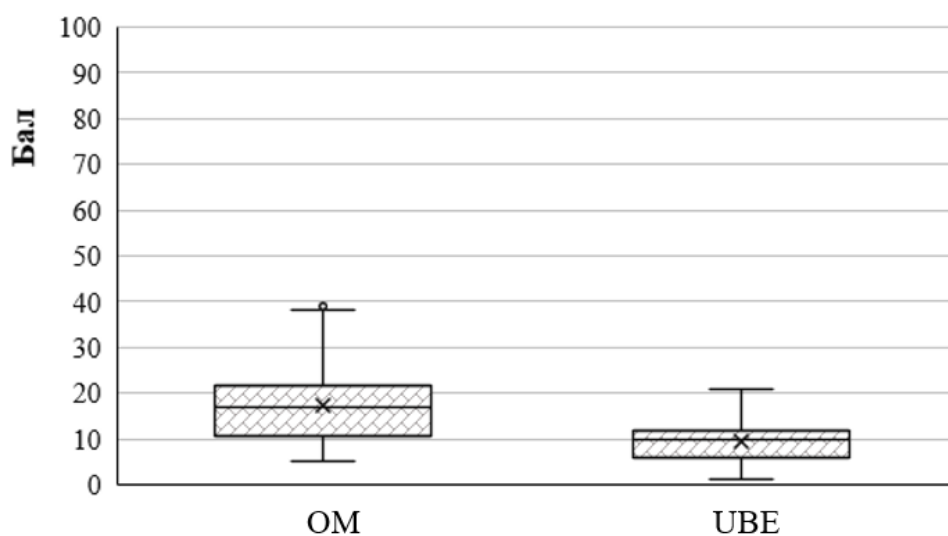


Рисунок 5.22 – Оцінка результатів за показником ODI через 2 міс. після операції

За результатами аналізу встановлено, що в групі ОМ мінімальні порушення функціонального стану спостерігалися у 47 пацієнтів, тоді як у 22 пацієнтів відзначалися порушення середнього ступеня. В групі UBE відповідні показники становили 90 та 2 пацієнти. Статистичний аналіз виявив достовірні відмінності між досліджуваними групами ( $Z = -5,222$ ;  $p < 0,001$ ), що свідчить про кращі клініко-функціональні результати у пацієнтів, яким було виконано UBE. Особливості розподілу пацієнтів за індексом Освестрі для оцінки функціональних порушень представлені на рис. 5.23.

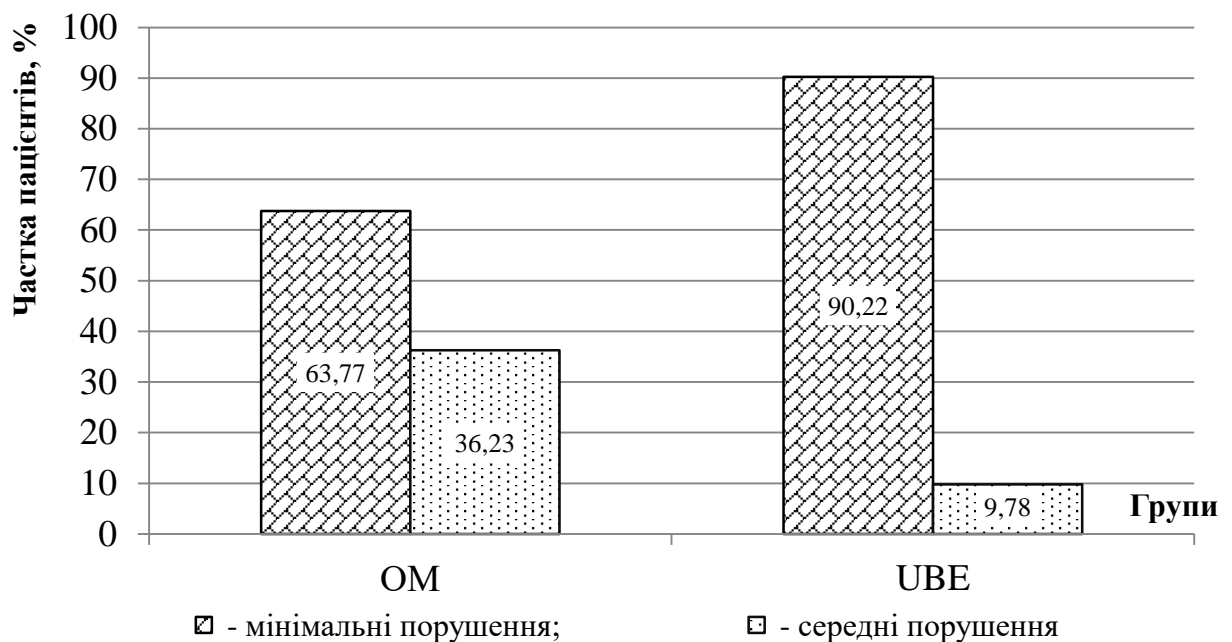


Рисунок 5.23 – Особливості розподілу пацієнтів у групах залежно від інтерпретації індексу ODI через 2 міс. після операції

Через 6 місяців після операції показник ODI в групі ОМ становив 17 (13; 19,5) %, тоді як у групі UBE – 9 (5; 12) %. Встановлено статистично значущі відмінності між групами ( $Z = -6,800$ ;  $p < 0,001$ ), що свідчить про кращі функціональні результати після UBE. Середні значення ( $\bar{x} \pm SD$ ) становили  $16,91 \pm 5,74$  % в групі ОМ та  $10,96 \pm 10,99$  % в групі UBE (рис.5.24).

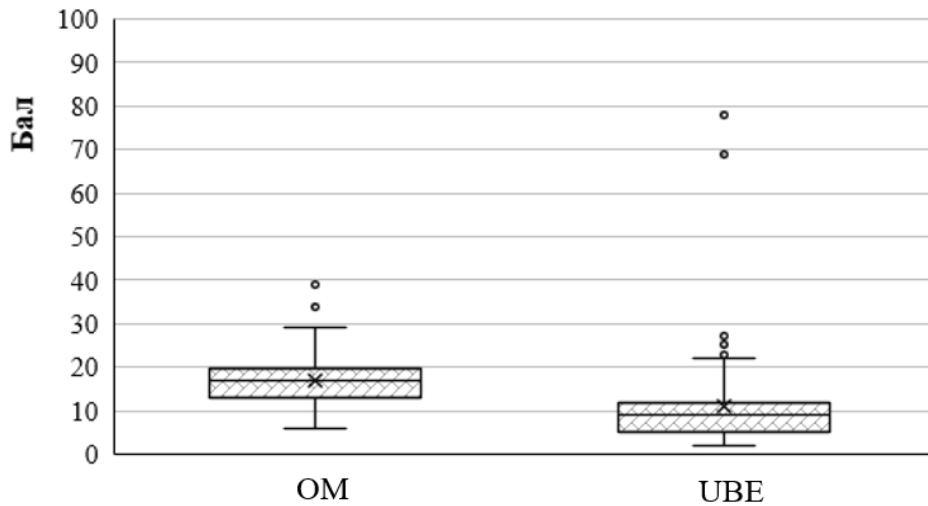


Рисунок 5.24 – Оцінка результатів за показником ODI в групах пацієнтів через 6 міс. після операції

За результатами дослідження встановлено відмінності у розподілі пацієнтів за ступенем порушень між групами. У групі OM мінімальні порушення мали 53 пацієнти, а середні – 16. У групі UBE відповідно 84 пацієнти мали мінімальні порушення, 6 – середні, а у 2 осіб зафіксовано дуже серйозні порушення (інвалідність).

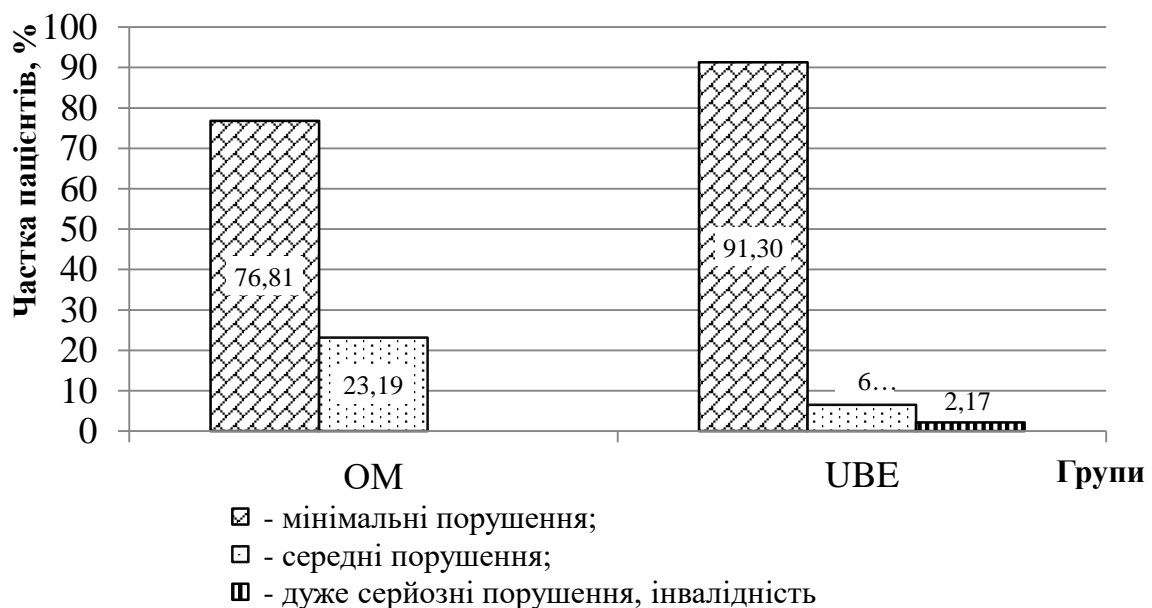


Рисунок 5.25 – Особливості розподілу пацієнтів у групах залежно від інтерпретації індексу ODI через 6 міс. після операції

Статистичний аналіз виявив достовірну різницю між групами ( $Z = -2,456$ ;  $p = 0,014$ ), при цьому група UBE продемонструвала кращі результати. Розподіл пацієнтів за ступенем порушень наведено на рис. 5.25.

Через 12 місяців після втручання індекс ODI в групі OM становив 14 (11; 20) %, тоді як в групі UBE – 10 (5; 14) %. Встановлено статистично значущі відмінності між групами ( $Z = -4,788$ ;  $p < 0,001$ ), що свідчить про кращі функціональні результати після UBE. Середні значення показника ( $\bar{x} \pm SD$ ) становили  $15,86 \pm 7,37$  % в групі OM та  $10,63 \pm 5,93$  % у групі UBE. Особливості розподілу за ODI на момент заключного опитування представлені на рис. 5.26.

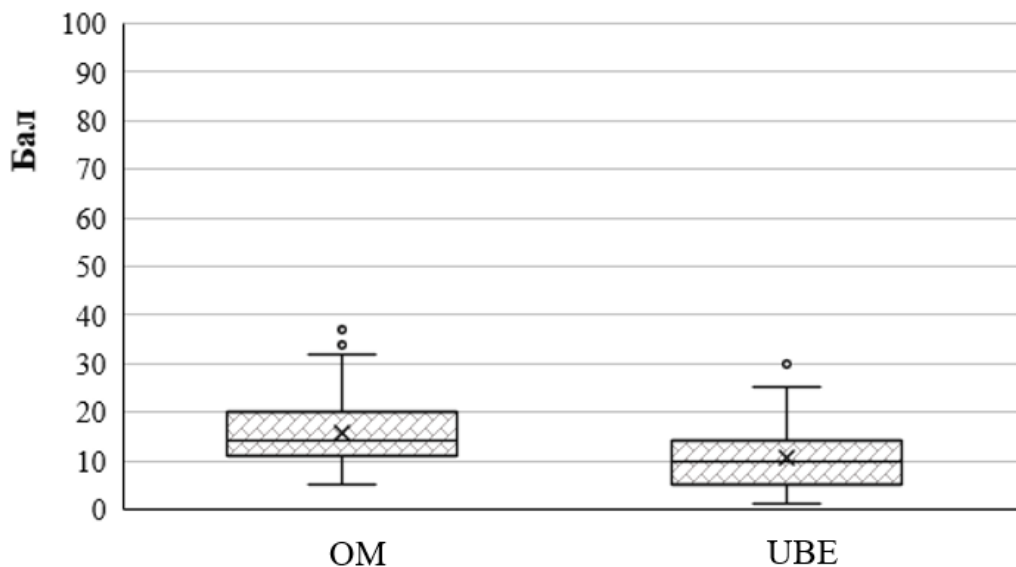


Рисунок 5.26 – Оцінка результатів за показником ODI в групах пацієнтів через 12 міс. після операції

За результатами аналізу встановлено, що в групі OM мінімальні порушення відзначали 53 пацієнти, тоді як у 16 пацієнтів спостерігалися порушення середнього ступеня. В групі UBE відповідні показники становили у 86 та 6 пацієнтів. Статистичний аналіз виявив достовірні відмінності між групами ( $Z = -3,037$ ;  $p = 0,002$ ), що свідчить про кращі клініко-функціональні результати у групі UBE. Особливості розподілу пацієнтів за ступенем порушень представлені на рис. 5.27.

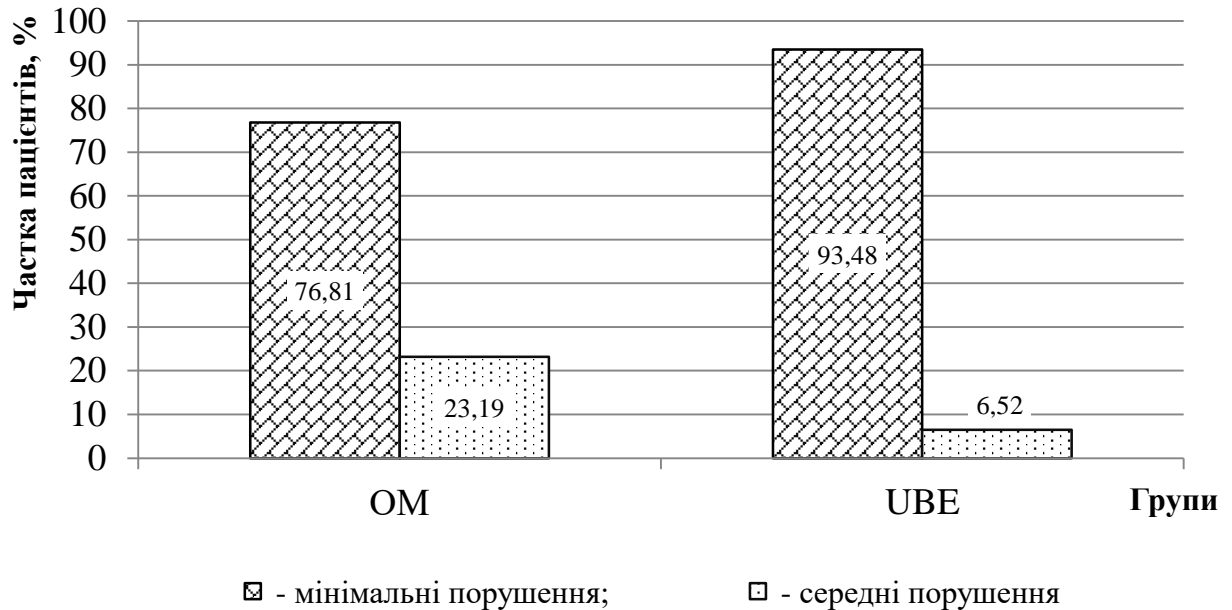


Рисунок 5.27 – Особливості розподілу пацієнтів в групах залежно від інтерпретації індексу ODI через 12 міс. після операції

Таким чином, динаміка показника ODI у пацієнтів груп OM та UBE характеризувалася статистично значущими змінами у різні строки спостереження. У групі OM двофакторний дисперсійний аналіз Фрідмана дозволив виявити достовірні відмінності між результатами оцінювання ( $Z=131,826$ ;  $p<0,001$ ), причому початкові показники статистично відрізнялися від результатів через 1 місяць після втручання ( $Z=7,080$ ;  $p<0,001$ ) та від показників у більш пізні строки ( $Z$  від 8,533 до 9,933;  $p<0,001$ ). Аналогічні результати отримано при оцінюванні вираженості порушень ( $Z=147,728$ ;  $p<0,001$ ), де початкові значення також відрізнялися від результатів через 1 місяць ( $Z=6,864$ ;  $p<0,001$ ) та від подальших оцінювань ( $Z$  від 7,241 до 8,022;  $p<0,001$ ).

У групі UBE також встановлено статистично значущу динаміку показника ODI ( $Z=194,932$ ;  $p<0,001$ ). Початкові результати достовірно відрізнялися від показників через 1 місяць після втручання ( $Z=10,654$ ;  $p<0,001$ ) та від результатів у більш пізні строки ( $Z$  від 10,397 до 10,817;  $p<0,001$ ).

Подібна тенденція спостерігалася і при оцінюванні вираженості функціональних порушень ( $Z=292,356$ ;  $p<0,001$ ), де початкові показники відрізнялися від результатів через 1 місяць ( $Z=9,675$ ;  $p<0,001$ ) та від подальших строків спостереження ( $Z$  від 9,651 до 10,397;  $p<0,001$ ). Водночас між наступними часовими точками статистично значущих відмінностей не виявлено ( $p>0,05$ ).

Таким чином, аналіз результатів за опитувальником Освестрі показав відсутність статистично значущих відмінностей між групами до оперативного втручання ( $p = 0,330$ ), що свідчить про їх початкову порівнянність. У подальшому в обох групах спостерігалася поступове зниження значень індексу ODI, що відображає покращення функціонального стану пацієнтів після оперативного лікування. Водночас у всі післяопераційні терміни спостереження (1, 2, 6 та 12 місяців) показники у групі UBE були статистично достовірно нижчими порівняно з групою OM ( $p < 0,001$ ). Отримані результати свідчать, що застосування унілатеральної біпортальної ендоскопічної дискектомії асоціюється з більш вираженим зниженням рівня функціональної інвалідизації у післяопераційному періоді порівняно з інтерламінною мікродискектомією.

#### *5.2.5. Оцінка результатів лікування за критерієм Masnav в групах спостереження*

Через один місяць після оперативного втручання між досліджуваними групами виявлено статистично значущі відмінності за показниками критерію Masnav ( $Z = -6,321$ ;  $p < 0,001$ ). Аналіз результатів продемонстрував, що пацієнти групи UBE мали достовірно кращі клінічні результати порівняно з пацієнтами групи OM, що свідчить про вищу ефективність унілатеральної біпортальної ендоскопічної дискектомії на ранньому післяопераційному етапі. Розподіл пацієнтів за категоріями критерію Masnav через один місяць після оперативного втручання наведено на рис. 5.28.

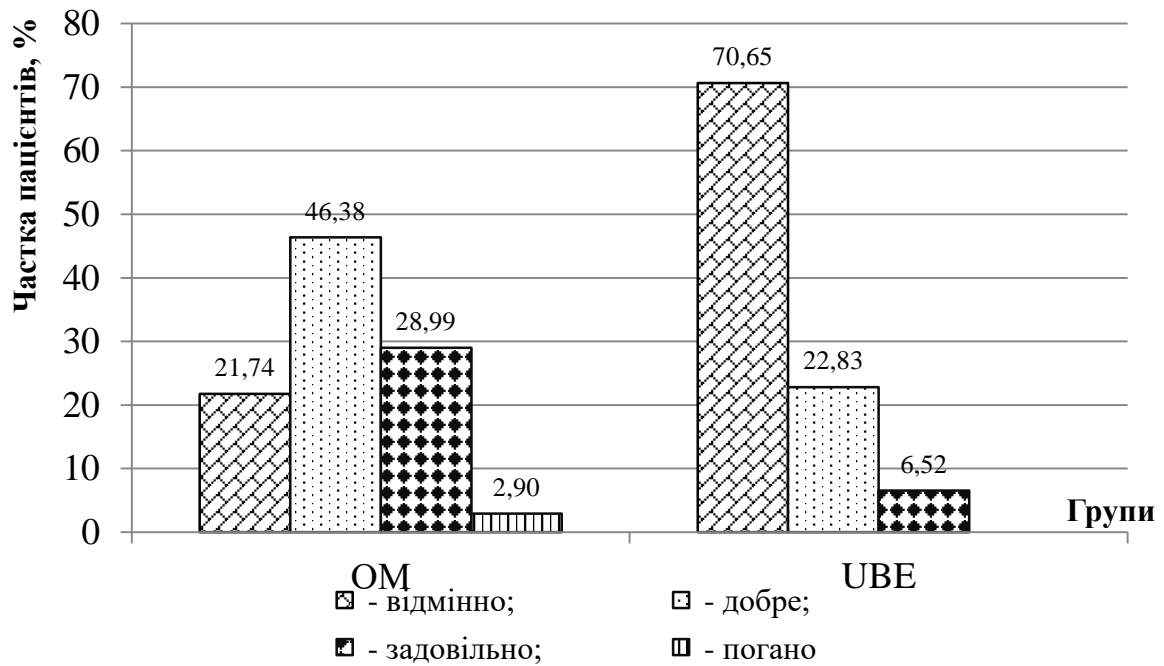


Рисунок 5.28 – Особливості розподілу пацієнтів у групах залежно від оцінки модифікованого критерію Маснаб, отриманої через 1 місяць після операції

Через два місяці після оперативного втручання між досліджуваними групами також зберігались статистично значущі відмінності за показником критерію Маснаб ( $Z = -5,438$ ;  $p < 0,001$ ), (рис.5.29).

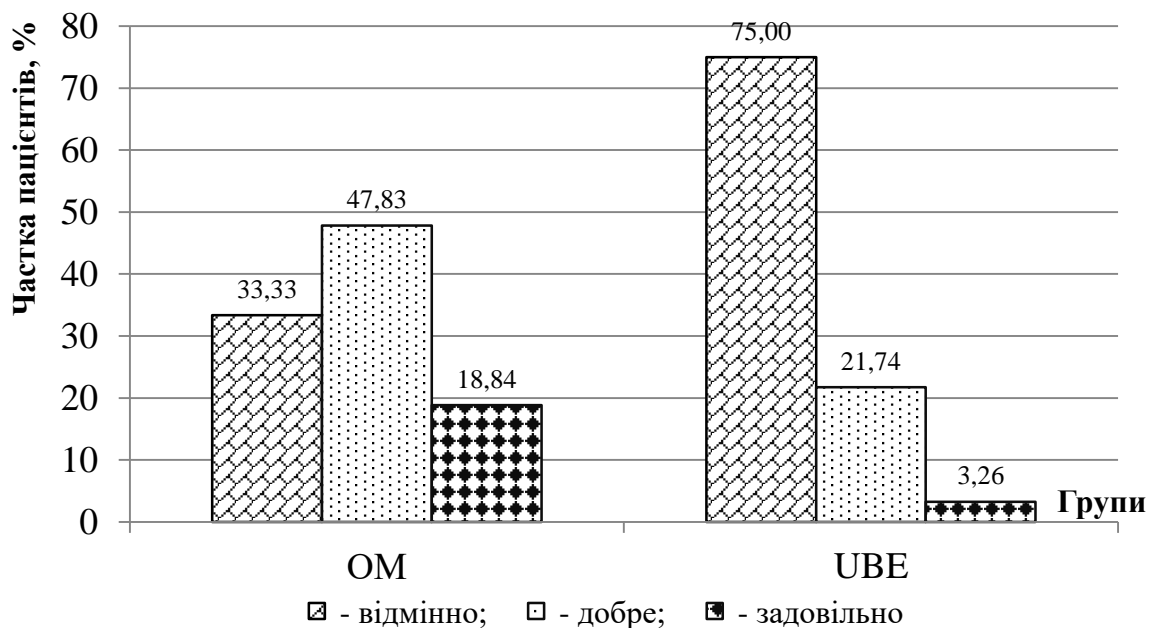


Рисунок 5.29 – Особливості розподілу пацієнтів у групах залежно від оцінки критерію Маснаб через 2 місяці після операції

Через 6 місяців після оперативного втручання між досліджуваними групами зберігалися статистично значущі відмінності за показниками модифікованого критерію Маснаб ( $Z = -3,591$ ;  $p < 0,001$ ). У групі UBE відзначено достовірно кращі клінічні результати порівняно з групою OM. Розподіл пацієнтів за категоріями модифікованого критерію Маснаб через 6 місяців після оперативного втручання наведено на рис. 5.30.

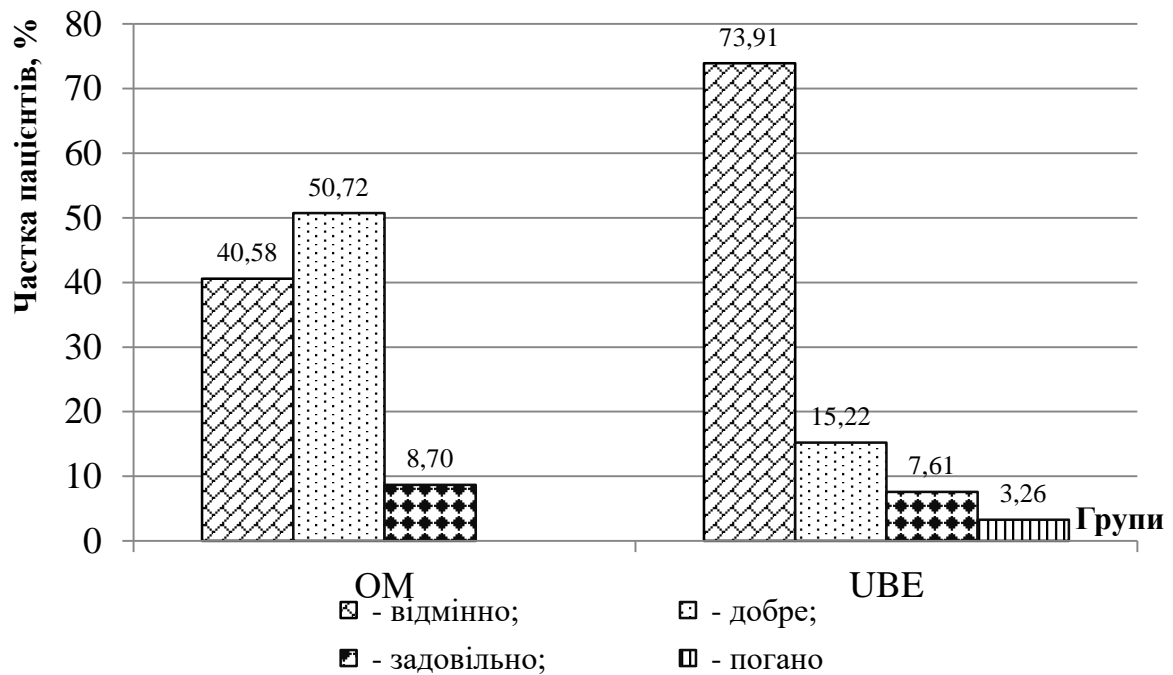


Рисунок 5.30 – Особливості розподілу пацієнтів у групах залежно від оцінки критерію Маснаб через 6 місяців після операції

Через 12 місяців після оперативного втручання між досліджуваними групами зберігалися статистично значущі відмінності за показником критерію Маснаб ( $Z = -2,602$ ;  $p < 0,001$ ). У групі UBE відзначено достовірно кращі клінічні результати порівняно з групою OM. Розподіл пацієнтів за критерієм Маснаб через 12 місяців після операції наведено на рис. 5.31.

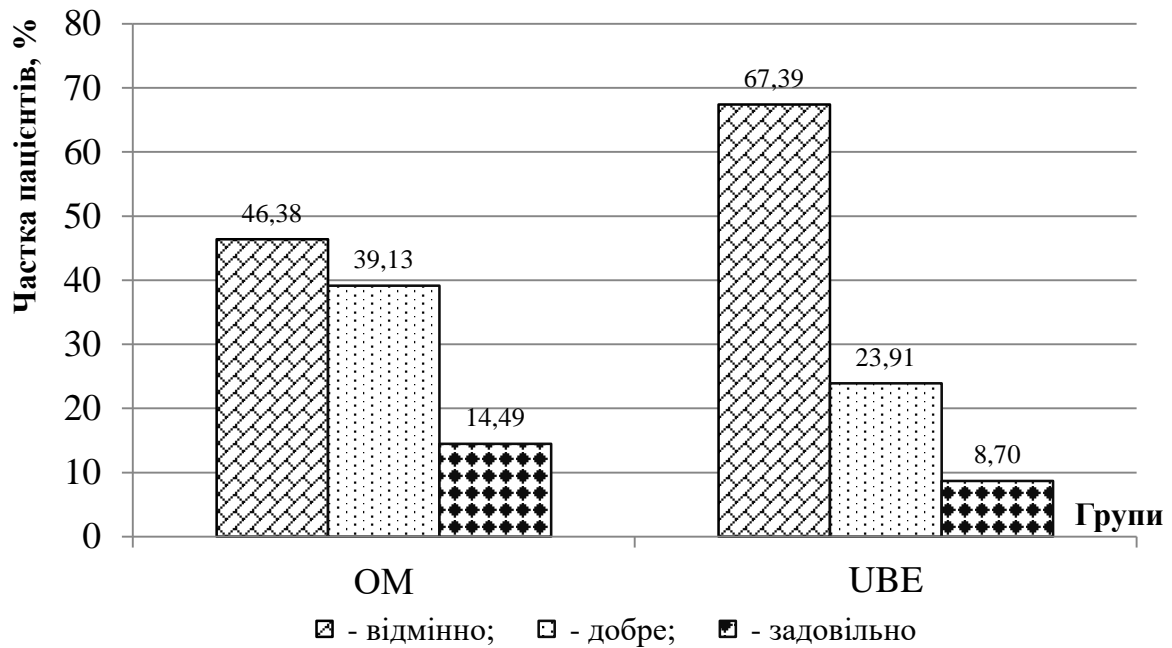


Рисунок 5.31 – Особливості розподілу пацієнтів у групах залежно від оцінки критерію Масаб через 12 місяців після операції

Порівняльний аналіз динаміки за модифікованим критерієм Масаб продемонстрував відмінності між групами OM та UBE. У групі OM двофакторний дисперсійний аналіз Фрідмана виявив статистично значущу залежність результатів від строків спостереження ( $Z=33,838$ ;  $p<0,001$ ). Зокрема, показники через 1 місяць після операції достовірно відрізнялися від результатів через 6 місяців ( $Z=-3,824$ ;  $p=0,001$ ) та через 12 місяців ( $Z=-3,956$ ;  $p<0,001$ ), що свідчить про покращення клінічних результатів у віддаленому післяопераційному періоді. Водночас між іншими часовими точками статистично значущих відмінностей не встановлено ( $p>0,05$ ), що вказує на відсутність вираженої динаміки між суміжними етапами оцінювання.

Натомість у групі UBE статистично значущих змін показників у різні строки спостереження не виявлено ( $Z=2,0881$ ;  $p=0,556$ ), що свідчить про відсутність суттєвої часової динаміки та відносну стабільність клінічних результатів протягом усього періоду спостереження.

### 5.3 Оцінка міофіброзу у післяопераційному періоді

Оцінку післяопераційного міофіброзу проводили через 9–12 місяців після хірургічного втручання, що відповідає періоду стабілізації рубцевої тканини та мінімізації впливу гострих запальних змін. Вибір зазначеного терміну контрольного обстеження ґрунтується на сучасних рекомендаціях щодо морфометричної оцінки міофіброзу в хронічній фазі післяопераційного періоду He Y et al [49].

У результаті проведеного аналізу встановлено статистично значущі відмінності між досліджуваними групами за показником об'єму міофіброзу ( $Z = -8,791$ ;  $p < 0,001$ ). Медіанне значення показника у групі OM становило  $11,5 \text{ мм}^3$  (25%; 75%:  $7,4 - 16,6 \text{ мм}^3$ ), тоді як у групі UBE –  $1,85 \text{ мм}^3$  (25%; 75%:  $0,9 - 3,05 \text{ мм}^3$ ).

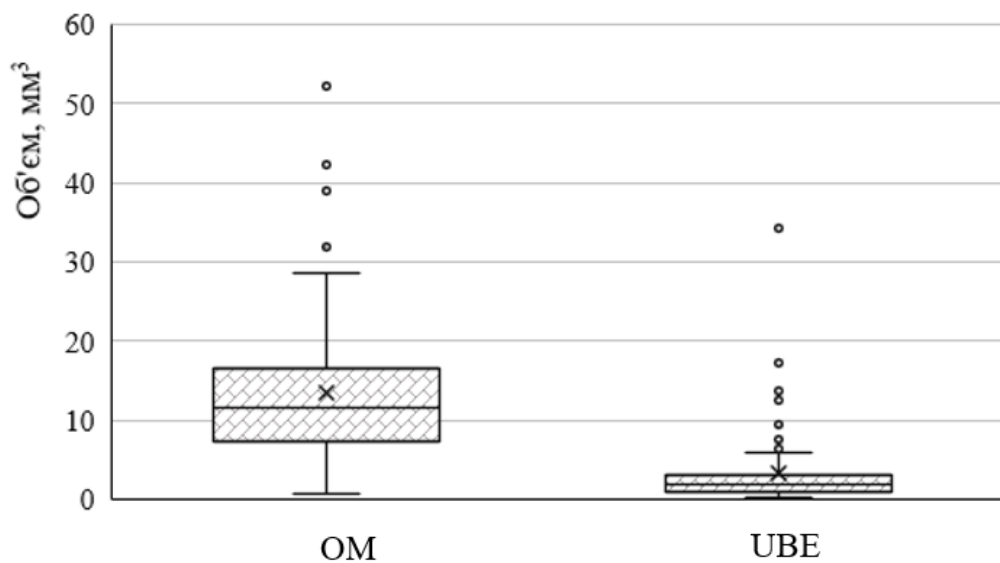


Рисунок 5.32 – Особливості розподілу за показником об'єму міофіброзу в групах пацієнтів у післяопераційному періоді

Середні значення показника ( $\bar{x} \pm SD$ ) також істотно відрізнялися: у групі OM вони становили  $13,39 \pm 9,61 \text{ мм}^3$ , а у групі UBE –  $3,26 \pm 4,8 \text{ мм}^3$ . Отримані

результати свідчать про достовірно менший об'єм міофіброзу у пацієнтів групи UBE (рис.5.32).

#### **5.4 Кореляційний аналіз клінічних та функціональних показників у післяопераційному періоді**

Кореляційний аналіз у групі ОМ продемонстрував наявність статистично значущих взаємозв'язків між клінічними та функціональними показниками у післяопераційному періоді. Зокрема, встановлено помірний прямий кореляційний зв'язок між показниками інтенсивності болю у спині та нижній кінцівці за ВАШ ( $\rho = 0,483$ ;  $p < 0,001$ ). Крім того, показник ВАШ болю у спині через 1 місяць після оперативного втручання мав помірний зворотний кореляційний зв'язок із результатами оцінки за модифікованим критерієм Маснаб ( $\rho = -0,564$ ;  $p < 0,001$ ), що вказує на асоціацію між більш вираженим больовим синдромом і нижчою клінічною ефективністю лікування.

Індекс ODI через 1 місяць після операції демонстрував статистично значущий зворотний кореляційний зв'язок із модифікованим критерієм Маснаб ( $\rho = -0,604$ ;  $p < 0,001$ ), так і у подальші строки спостереження – через 2 місяці ( $\rho = -0,437$ ;  $p < 0,001$ ) та 6 місяців ( $\rho = -0,393$ ;  $p < 0,001$ ). Через 2 місяці після операції інтенсивність болю у спині корелювала з індексом ODI ( $\rho = 0,494$ ;  $p < 0,001$ ) та модифікованим критерієм Маснаб ( $\rho = -0,548$ ;  $p < 0,001$ ), що також спостерігалось і через 6 місяців після операції ( $\rho = 0,419$ ;  $p < 0,001$  та  $\rho = -0,492$ ;  $p < 0,001$  відповідно). У свою чергу, індекс інвалідності ODI демонстрував стійкий зворотний кореляційний зв'язок із критерієм Маснаб ( $\rho = -0,609$ ;  $p < 0,001$  та  $\rho = -0,660$ ;  $p < 0,001$ ).

Через 12 місяців після оперативного втручання показник інтенсивність болю у спині корелював з індексом ODI ( $\rho = 0,544$ ;  $p < 0,001$ ) та модифікованим критерієм Маснаб ( $\rho = -0,375$ ;  $p = 0,002$ ), а також з показником об'єму міофіброзу ( $\rho = 0,406$ ;  $p = 0,001$ ). Водночас індекс ODI мав статистично значущий зв'язок як з модифікованим критерієм Маснаб ( $\rho = -0,626$ ;  $p < 0,001$ ),

так і з об'ємом міофіброзу ( $\rho = 0,674$ ;  $p = 0,001$ ). Показник об'єму міофіброзу, у свою чергу, демонстрував зворотний кореляційний зв'язок із модифікованим критерієм Masnab ( $\rho = -0,574$ ;  $p = 0,002$ ).

Кореляційний аналіз показників у групі UBE також виявив низку статистично значущих взаємозв'язків. Зокрема, встановлено прямий кореляційний зв'язок між ВАШ болю у спині та ВАШ болю у нижній кінцівці ( $\rho = 0,474$ ;  $p < 0,001$ ). Показник інтраопераційної крововтрати корелював із тривалістю використання корсету ( $\rho = 0,423$ ;  $p < 0,001$ ) та інтенсивністю болю у спині через 1 місяць після операції ( $\rho = -0,457$ ;  $p < 0,001$ ). Тривалість використання корсету також мала зворотний зв'язок з інтенсивністю болю у спині через 1 місяць ( $\rho = -0,629$ ;  $p < 0,001$ ) та через 2 місяці ( $\rho = -0,497$ ;  $p < 0,001$ ).

Крім того, інтенсивність болю у нижній кінцівці на 7-й післяопераційний день демонструвала сильний прямий кореляційний зв'язок із відповідним показником через 1 місяць після операції ( $\rho = 0,828$ ;  $p < 0,001$ ). Індекс ODI через 1 місяць після операції корелював із модифікованим критерієм Masnab ( $\rho = -0,433$ ;  $p < 0,001$ ), що також підтверджувалось через 2 місяці ( $\rho = -0,408$ ;  $p < 0,001$ ). Через 6 місяців після операції індекс ODI корелював із ВАШ болю у нижній кінцівці ( $\rho = 0,430$ ;  $p < 0,001$ ) та модифікованим критерієм Masnab ( $\rho = -0,558$ ;  $p < 0,001$ ).

Через 12 місяців після операції інтенсивність болю у спині корелювала з модифікованим критерієм Masnab ( $\rho = -0,419$ ;  $p < 0,001$ ). У той же час індекс ODI демонстрував сильний зворотний зв'язок із модифікованим критерієм Masnab ( $\rho = -0,753$ ;  $p < 0,001$ ) та прямий зв'язок із показником об'єму міофіброзу ( $\rho = 0,718$ ;  $p < 0,001$ ). Показник об'єму міофіброзу також корелював із модифікованим критерієм Masnab ( $\rho = -0,594$ ;  $p < 0,001$ ).

Таким чином, результати кореляційного аналізу свідчать про наявність статистично значущих взаємозв'язків між інтенсивністю больового синдрому, функціональним станом пацієнтів та об'ємом міофіброзу в післяопераційному

періоді, що підтверджує клінічну значущість зазначених показників для оцінки ефективності хірургічного лікування.

### 5.5 Регресійний аналіз

При проведенні регресійного аналізу було проаналізовано декілька лінійних моделей для розрахунку об'єму міофіброзу. Для покращення коефіцієнта детермінації ( $R^2$ ), скоригованого коефіцієнта детермінації ( $Adj.R^2$ ), точності (середньоквадратична похибка (RMSE, Root Mean Squared Error), середня абсолютна похибка (MAE (Mean Absolute Error)) в модель було включено взаємодію показника групи (GROUP) та Індексу Освестрі (ODI). Модифікований критерій Маснаб позначений у рівняннях як «Маснаб», а оцінка добре та відмінно відповідно 3 та 4. Значення «GROUP=2» відповідає групі UBE.

Рівняння для лінійної моделі:

$$\text{Об'єм міофіброзу (Ом)} = 5,247 - 0,719 \times 1 \{ \text{GROUP}=2 \} + 0,7978 \times \text{ODI} - 0,4505 \times (\text{ODI} \times 1 \{ \text{GROUP}=2 \}) - 4,838 \times 1 \{ \text{Маснаб}=3 \} - 5,640 \times 1 \{ \text{Маснаб}=4 \}.$$

Скорочене рівняння для ОМ (**GROUP=1**):

$$\text{Об'єм міофіброзу (Ом)} = 5,247 + 0,7978 \times \text{ODI} - 4,838 \times 1 \{ \text{Маснаб}=3 \} - 5,640 \times 1 \{ \text{Маснаб}=4 \}.$$

Скорочене рівняння для UBE (**GROUP=2**):

$$\text{Об'єм міофіброзу(Ом)} = 4,528 + 0,3473 \times \text{ODI} - 4,838 \times 1 \{ \text{Маснаб}=3 \} - 5,640 \times 1 \{ \text{Маснаб}=4 \}.$$

Якість моделі:  $R^2 = 0,714$ ,  $Adj.R^2 = 0,705$ ,  $RMSE = 4,70$ ,  $MAE = 3,12$ . Показником мультиколінеарності є коефіцієнт інфляції дисперсії (VIF, Variance Inflation Factor). Для «Маснаб=4» він склав 6,61, для «GROUP=2» – 5,44, для «GROUP=2 × ODI» – 4,74, для «Маснаб=3» – 4,16, для ODI – 3,88.

Відповідно, помірно високий VIF був у «Маснаб=4» і «GROUP=2» (є певна кореляція між змінними), але критичних значень ( $VIF > 10$ ) не було.

Помірна мультиколінеарність. Графік фактичних та прогнозованих (розрахованих) значень об'єму міофіброзу представлено нижче (рис. 5.33).

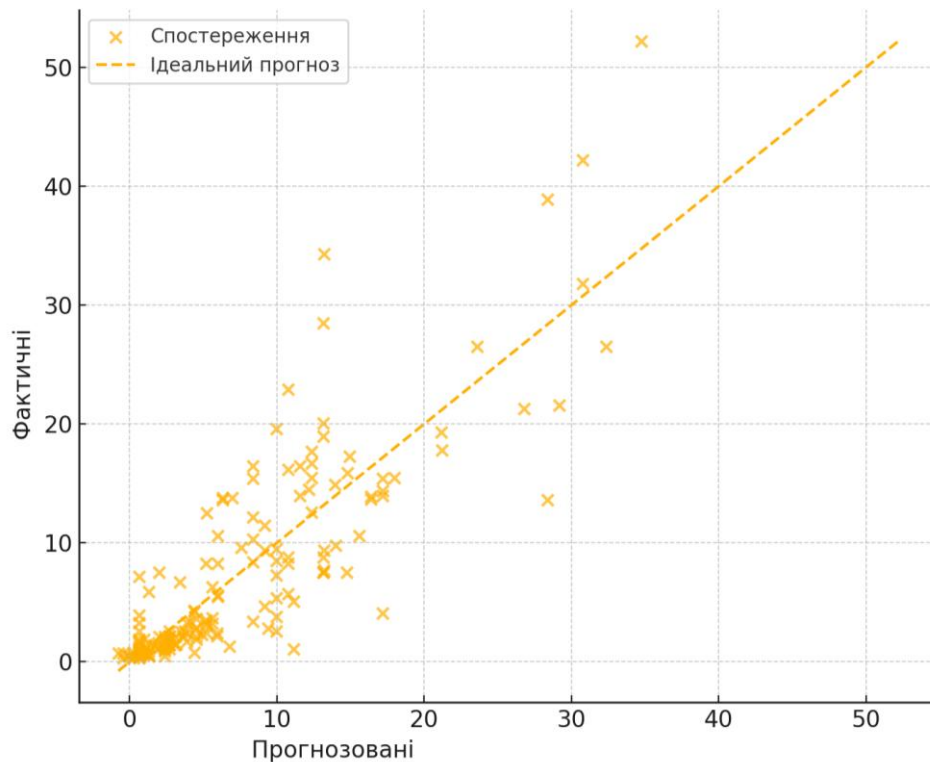


Рисунок 5.33 – Графік фактичних та прогнозованих лінійною моделлю (розрахованих) значень об'єму міофіброзу

Враховуючи наявність гетероскедастичності і відхилення від нормальності, у лінійній моделі розраховано також рівняння лог-лінійної моделі:

$$\ln(O_m) = 1,14186 - 1,82056 \times 1\{\text{GROUP}=2\} + 0,07306 \times \text{ODI} + 0,04813 \times (\text{ODI} \times 1\{\text{GROUP}=2\}) + 0,13268 \times 1\{\text{Masnab}=3\} - 0,03714 \times 1\{\text{Masnab}=4\}$$

Рівняння для повернення у початкову шкалу з Duan smearing:

$$O_m = \exp(1,14186 - 1,82056 \times 1\{\text{GROUP}=2\} + 0,07306 \times \text{ODI} + 0,04813 \times (\text{ODI} \times 1\{\text{GROUP}=2\}) + 0,13268 \times 1\{\text{Masnab}=3\} - 0,03714 \times 1\{\text{Masnab}=4\}) \times 1,2211$$

де 1,2211 – фактор Duan smearing.

Якість моделі:  $R^2$  (лог-шкала) = 0,7618,  $Adj.R^2$  (лог-шкала) = 0,7541,  $RMSE$  (лог-шкала) = 0,6065 (~83,4% відносної похибки),  $MAE$  (лог-шкала) = 0,4571 (~57,9% відносної похибки); псевдо- $R^2 \approx 0,6891$ , скоригований псевдо- $Adj.R^2 \approx 0,6790$ ,  $RMSE$  (у початковій шкалі) = 4,899 (~83,4% відносної похибки),  $MAE$  (у початковій шкалі) = 3,172. Таким чином, у вихідних одиницях пояснена дисперсія трохи нижча, ніж у лог-шкалі, що є нормальним для моделей із нелінійним перетворенням цільової змінної. Розроблена лог-лінійна модель не має ознак гетероскедастичності, а відхилення від нормальності покращилося.

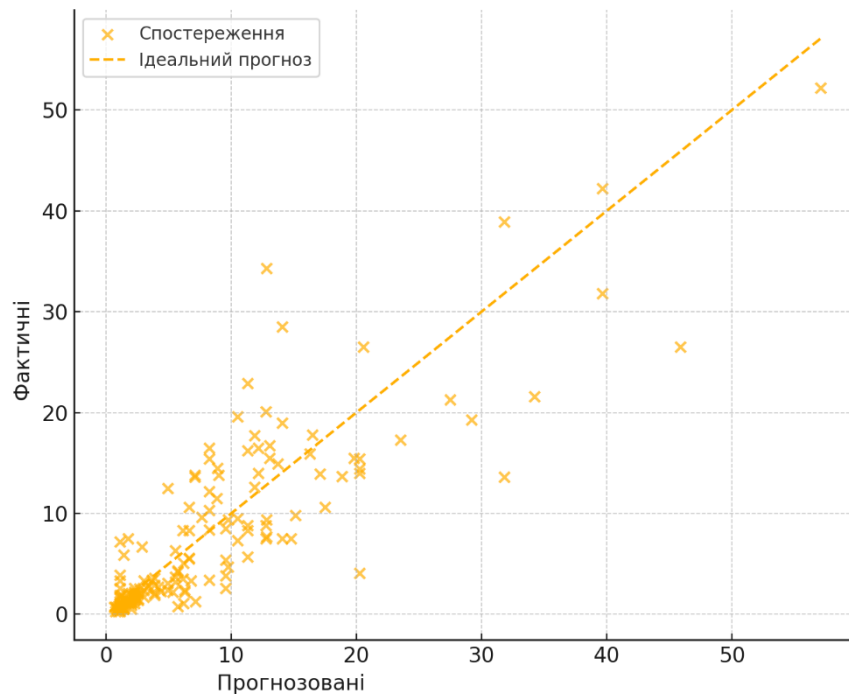


Рисунок 5.34 – Графік фактичних та прогнозованих лог-лінійною моделлю (розрахованих) значень об'єму міофіброзу

Якщо метою є максимальна пояснювальна здатність у моделі та краща діагностика залишків, то лог-лінійна модель є кращою ( $R^2$  і  $Adj.R^2$  вищі, гомоскедастична). Якщо пріоритетом є мінімальна похибка у вихідних одиницях визначення міофіброзу та простіша інтерпретація, то лінійна модель дещо краща за показниками  $RMSE$  і  $MAE$  у натуральній шкалі. Якщо дані

мають сильну асиметрію або гетероскедастичність, лог-лінійна модель є стабільнішою.

Таким чином, отримані результати регресійного аналізу дозволили кількісно оцінити вплив клінічних та функціональних показників на об'єм міофіброзу після хірургічного лікування. Побудована модель продемонструвала, що значущими предикторами формування рубцево-спайкових змін є індекс ODI, результати за модифікованим критерієм Masnav та тип виконаного хірургічного втручання.

Встановлено, що зростання значень ODI асоціюється зі збільшенням об'єму міофіброзу, що свідчить про зв'язок між вираженістю функціональних порушень та морфологічними змінами у післяопераційній зоні. Водночас кращі результати за критерієм Masnav (оцінки «добре» та «відмінно») пов'язані зі зменшенням прогнозованого об'єму міофіброзу, що підтверджує клінічну значущість цього показника як індикатора успішності лікування.

### **Висновки до 5 розділу**

Таким чином, встановлено, що тип хірургічного втручання впливає на інтенсивність формування рубцево-спайкового процесу, причому для групи UBE характерні нижчі прогнозовані значення міофіброзу, що узгоджується з перевагами мінімально інвазивних технологій.

Порівняння лінійної та лог-лінійної моделей показало, що лог-лінійна модель характеризується кращою статистичною стабільністю та відсутністю гетероскедастичності, тоді як лінійна модель забезпечує дещо точніше прогнозування у вихідних одиницях вимірювання. Це свідчить про доцільність використання лог-лінійної моделі для аналізу закономірностей формування рубцево-спайкових змін, а лінійної – для практичного прогнозування їх об'єму.

Таким чином, проведений регресійний аналіз дозволив визначити ключові фактори, що впливають на формування міофіброзу, та створити

модель прогнозування його об'єму, що має важливе значення для оцінки результатів хірургічного лікування, планування реабілітації та прогнозування віддалених клінічних наслідків.

## ВИСНОВКИ

1. Міжгрупове порівняння інтенсивності болю у спині за ВАШ не виявило статистично значущих відмінностей на 7-й післяопераційний день, а також через 2 і 6 місяців після операції. Обидва методи забезпечували достовірне зменшення інтенсивності болю у післяопераційному періоді. Перевага UBE спостерігалася лише через 1 місяць після втручання, тоді як у віддалені строки спостереження статистично та клінічно значущих відмінностей між групами не встановлено. Це дозволяє розглядати обидва методи як ефективні щодо зменшення больового синдрому, а перевагу UBE – як таку, що проявляється переважно у ранньому післяопераційному періоді.
2. Незалежно від типу оперативного втручання, в обох групах відзначалося статистично значуще зменшення інтенсивності болю у нижній кінцівці, найбільш виражене на 7-й післяопераційний день. У подальші строки спостереження показники залишалися стабільними, що свідчить про збереження досягнутого клінічного ефекту. Статистично значущих міжгрупових відмінностей за динамікою больового синдрому не встановлено.
3. Після оперативного лікування в обох групах відзначалося достовірне покращення функціонального стану за індексом ODI. Основне покращення функціонального стану пацієнтів відбувалось протягом першого місяця після операції, що підтверджувалось статистично значущими відмінностями від вихідного рівня як у групі відкритої мікродискектомії OM ( $Z=7,080$ ;  $p<0,001$ ), так і в групі UBE ( $Z=10,654$ ;  $p<0,001$ ), тоді як у подальші строки спостереження відзначалась стабілізація показників ( $p>0,05$ ); при цьому більш виражена позитивна динаміка характерна для групи UBE ( $Z=194,932$ ;  $p<0,001$ ) порівняно з OM ( $Z=131,826$ ;  $p<0,001$ ). Це свідчить про ефективніше відновлення функціональної активності та швидшу соціально-побутову адаптацію пацієнтів після біпортальної ендоскопічної дискектомії.

4. У результаті проведеного аналізу встановлено статистично значущі відмінності між досліджуваними групами за показником об'єму міофіброзу ( $Z = -8,791$ ;  $p < 0,001$ ). Медіанне значення показника у групі ОМ становило  $11,5 \text{ мм}^3$  (25%; 75%:  $7,4 - 16,6 \text{ мм}^3$ ), тоді як у групі UBE –  $1,85 \text{ мм}^3$  (25%; 75%:  $0,9 - 3,05 \text{ мм}^3$ ). Середні значення показника ( $\bar{x} \pm SD$ ) також істотно відрізнялися: у групі ОМ –  $13,39 \pm 9,61 \text{ мм}^3$ , а у групі UBE –  $3,26 \pm 4,8 \text{ мм}^3$ . Унілатеральна біпортальна ендоскопічна дискектомія забезпечує менший об'єм післяопераційного міофіброзу порівняно з інтерламінарною мікродискектомією ( $p < 0,001$ ), що підтверджує її меншу інвазивність та переваги щодо збереження паравертебральних тканин.

5. Отримані результати підтверджують, що післяопераційний міофіброз є клінічно значущим фактором, який впливає на інтенсивність больового синдрому, функціональний стан пацієнтів та віддалені результати хірургічного лікування. У групах ОМ та UBE встановлено статистично значущі взаємозв'язки між інтенсивністю больового синдрому, функціональними порушеннями (ODI) та клінічними результатами лікування за модифікованим критерієм Masnab. Через 12 місяців після операції у групі ОМ об'єм післяопераційного міофіброзу прямо корелював з індексом ODI ( $\rho = 0,674$ ;  $p = 0,001$ ) та інтенсивністю болю у спині ( $\rho = 0,406$ ;  $p = 0,001$ ), а також зворотньо – з результатами за критерієм Masnab ( $\rho = -0,574$ ;  $p = 0,002$ ). У групі UBE встановлено аналогічні, але більш виражені взаємозв'язки: між об'ємом міофіброзу та ODI ( $\rho = 0,718$ ;  $p < 0,001$ ), а також між об'ємом міофіброзу та критерієм Masnab ( $\rho = -0,594$ ;  $p < 0,001$ ). Виявлені статистично значущі кореляційні взаємозв'язки свідчать про можливість використання об'єму міофіброзу як прогностичного критерію ефективності лікування.

6. Результати гістологічного дослідження демонструють, що у дегенеративно зміненій хрящовій тканині виявлені атипові для нормального міжхребцевого диску кластери проліферації і вони достовірно залежить від фактору віку та інсулінорезистентності. Вік і інсулінорезистентність є незалежними предикторами прогресуючих дегенеративних змін, де

інсулінорезистентність виявилася більш сильним предиктором за величиною ефекту (OR=104,4 (7,2-1,6×104) vs 15,6 (CI95% 1,24-322)). Модель залежності виявлених дегенеративних зміни хрящової тканини диску від фактору інсулінорезистентності була рівна AUC=0,82, що відповідає клінічно значущому рівню.

7. Вираженість кластеризації хондроцитів, як потенційної ознаки ступеня дегенерації не залежала від фактору статі, але саме у жінок асоціація між імовірністю виявлення гістологічного маркера і інсулінорезистентністю є вищою.

8. При оцінюванні взаємозв'язку між рівнем статевих гормонів у чоловіків та жінок, інсулінорезистентністю та гістологічними проявами дегенеративних змін міжхребцевого диску за результатами логістичного регресійного аналізу не встановлено статистично значущого зв'язку між рівнем статевих гормонів та наявністю гістологічного маркера дегенерації міжхребцевого диска як у жінок (тестостерон:  $\beta=0,47$ ;  $p=0,32$ ; естрадіол:  $\beta=-0,003$ ;  $p=0,57$ ), так і у чоловіків ( $\beta=-0,31$ ;  $p=0,12$ ).

9. Удосконалено підходи щодо післяопераційної реабілітації пацієнтів після біпортальної ендоскопічної дискектомії поперекового відділу хребта шляхом розробки поетапної програми фізичної терапії, побудованої на принципах ERAS з інтеграцією біопсихосоціального підходу та SMART-плануванням. Запропонована програма доповнює існуючі реабілітаційні підходи структурованим поетапним веденням пацієнтів, ранньою активізацією, індивідуалізацією втручань і визначенням функціональних цілей на кожному етапі відновлення.

**СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Піонтковський ВК. Патогенез, діагностика та хірургічне лікування гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта у хворих похилого та старечого віку: дис. ... д-ра мед. наук: 14.01.21 – травматологія та ортопедія / В. К. Піонтковський. – Харків : Ін-т патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України, 2019. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://sytenko.org.ua/wp-content/uploads/thesis/Piontkovsky\\_VK\\_Thesis.pdf](https://sytenko.org.ua/wp-content/uploads/thesis/Piontkovsky_VK_Thesis.pdf).
2. Ahn DK, Kim YH, Ko YR, Jang SJ, Jung JS. The Influence of Systolic Blood Pressure at the Time of Extubation on the Development of Postoperative Spinal Epidural Hematoma. *Clin Orthop Surg.* 2023 Apr;15(2):265-271. doi: 10.4055/cios22297. Epub 2023 Mar 15. PMID: 37008976; PMCID: PMC10060781.
3. Ahn JS, Lee HJ, Park EJ, Kim SB, Choi DJ, Kwon YS, Chung HJ. Multifidus Muscle Changes After Biportal Endoscopic Spinal Surgery: Magnetic Resonance Imaging Evaluation. *World Neurosurg.* 2019 Oct;130:e525-e534. doi: 10.1016/j.wneu.2019.06.148. Epub 2019 Jun 27. PMID: 31254694.
4. Ahn Y, Lee S, Son S, Kim H, Kim JE. Learning curve for transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy: a systematic review. *World Neurosurg.* 2020;143:471–9. doi:10.1016/j.wneu.2020.08.044.
5. Ahn Y. Endoscopic spine discectomy: indications and outcomes. *Int Orthop.* 2019 Apr;43(4):909-916. doi: 10.1007/s00264-018-04283-w. Epub 2019 Jan 5. PMID: 30612170.
6. Ahn Y. Strategies to reduce rebound pain and facilitate early recovery after transforaminal endoscopic lumbar discectomy. *J Clin Med.* 2025;14(10):3529. doi:10.3390/jcm14103529.
7. Alvi MA, Kerezoudis P, Wahood W. Operative approaches for lumbar disc herniation: a systematic review and multiple treatment meta-analysis of conventional and minimally invasive surgeries. *World Neurosurg.* 2018. doi:10.1016/j.wneu.2018.02.156

8. Assaker R, Zairi F. Failed back surgery syndrome: to reoperate or not to re-operate? A retrospective review of patient selection and failures. *Neurochirurgie*.2015; 61: 77-S82. doi: 10.1016/j.neuchi.2014.10.108.
9. Autio RA, Karppinen J, Niinimäki J, et al. Determinants of spontaneous resorption of intervertebral disc herniations. *Spine*. 2006;31(11):1247-1252. doi:10.1097/01.brs.0000217316.12174.0f.
10. Barber SM, Nakhla J, Konakondla S, et al. Outcomes of endoscopic discectomy compared with open microdiscectomy and tubular microdiscectomy for lumbar disc herniations: a meta-analysis. *J Neurosurg Spine*. 2019;31(6):802–15. doi:10.3171/2019.6.SPINE19532
11. Benzakour T, Igoumenou V, Mavrogenis AF, Benzakour A. Current concepts for lumbar disc herniation. *Int Orthop*. 2019;43:841–51. doi:10.1007/s00264-018-4247-6
12. Bordoni B, Marelli F. Failed back surgery syndrome: review and new hypotheses. *J Pain Res*. 2016; 9: 17-22 <https://doi.org/10.2147/JPR.S96754>.
13. Bozyiğit B, Kına H. Comparison of Post-Operative Long-Term Surgical Fibrosis in the Multifidus Muscle Between Microdiscectomy and Microendoscopic Discectomy. *Med J Bakirkoy*. 2025 Mar 25;21(1):55-61. doi: 10.4274/BMJ.galenos.2025.2024.12-6.
14. Brinjikji W, Diehn FE, Jarvik JG, et al. MRI findings of disc degeneration are more prevalent in adults with low back pain than in asymptomatic controls: a systematic review and meta-analysis. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2015;36(12):2394–2399. doi:10.3174/ajnr.A4498.
15. Chang H, Xu J, Yang D, Sun J, Gao X, Ding W. Comparison of full-endoscopic foraminoplasty and lumbar discectomy (FEFLD), unilateral biportal endoscopic (UBE) discectomy, and microdiscectomy (MD) for symptomatic lumbar disc herniation. *Eur Spine J*. 2023;32:542–54. doi:10.1007/s00586-022-07510-6.

16. Chen L, Zhu B, Zhong HZ, Wang YG, Sun YS, Wang QF. The learning curve of unilateral biportal endoscopic (UBE) spinal surgery by CUSUM analysis. *Front Surg.* 2022;9:873691. doi:10.3389/fsurg.2022.873691
17. Cheng X, Bao B, Wu Y, Cheng Y, Xu C, Ye Y. Clinical comparison of percutaneous transforaminal endoscopic discectomy and unilateral biportal endoscopic discectomy for single-level lumbar disc herniation. *Front Surg.* 2022;9:1107883. doi:10.3389/fsurg.2022.1107883.
18. Choi CM, Chung JT, Lee SJ, Choi DJ. How I do it? Biportal endoscopic spinal surgery (BESS) for treatment of lumbar spinal stenosis. *Acta Neurochir (Wien).* 2016;158:459–63. doi:10.1007/s00701-015-2670-7
19. Choi DJ, Choi CM, Jung JT, Lee SJ, Kim YS. Learning curve associated with complications in biportal endoscopic spinal surgery: challenges and strategies. *Asian Spine J.* 2016;10:624–9. doi:10.4184/asj.2016.10.4.624
20. Choi DJ, Jung JT, Lee SJ, Kim YS, Jang HJ, Yoo B. Biportal endoscopic spinal surgery for recurrent lumbar disc herniations. *Clin Orthop Surg.* 2016;8:325–9. doi:10.4055/cios.2016.8.3.325.
21. Choi JY, Park HJ, Park SM, et al. Biportal endoscopic discectomy versus tubular microscopic discectomy for treating single-level lumbar disc herniation in obese patients: a multicenter, retrospective analysis. *Acta Neurochir (Wien).* 2023;165(9):2641–50. doi:10.1007/s00701-023-05686-4
22. Choi KC, Shim HK, Hwang JS, Shin SH, Lee DC, Jung HH. Comparison of surgical invasiveness between microdiscectomy and 3 different endoscopic discectomy techniques for lumbar disc herniation. *World Neurosurg.* 2018;116:e750–8. doi:10.1016/j.wneu.2018.05.085
23. Choi KC, Shim HK, Kim JS, Cha KH, Lee DC, Kim ER. Cost-effectiveness of microdiscectomy versus endoscopic discectomy for lumbar disc herniation. *Spine J.* 2019;19:1162–9. doi:10.1016/j.spinee.2019.02.003
24. Chu PL, Wang T, Zheng JL. Global and current research trends of unilateral biportal endoscopy/biportal endoscopic spinal surgery in the treatment of

lumbar degenerative diseases: a bibliometric and visualization study. *Orthop Surg.* 2022;14:635–43. doi:10.1111/os.13216

25. Chun YM, Lee SH, Moon KS, Chang MC. Treatment of dural tear with nerve root herniation after unilateral biportal endoscopic decompression using an epidural blood patch: a case report. *J Int Med Res.* 2022;50(12):3000605221144147. doi:10.1177/03000605221144147

26. Clancy C, Quinn A, Wilson F. The aetiologies of Failed Back Surgery Syndrome: A systematic review. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2017;30(3):395-402. doi:10.3233/BMR-150318.

27. Çorbacıoğlu ŞK, Aksel G. Receiver operating characteristic curve analysis in diagnostic accuracy studies: A guide to interpreting the area under the curve value. *Turk J Emerg Med.* 2023 Oct 3;23(4):195-198. doi: 10.4103/tjem.tjem\_182\_23.

28. Coronado RA, Master H, White DK, Pennings JS, Bird ML, Devin CJ, Buchowski MS, Mathis SL, McGirt MJ, Cheng JS, Aaronson OS, Wegener ST, Archer KR. Early postoperative physical activity and function: a descriptive case series study of 53 patients after lumbar spine surgery. *BMC Musculoskelet Disord.* 2020 Nov 27;21(1):783. doi: 10.1186/s12891-020-03816-y. PMID: 33246446; PMCID: PMC7697379.

29. Davidson M, Keating JL. A comparison of five low back disability questionnaires: reliability and responsiveness. *Phys Ther.* 2002 Jan;82(1):8-24.

30. De Antoni DJ, Claro ML, Poehling GG, Hughes SS. Translaminar lumbar epidural endoscopy: anatomy, technique, and indications. *Arthroscopy.* 1996;12:330–4.

31. Deng Y, Yang M, Xia C, Chen Y, Xie Z. Unilateral biportal endoscopic decompression for symptomatic thoracic ossification of the ligamentum flavum: a case control study. *Int Orthop.* 2022;46:2071–80. doi:10.1007/s00264-022-05484-0

32. Deyo RA, Weinstein JN. Low back pain. *N Engl J Med.* 2001;344(5):363-370. doi:10.1056/NEJM200102013440508.

33. Diebo BG., Passias PG., Marascalchi BJ., Jalai CM., Worley NJ., Errico TJ., Lafage V. Primary versus revision surgery in the setting of adult spinal deformity: a nationwide study on 10,912 patients. *Spine*.2015;40(21):1674-1680. doi: 10.1097/BRS.0000000000001114
34. Dolan P, Greenfield K, Nelson RJ, Nelson IW. Can exercise therapy improve the outcome of microdiscectomy? *Spine*. 2000;25:1523–1532.
35. Dongsheng Y, Xiongjie S. Effects of two kinds of surgical methods on lumbar disc herniation and lumbar spinal stenosis. *Chin J Med*. 2022;57:1105–8. doi:10.3969/j.issn.1008-1070.2022.10.01.
36. Dube CT, Gilbert HT., Rabbitte N. Proteomic profiling of human plasma and intervertebral disc tissue reveals matrixomal, but not plasma, biomarkers of disc degeneration. *Arthritis Res Ther* 27, 28 (2025). <https://doi.org/10.1186/s13075-025-03489-9>
37. Ekstrom RA, Donatelli RA, Carp KC. Electromyographic analysis of core trunk, hip, and thigh muscles during nine rehabilitation exercises. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2007;37(12):754–762.
38. Eldin MM., Razeq N. Epidural fibrosis after lumbar disc surgery: prevention and outcome evaluation. *Asian spine journal*.2015; 9(3): 370-385. doi: <https://doi.org/10.4184/asj.2015.9.3.370>.
39. Erdogmus CB, Resch KL, Sabitzer R, Müller H, Nuhr M, Schöggel A, et al. Physiotherapy-based rehabilitation following disc herniation operation: results of a randomized clinical trial. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007;32(19):2041–2049. doi:10.1097/BRS.0b013e318145a386.
40. Fairbank JCT, Pynsent PB. The Oswestry Disability Index. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000 Nov 15;25(22):2940-52.
41. Fedorov A, Beichel R, et al. “3D Slicer as an image computing platform for the Quantitative Imaging Network.” *Magn Reson Imaging*. 2012.
42. Feng Z, Zhao Z, Cui W, Meng X, Hai Y. Unilateral biportal endoscopic discectomy versus microdiscectomy for lumbar disc herniation: a systematic review

and meta-analysis. *Eur Spine J.* 2024;33(6):2139–53. doi:10.1007/s00586-023-08116-2.

43. Filiz M, Cakmak A, Ozcan E. The effectiveness of exercise programmes after lumbar disc surgery: a randomized controlled study. *Clin Rehabil.* 2005;19:4–11.

44. Fishchenko I, Balan S, Blonskyi R, Borzykh N, Kravchuk L. Our experience with the use of biportal endoscopic surgery in the treatment of herniated discs of the lumbar spine. *Georgian Med News.* 2020;(301):21–7.

45. Foocharoen T. Early outcomes: a comparison between biportal endoscopic spine surgery and open lumbar discectomy for single-level lumbar disc herniation. *J Med Assoc Thai.* 2021;104:123–8. doi:10.35755/jmedassocthai.2021.01.11524

46. Geers C, Lecouvet FE, Behets C, Malghem J, Cosnard G, Lengelé BG. Polygonal deformation of the dural sac in lumbar epidural lipomatosis: anatomic explanation by the presence of meningovertebral ligaments. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2003;24(7):1276–82.

47. Giudici P. *Applied Data Mining: Statistical Methods for Business and Industry.* John Wiley, New York. 2003.364 p.

48. Guo S, Tan H, Meng H, Li X, Su N, Yu L, Lin J, An N, Yang Y, Fei Q. Risk factors for hidden blood loss in unilateral biportal endoscopic lumbar spine surgery.2022. *Front. Surg.* 9:966197. doi: 10.3389/fsurg.2022.966197

49. He Y, Zhang L, et al. Quantitative assessment of epidural fibrosis after lumbar discectomy using 3D MRI and image segmentation techniques. *Spine (Phila Pa 1976).* 2020.

50. Heavner KK, Phillips CV, Burstyn I, Hare W. Dichotomization: 2 x 2 (x2 x 2 x 2...) categories: infinite possibilities. *BMC Med Res Methodol.* 2010 Jun 23;10:59. doi: 10.1186/1471-2288-10-59.

51. Hebert JJ, Fritz JM, Thackeray A, Koppenhaver SL, Teyhen DS. Early multimodal rehabilitation following lumbar disc surgery: a randomized clinical trial. *Br J Sports Med.* 2013;47:1–8.

52. Hebert JJ, Marcus RL, Koppenhaver SL, Fritz JM. Postoperative rehabilitation following lumbar discectomy with quantification of trunk muscle morphology and function: a case report and review. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010;40(7):402–412.

53. Heo DH, Kim JY, Park JY, Kim JS, Kim HS, Roh J, et al. Clinical experiences of 3-dimensional biportal endoscopic spine surgery for lumbar degenerative disease. *Oper Neurosurg (Hagerstown).* 2022;22(3):231–8. doi:10.1227/ONS.0000000000000090.

54. Heo DH, Sharma S, Park CK. Endoscopic treatment of extraforaminal entrapment of L5 nerve root (far out syndrome) by unilateral biportal endoscopic approach: technical report and preliminary clinical results. *Neurospine.* 2019;16:130–7. doi:10.14245/ns.1938026.013.

55. Higgins JPT, Altman DG, Gøtzsche PC, Jüni P, Moher D, Oxman AD, et al. The Cochrane Collaboration’s tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ.* 2011;343:d5928. doi:10.1136/bmj.d5928

56. Hudson D. Lumbar discectomy post-operative rehabilitation guidelines. OSUWMC; 2022.

57. Hwa Eum J, Hwa Heo D, Son SK, Park CK. Percutaneous biportal endoscopic decompression for lumbar spinal stenosis: a technical note and preliminary clinical results. *J Neurosurg Spine.* 2016;24:602–7. doi:10.3171/2015.7.SPINE15304

58. Jensen MC, Brant-Zawadzki MN, Obuchowski N, Modic MT, Malkasian D, Ross JS. Magnetic resonance imaging of the lumbar spine in people without back pain. *N Engl J Med.* 1994;331(2):69–73. doi:10.1056/NEJM199407143310201.

59. Jiang HW, Chen CD, Zhan BS, Wang YL, Tang P, Jiang XS. Unilateral biportal endoscopic discectomy versus percutaneous endoscopic lumbar discectomy in the treatment of lumbar disc herniation: a retrospective study. *J Orthop Surg Res.* 2022;17:30. doi:10.1186/s13018-022-02929-5

60. Kalfas IH. Principles of bone healing. *Neurosurg Focus*. 2001;10(4):1–4.
61. Kang MS, Hwang JH, Choi DJ, Chung HJ, Lee JH, Kim HN, Park HJ. Clinical outcome of biportal endoscopic revisional lumbar discectomy for recurrent lumbar disc herniation. *J Orthop Surg Res*. 2020; 15:557. doi:10.1186/s13018-020-02087-6.
62. Kang T, Park SY, Lee SH, Park JH, Suh SW. Assessing changes in cervical epidural pressure during biportal endoscopic lumbar discectomy. *J Neurosurg Spine*. 2020. doi:10.3171/2020.6.SPINE20586
63. Kang T, Park SY, Park GW, Lee SH, Park JH, Suh SW. Biportal endoscopic discectomy for high-grade migrated lumbar disc herniation. *J Neurosurg Spine*. 2020. doi:10.3171/2020.2.SPINE191452.
64. Kim JE, Choi DJ, Kim MC, Park EJ. Risk factors of postoperative spinal epidural hematoma after biportal endoscopic spinal surgery. *World Neurosurg*. 2019;129:e324–e329. doi:10.1016/j.wneu.2019.05.141
65. Kim JE, Choi DJ, Park EJ. Evaluation of postoperative spinal epidural hematoma after biportal endoscopic spine surgery for single-level lumbar spinal stenosis: clinical and magnetic resonance imaging study. *World Neurosurg*. 2019;126:e786–e792. doi:10.1016/j.wneu.2019.02.150
66. Kim JE, Choi DJ, Park EJ. Risk factors and options of management for an incidental dural tear in biportal endoscopic spine surgery. *Asian Spine J*. 2020;14(6):790–800. doi:10.31616/asj.2019.0297
67. Kim JY, Heo DH. Contralateral sublaminar approach for decompression of the combined lateral recess, foraminal, and extraforaminal lesions using biportal endoscopy: a technical report. *Acta Neurochir*. 2021;163:2783–7. doi:10.1007/s00701-021-04978-x.
68. Kim M, Lee S, Kim HS. A comparison of percutaneous endoscopic lumbar discectomy and open lumbar microdiscectomy for lumbar disc herniation in the Korean: a meta-analysis. *Biomed Res Int*. 2018;2018:9073460. doi:10.1155/2018/9073460.

69. Kim SK, Kang SS, Hong YH, Park SW, Lee SC. Clinical comparison of unilateral biportal endoscopic technique versus open microdiscectomy for single level lumbar discectomy: a multicenter, retrospective analysis. *J Orthop Surg Res.* 2018;13(1):22. doi:10.1186/s13018-018-0725-1
70. Kim W, Kim SK, Kang SS, Park HJ, Han S, Lee SC. Pooled analysis of unsuccessful percutaneous biportal endoscopic surgery outcomes from a multi-institutional retrospective cohort of 797 cases. *Acta Neurochir (Wien).* 2020;162:279–87. doi:10.1007/s00701-019-04162-2
71. Kotilainen E, Alanen A, Parkkola R, Helenius H, Valtonen S, Kormanen M. Cross-sectional areas of lumbar muscles after surgical treatment of lumbar disc herniation. *Acta Neurochir (Wien).* 1995;133(1-2):7–12. doi:10.1007/BF01404940
72. Kraemer, Juergen; Hasenbring, Monika; Kraemer, Robert; Taub, Ethan; Theodoridis, Theodoros; Wilke, Hans-Joachim. *Intervertebral disk diseases : causes, diagnosis, treatment, and prophylaxis (3rd ed.)*. Stuttgart: Thieme. 2009. p. 7. ISBN 978-3-13-582403-1.
73. Krämer J, Wild A, Haak H, Herdmann J, Krauspe R. Microscopic lumbar discectomy. In: Herkowitz H, ed. *The Lumbar Spine*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2004:453–463.
74. Kreiner DS, Hwang SW, Easa JE, et al. An evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of lumbar disc herniation with radiculopathy. *Spine J.* 2014;14:180–91. doi:10.1016/j.spinee.2013.08.003
75. Kulig K. An intensive, progressive exercise program reduces disability and improves functional performance in patients after single-level lumbar microdiscectomy. *Phys Ther.* 2009;89:1145–1157.
76. Kwon O, Yoo SJ, Park JY. Comparison of unilateral biportal endoscopic discectomy with other surgical techniques: a systemic review of indications and outcomes of unilateral biportal endoscopic discectomy from the current literature. *World Neurosurg.* 2022;168:349–58. doi:10.1016/j.wneu.2022.06.153
77. LeBlanc L, Moldovan ID, Sabri E, et al. Comparing the effects of early versus late exercise intervention on pain and neurodynamic mobility following

unilateral lumbar microdiscectomy: a pilot study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2021;46(18):E998–E1005. doi:10.1097/BRS.0000000000004018.

78. Lee HG, Kang MS, Kim SY, Cho KC, Na YC, Cho JM, Jin BH. Dural injury in unilateral biportal endoscopic spinal surgery. *Glob Spine J*. 2021;11:845–51. doi:10.1177/2192568220941446

79. Lee J, Kim JH, Shin DA, et al. Pathophysiology of post-laminectomy epidural fibrosis and its clinical implications. *Asian Spine J*. 2021;15(2):257–266.

80. Li WS, Yan Q, Cong L. Comparison of endoscopic discectomy versus non-endoscopic discectomy for symptomatic lumbar disc herniation: a systematic review and meta-analysis. *Glob Spine J*. 2022;12(5):1012–26. doi:10.1177/21925682211020696

81. Liang J, Lian L, Liang S, Zhao H, Shu G, Chao J. Efficacy and complications of unilateral biportal endoscopic spinal surgery for lumbar spinal stenosis: a meta-analysis and systematic review. *World Neurosurg*. 2022. doi:10.1016/j.wneu.2021.12.005

82. Lin GX, Yao ZK, Xin C, Kim JS, Chen CM, Hu BS. A meta-analysis of clinical effects of microscopic unilateral laminectomy bilateral decompression (ULBD) versus biportal endoscopic ULBD for lumbar canal stenosis. *Front Surg*. 2022;9:1002100. doi:10.3389/fsurg.2022.1002100.

83. Liu G, Liu W, Jin D, Yan P, Yang Z, Liu R. Clinical outcomes of unilateral biportal endoscopic lumbar interbody fusion (ULIF) compared with conventional posterior lumbar interbody fusion (PLIF). *Spine J*. 2023;23:271–80. doi:10.1016/j.spinee.2022.10.001.

84. Ma X, Li W, Gao S, Cao C, Li C, He L, Li M. Comparison of unilateral biportal endoscopic discectomy versus percutaneous endoscopic lumbar discectomy for the treatment of lumbar disc herniation: a systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2022;101:e30412. doi:10.1097/MD.00000000000030612

85. Macnab I. Negative disc exploration. An analysis of the causes of nerve-root involvement in sixty-eight patients. *J Bone Joint Surg Am*. 1971;53(5):891–903.

86. Manni T, Ferri N, Vanti C, Ferrari S, Cuoghi I, Gaeta C. Rehabilitation after lumbar spine surgery in adults: a systematic review with meta-analysis. *Arch Physiother.* 2023;13(1):21. doi:10.1186/s40945-023-00175-4.
87. Manniche C. Assessment and exercise in low back pain, with special reference to management following first-time lumbar disc surgery. *Dan Med Bull.* 1995;42(4):301–313.
88. Martikainen R, Takala EP, Malmivaara A. Natural course of low back pain over a three-year period. In: Krämer J, ed. *Intervertebral Disk Diseases.* Stuttgart: Thieme; 2008. p. 45–50.
89. Massicotte EM, Fehlings MG, et al. Epidural fibrosis: what we know and how to prevent it. *Spine (Phila Pa 1976).* 2012;37(18):E1141–E1150.
90. McGregor AH, Burton AK, Sell P, Waddell G. Development of an evidence-based patient booklet for lumbar discectomy. *Eur Spine J.* 2007;16:339–346.
91. McGregor AH, Dore CJ, Morris TP, Jamrozik K. Function after spinal treatment, exercise and rehabilitation (FASTER): improving the functional outcome of spinal surgery. *BMC Musculoskelet Disord.* 2010;11:17.
92. Merter A, Karaeminogullari O, Shibayama M. Comparison of radiation exposure among 3 different endoscopic discectomy techniques for lumbar disk herniation. *World Neurosurg.* 2020;139:e572–e579. doi:10.1016/j.wneu.2020.04.079.
93. Moik F, Posch F, Grilz E, Scheithauer W, Pabinger I, Prager G, Ay C. Haemostatic biomarkers for prognosis and prediction of therapy response in patients with metastatic colorectal cancer. *Thromb Res.* 2020 Mar;187:9-17. doi: 10.1016/j.thromres.2020.01.002
94. Okoroha KR, Beck EC, Keller RA, et al. Failed back surgery syndrome: evaluation and treatment strategies. *J Am Acad Orthop Surg.* 2018;26(8):261–270.
95. Oprea M, Popa I, Cimpean AM, Raica M, Poenaru DV. Microscopic assessment of degenerated intervertebral disc: clinical implications and possible therapeutic challenge. *In Vivo.* 2015 Jan-Feb;29(1):95-102.

96. Orhurhu VJ, Chu R, Gill J. Failed Back Surgery Syndrome. [Updated 2023 May 1]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK539777/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK539777/?utm_source=chatgpt.com).

97. Ostelo R, de Vet HCW, Waddell G, et al. Rehabilitation following first-time lumbar disc surgery: a systematic review. *Spine*. 2003;28:209–218.

98. Ostelo RWJ, Costa LOP, Maher CG, de Vet HCW, van Tulder MW. Rehabilitation after lumbar disc surgery: an updated Cochrane review. *Spine*. 2009;34(17):1839–1848.

99. Özden F, Koçyiğit GZ. The effect of early rehabilitation after lumbar spine surgery: a systematic review and meta-analysis. *Egypt J Neurosurg*. 2024;39:8. doi:10.1186/s41984-024-00270-z.

100. Pan M, Li Q, Li S, Mao H, Meng B, Zhou F. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy: indications and complications. *Pain Physician*. 2020;23:49–56.

101. Panic N, Leoncini E, de Belvis G, Ricciardi W, Boccia S. Evaluation of the endorsement of the preferred reporting items for systematic reviews and meta-analysis (PRISMA) statement on the quality of published systematic review and meta-analyses. *PLoS One*. 2013;8(12):e83138. doi:10.1371/journal.pone.0083138

102. Parikh K, Tomasino A, Knopman J, Boockvar J, Härtl R. Operative results and learning curve: microscope-assisted tubular microsurgery for 1- and 2-level discectomies and laminectomies. *Neurosurg Focus*. 2008;25:E14. doi:10.3171/FOC/2008/25/8/E14.

103. Park HJ, Kim SK, Lee SC, Kim W, Han S, Kang SS. Dural tears in percutaneous biportal endoscopic spine surgery: anatomical location and management. *World Neurosurg*. 2020;136:578.e1–578.e5. doi:10.1016/j.wneu.2020.01.080

104. Park S, Song K, Ham D. Comparing the efficacy and safety of biportal endoscopic discectomy with microscopic discectomy for lumbar herniated intervertebral disc: a multicentre, prospective, assessor-blinded, randomized

controlled trial. *Bone Joint J.* 2025;107-B(5):529–39. doi:10.1302/0301-620X.107B5.BJJ-2024-1560.R1

105. Park SM, Kim HJ, Kim GU, Choi MH, Chang BS, Lee CK, Yeom JS. Learning curve for lumbar decompressive laminectomy in biportal endoscopic spinal surgery using the cumulative summation test for learning curve. *World Neurosurg.* 2019;122:e1007–e1013. doi:10.1016/j.wneu.2018.10.197

106. Park SM, Lee HJ, Park HJ, Choi JY, Kwon O, Lee S, et al. Biportal endoscopic versus microscopic discectomy for lumbar herniated disc: a randomized controlled trial. *Spine J.* 2023;23:18–26. doi:10.1016/j.spinee.2022.09.003

107. Park SM, Park J, Jang HS, Heo YW, Han H, Kim HJ, et al. Biportal endoscopic versus microscopic lumbar decompressive laminectomy in patients with spinal stenosis: a randomized controlled trial. *Spine J.* 2020; 20:156–65. doi:10.1016/j.spinee.2019.09.015.

108. Pfirrmann CW, Metzdorf A, Zanetti M, Hodler J, Boos N. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. *Spine (Phila Pa 1976).* 2001;26(17):1873–8. DOI: 10.1097/00007632-200109010-00011.

109. Poppert EM, Kulig K. Rehabilitation following lumbar discectomy. *Phys Ther.* 2013;93(5):591–596.

110. Postacchini F, Cinotti G. Bone regrowth after surgical decompression for lumbar spinal stenosis. *J Bone Joint Surg Br.* 1992;74:862–869.

111. Postacchini F, Cinotti G. Lumbar epidural fibrosis and chronic low back pain after surgery. *Spine.* 1999;24(21):2246–2251.

112. Pranata R, Lim MA, Vania R, July J. Biportal endoscopic spinal surgery versus microscopic decompression for lumbar spinal stenosis: a systematic review and meta-analysis. *World Neurosurg.* 2020;138:e450–e458. doi:10.1016/j.wneu.2020.02.151

113. Rickers KW, Pedersen PH, Tvedebrink T, Eiskjær SP. Comparison of interventions for lumbar disc herniation: a systematic review with network meta-analysis. *Spine J.* 2021;21:1750–62. doi:10.1016/j.spinee.2021.02.022.

114. Ross J, Obuchowski N, Modic M. MR evaluation of epidural fibrosis: proposed grading system with intra-and inter-observer variability. *Neurological research*.1999; 21(sup1): 23-S26.
115. Ruan W, Feng F, Liu Z. Comparison of percutaneous endoscopic lumbar discectomy versus open lumbar microdiscectomy for lumbar disc herniation: a meta-analysis. *Int J Surg*. 2016;31:86–92. doi:10.1016/j.ijssu.2016.05.061
116. Rushton A, Wright C, Goodwin P, Calvert M, Freemantle N. Physiotherapy rehabilitation after first lumbar discectomy. *Spine*. 2011;36(14): 961–972.
117. Rydevik B, Brown MD, Lundborg G. Pathoanatomy and pathophysiology of nerve root compression. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1984;9(1):7–15. DOI: 10.1097/00007632-198401000-00002.
118. Saal JS, Saal JA, Herzog RJ. Inflammation and intervertebral disc herniation. Clinical and basic science evidence. *Orthop Clin North Am*. 2021;27(3):455–462.
119. Sahin E, Erken HY. A low-cost mobile training model for biportal endoscopic spinal surgery. *Turk Neurosurg*. 2023;33:53–7. doi:10.5137/1019-5149.JTN.36675-21.1
120. Selkowitz DM, Kulig K, Poppert EM, et al. Effects of exercise and education after lumbar microdiscectomy: randomized trial protocol. *BMC Musculoskelet Disord*. 2006; 7:70.
121. Sharma M, Langdon J. Surgical prevention and management strategies for epidural fibrosis. *World Neurosurg*. 2020;138: 416–424.
122. Song KS, Lee CW. The biportal endoscopic posterior cervical inclinatory foraminotomy for cervical radiculopathy: technical report and preliminary results. *Neurospine*. 2020;17:S145–S153. doi:10.14245/ns.2040228.114.
123. Stang A. Critical evaluation of the Newcastle–Ottawa scale for the assessment of the quality of nonrandomized studies in meta-analyses. *Eur J Epidemiol*. 2010;25(9):603 – 5. doi:10.1007/s10654-010-9491-z

124. Suhas S, Manjunatha N, Kumar CN, Benegal V, Rao GN, Varghese M, Gururaj G. Firth's penalized logistic regression: A superior approach for analysis of data from India's National Mental Health Survey, 2016. *Indian J Psychiatry*. 2023 Dec;65(12):1208-1213. doi: 10.4103/indianjpsychiatry.indianjpsychiatry\_827\_23. Epub 2023 Dec 11. PMID: 38298875; PMCID: PMC10826871.
125. Sorensen LT., Jorgensen S., Petersen L.J., Hemmingsen U., Bülow J., Loft S., Gottrup F. Acute effects of nicotine and smoking on blood flow, tissue oxygen, and aerobic metabolism of the skin and subcutis. *Journal of Surgical Research*. 2009; 152(2), 224-230. doi: 10.1016/j.jss.2008.02.066
126. Tenenbaum S, Arzi H, Herman A, Friedlander A, Levinkopf M, Arnold PM. Percutaneous posterolateral transforaminal endoscopic discectomy: clinical outcome, complications, and learning curve evaluation. *Surg Technol Int*. 2011;21:278–83.
127. Tudor-Locke C, Bassett DR. How many steps/day are enough? *Sports Med*. 2004;34(1):1– 8.
128. Tudor-Locke C, Hatano Y, Pangrazi RP, Kang M. Revisiting “how many steps are enough?”. *Med Sci Sports Exerc*. 2008;40(7 Suppl):S537–S543.
129. Wang L, Li C, Han K, Chen Y, Qi L, Liu X. Comparison of clinical outcomes and muscle invasiveness between unilateral biportal endoscopic discectomy and percutaneous endoscopic interlaminar discectomy for lumbar disc herniation at L5/S1 level. *Orthop Surg*. 2023;15:695–703. doi:10.1111/os.13627
130. Weidong G, Xiaoping Z, Xiaoming B, Kang Y, Huanhuan Q, Haien Z, et al. Comparison of the efficacy of unilateral biportal endoscopic and microscopic discectomy in treatment of lumbar disc herniation. *J Xi'an Jiaotong Univ (Med Sci)*. 2022;43:430–5. doi:10.7652/jdyxb202203018.
131. Xu J, Wang D, Liu J, Zhu C, Bao J, Gao W, Zhang W, Pan H. Learning curve and complications of unilateral biportal endoscopy: cumulative sum and risk-adjusted cumulative sum analysis. *Neurospine*. 2022;19:792–804. doi:10.14245/ns.2143116.558

132. Yang CC, Chen CM, Lin MH. Complications of full-endoscopic lumbar discectomy versus open lumbar microdiscectomy: a systematic review and meta-analysis. *World Neurosurg.* 2022;168: 333–48. doi:10.1016/j.wneu.2022.06.023
133. Yasargil MG, Vise WM, Bader DC. Technical adjuncts in neurosurgery. *Surg Neurol.* 1977;8:331–6.
134. Yeo J. Failed back surgery syndrome - terminology, etiology, prevention, evaluation, and management: a narrative review. *J Yeungnam Med Sci.* 2024;41(3):166-178.
135. Yong-Hing K, Kirkaldy-Willis WH. The pathophysiology of degenerative disease of the lumbar spine. *Orthop Clin North Am.* 1983;14(4):491–504.
136. Yu P, Mao F, Chen J, et al. Characteristics and mechanisms of resorption in lumbar disc herniation. *Arthritis Res Ther.* 2022;24: 205. doi:10.1186/s13075-022-02894-8
137. Zeinalizadeh, M., Miri, S. M., Ardalan, F. A., Maleki, F., Zakeri, M., Aghajanzadeh, E., & Habibi, Z. (2014). Reduction of epidural fibrosis and dural adhesions after lamina reconstruction by absorbable cement: an experimental study. *The Spine Journal*, 14(1), 113-118. doi: 10.1016/j.spinee.2013.06.065.
138. Zhang J, Gao Y, Zhao B, Li H, Hou X, Yin L. Comparison of percutaneous transforaminal endoscopic discectomy and open lumbar discectomy for lumbar disc herniations: a systematic review and meta-analysis. *Front Surg.* 2022;9:984868. doi:10.3389/fsurg.2022.984868.
139. Zhu W, Yao Y, Hao J, Li W, Zhang F. Short-term postoperative pain and function of unilateral biportal endoscopic discectomy versus percutaneous endoscopic lumbar discectomy for single-segment lumbar disc herniation: a systematic review and meta-analysis. *Appl Bionics Biomech.* 2022;5360277. doi:10.1155/2022/5360277.

## **ДОДАТКИ**

## Додаток А

## Опитувальник Oswestry (версія 2.0)

## ПІБ

№ секції	Назва секційного питання	Бали	Поступлення	Через 1 місяць	Через 6 місяців	Через 12 місяців
1	2	3	4	5	6	7
1	<b>Інтенсивність болю</b>					
	- Болю немає					
	- Легкий біль					
	- Значний біль					
	- Біль середньої тяжкості					
	- Дуже сильний біль					
	- Нестерпний біль					
2	<b>Самообслуговування</b>					
	- Можу нормально обслуговувати себе без болю					
	- Можу обслуговувати себе нормально але це боляче					
	- Самообслуговування болюче, я повинен робити все обережно і повільно					
	- Інколи необхідна стороння допомога але з більшістю справ справляюся самостійно					
	- Необхідна стороння допомога кожний день в більшості справ					
	- Не можу самостійно обслуговувати себе, більшу частину дня лежу					
3	<b>Підняття вантажу</b>					
	- Можу піднімати важкі предмети без болю					
	- Можу піднімати важкі предмети, але це боляче					
	- Біль не дозволяє мені піднімати важкі предмети з підлоги, але я можу їх пересувати, якщо вони лежать на столі					
	- Біль не дозволяє мені піднімати важкі предмети, але предмети середньої ваги можу підняти, якщо вони зручно лежать					
	- Можу піднімати тільки дуже легкі предмети					
	- Взагалі не можу нічого піднімати або носити					
4	<b>Хода</b>					
	- Можу пройти безболісно, скільки захочу					
	- Біль не дозволяє мені пройти більше, ніж 1,5км					
	- Біль не дозволяє мені пройти більше, ніж 800м					

	- Біль не дозволяє мені пройти більше, ніж 100м					
	- Можу ходити тільки за допомогою милиць або палиці					
	- Не можу ходити					
5	<b>Сидіння</b>					
	- Можу сидіти на будь-якому кріслі скільки захочу					
	- Можу сидіти на моєму спеціальному кріслі, скільки захочу					
	- Біль не дозволяє мені сидіти більше, ніж 1год					
	- Біль не дозволяє мені сидіти більше, ніж 30хв					
	- Біль не дозволяє мені сидіти більше, ніж 10хв					
	- Біль взагалі не дозволяє мені сидіти					
6	<b>Стояння</b>					
	- Можу стояти безболісно, скільки захочу					
	- Можу стояти, скільки хочу, але це викликає біль					
	- Біль не дозволяє мені стояти більше ніж 1год					
	- Біль не дозволяє мені стояти більше ніж 30хв					
	- Біль не дозволяє мені стояти більше ніж 10хв					
	- Біль взагалі не дозволяє мені стояти					
7	<b>Сон</b>					
	- Сплю, не прокидаючись від болю					
	- Інколи прокидаюся через біль					
	- Через біль не сплю більше ніж 6год					
	- Через біль не сплю більше ніж 4год					
	- Через біль не сплю більше ніж 2год					
	- Не можу взагалі спати через біль					
8	<b>Статеве життя (якщо Вас це питання не бентежить)</b>					
	- Статеве життя нормальне, безболісне					
	- Статеве життя нормальне, але дещо посилює біль					
	- Статеве життя майже нормальне, але дуже болоче					
	- Статеве життя дуже обмежене через біль					
	- Біль не дозволяє мати статеве життя взагалі					
9	<b>Суспільне життя</b>					
	- Суспільне життя нормальне і не посилює болю					
	- Суспільне життя нормальне але посилює біль					
	- Біль не впливає суттєво на моє суспільне життя, за виключенням					

	більш активних інтересів (наприклад спорт)					
	- Через біль не можу займатися суспільним життям і тому я не часто виходжу із дому					
	- Біль обмежує моє суспільне життя тільки межами дому (квартири)					
	- Через біль не беру участь в суспільному житті					
10	<b>Поїздки</b>					
	- Можу їздити, куда завгодно без посилення болю					
	- Можу їздити, куда завгодно але це посилює біль					
	- Біль дозволяє мені поїздки більше 2год					
	- Біль не дозволяє мені поїздки більше 1год					
	- Біль не дозволяє мені поїздки більше 30хв					
	- Біль не дозволяє мені їздити нікуди, крім як на лікування					
11	<b>За останніх 3місяці отримували Ви яке-небудь лікування з приводу болю в спині і (або) ногах (таблетки, медикаменти та ін.)?</b>					
	Так					
	Ні					
	Середня сума балів					
	Середній індекс дісабілітації					
	Індекс реабілітації					

Індекс дісабілітації (Josw)

$$\text{Josw} = \frac{\text{кількість балів у хворого}}{50} \times 100$$

50

### Оцінка за модифікованими критеріями Masnav

Пацієнт (ПІБ): \_\_\_\_\_

Дата операції: \_\_\_\_\_

Дата оцінки: \_\_\_\_\_

Тип втручання:  Ендоскопічна дискектомія (UBE)  Відкрита мікродискектомія

Оберіть одну категорію, яка найточніше відображає Ваш стан після операції:

Категорія	Опис результату
Excellent (Відмінно)	Повне зникнення симптомів; пацієнт повернувся до нормальної активності без обмежень
Good (Добре)	Незначні симптоми, які не впливають на повсякденну активність або працездатність
Fair (Задовільно)	Часткове покращення; біль періодичний, іноді обмежує повсякденну активність або працездатність
Poor (Погано)	Симптоми зберігаються або посилюються; ефект від хірургічного втручання відсутній.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
 Лікувально-діагностичний центр  
 «КЛІНІКА МЕД-АТЛАНТ»  
 Генеральний директор  
 Монастирський В.О.  
 2026 р.

### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів дисертаційної роботи Балана Володимира Сергійовича на тему: «Біпортальна ендоскопічна мікродиссектомія в лікуванні пацієнтів з грижами міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта».

1. «Метод прогнозування результатів хірургічного лікування гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта на підставі оцінки післяопераційного міофіброзу».

*(назва пропозиції для впровадження)*

2. ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України» (01601, м. Київ, вул. Бульварно-Кудрявська, 27) / Балан В.С.  
*(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)*

**3. Джерело інформації. Статті:**

- Balan V., Kravchuk L., Fishchenko I. Clinical comparison of unilateral biportal endoscopic technique with interlaminar microdiscectomy for single-level lumbar discectomy: a -prospective study. TRAUMA.2024; 25(4): 112-118.

- Balan, V., Kravchuk L., Fishchenko I., Uleshchenko D., Sergienko R. Evaluation of the efficiency of rehabilitation interventions in patients after unilateral biportal endoscopic discectomy." PAIN, JOINTS, SPINE. 2024; 14(№ 2): 76-82.

**4. Де і коли впроваджено:** у роботу лікувально-діагностичного центру «КЛІНІКА МЕД-АТЛАНТ».

**5. Строки виконання:** з 01.04.2026 року по теперішній час.

**6. Форма впровадження:** метод врахований при хірургічному лікуванні пацієнтів з грижами міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта.

**7. Загальна кількість спостережень:** 161 хворий.

**8. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна):** впровадження методу сприяло підвищенню ефективності лікування пацієнтів із грижами міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта, яким виконано унілатеральну біпортальну ендоскопічну диссектомію, скороченню термінів реабілітації, зменшенню частоти післяопераційних ускладнень та покращенню функціональних результатів лікування.

**9. Зауваження та пропозиції:** не вносились.

**Відповідальна за впровадження особа:**

Виконавчий директор

Явельський Т.В.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів дисертаційної роботи Балана Володимира Сергійовича на тему: «Біпортальна ендоскопічна мікродиссектомія в лікуванні пацієнтів з грижами міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта».

**1. «Метод прогнозування результатів хірургічного лікування гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта на підставі оцінки післяопераційного міофіброзу».**

*(назва пропозиції для впровадження)*

**2. ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України» (01601, м. Київ, вул. Бульварно-Кудрявська, 27) / Балан В.С.**

*(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)*

**3. Джерело інформації.** Статті:

- Balan V., Kravchuk L., Fishchenko I. Clinical comparison of unilateral biportal endoscopic technique with interlaminar microdiscectomy for single-level lumbar discectomy: a -prospective study. TRAUMA.2024; 25(4): 112–118.

- Balan, V., Kravchuk L., Fishchenko I., Uleshchenko D., Sergienko R. Evaluation of the efficiency of rehabilitation interventions in patients after unilateral biportal endoscopic discectomy." PAIN, JOINTS, SPINE. 2024; 14(№ 2): 76-82.

**4. Де і коли впроваджено:** у відділення нейрохірургії хребта і спинного мозку Комунального некомерційного підприємства «Обласна клінічна лікарня Івано-Франківської обласної Ради».

**5. Строки виконання:** з 01.04.2026 року по теперішній час.

**6. Форма впровадження:** метод врахований при хірургічному лікуванні пацієнтів з грижами міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта.

**7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна):** покращення ефективності лікування хворих із грижами міжхребцевих дисків поперекового відділу, яким було виконано унілатеральну біпортальну ендоскопічну диссектомію, скорочення термінів реабілітації, зменшення кількості ускладнень.

**8. Зауваження та пропозиції:** не вносились.

**Відповідальна за впровадження особа:**

Зав. відділенням  
нейрохірургії хребта і спинного мозку



В.С. Балан

*(посада, підпис, прізвище, ініціали)*

\_\_\_\_\_ 2026 р.