

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МЕДИЧНИХ НАУК УКРАЇНИ

Державна установа «Інститут нейрохірургії національної академії ім. акад.
А.П. Ромоданова Національна академія медичних наук України»

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ЧАМАТА РОМАН ВАЛЕРІЙОВИЧ

УДК 616.711.6/.7-007.43-089:616.711-089.843

ДИСЕРТАЦІЯ

**ДИФЕРЕНЦІЙОВАНЕ ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОДИСКЕКТОМІЇ ТА
МІКРОДИСКЕКТОМІЇ З КОРПОРОДЕЗОМ КЕЙДЖАМИ ПРИ
ГРИЖАХ ПОПЕРЕКОВО-КРИЖОВОГО ВІДДІЛУ ХРЕБТА**

222 – Медицина

22 – Охорона здоров'я

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертаційна робота містить результати досліджень автора. Використані ідеї, результати та тексти інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Чамата Р.В.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник

Слинько Євген Ігорович

доктор медичних наук, професор

Київ – 2026

АНОТАЦІЯ

Чамата Р.В. Диференційоване застосування мікродискектомії та мікродискектомії з корпородезом кейджами при грижах попереково-крижового відділу хребта. — Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 222 — Медицина, галузь знань 22 — Охорона здоров'я. ДУ «Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України», Київ, 2026.

Дисертаційна робота присвячена підвищенню ефективності хірургічного лікування пацієнтів із грижами міжхребцевих дисків попереково-крижового відділу хребта шляхом диференційованого застосування ізольованої мікродискектомії та мікродискектомії, доповненої міжтіловим корпородезом кейджами. Актуальність теми зумовлена високою поширеністю поперекового больового синдрому, значною частотою дискогенної радикулопатії, тривалою втратою працездатності у пацієнтів активного віку, а також збереженням ризику рецидиву грижі, післяопераційної сегментарної нестабільності та залишкового локального болю після ізольованих декомпресивних втручань. Попри широке застосування мікродискектомії як базового методу прямої декомпресії нервового корінця, у клінічній практиці залишається дискусійним питання, у яких випадках достатньо лише видалення дискового фрагмента, а коли необхідно поєднати декомпресію з відновленням міжтілової опори та стабілізацією рухового сегмента.

Проблема вибору оптимального обсягу операції має не лише технічне, а й клініко-біомеханічне значення. Грижа диска не завжди є ізольованим морфологічним утворенням, що лише стискає нервовий корінець. У частини пацієнтів вона є проявом більш складного патологічного процесу, який охоплює зниження висоти диска, дефект фіброзного кільця, форамінальне звуження, фасеткове перевантаження, Modic-зміни та патологічну

мікрорухливість сегмента. У таких умовах проста декомпресія може усунути корінцевий компонент, однак не завжди впливає на механічне джерело аксіального болю або на передумови повторного випинання дискового матеріалу. Саме тому сучасний підхід до хірургічного лікування має ґрунтуватися не на формальному протиставленні мікродискектомії та стабілізуючих втручань, а на визначенні клініко-рентгенологічних критеріїв, які дозволяють обрати достатній, але не надмірний обсяг операції.

Метою дослідження було покращити результати хірургічного лікування пацієнтів із грижами попереково-крижового відділу хребта шляхом обґрунтування диференційованого застосування мікродискектомії без кейджа та мікродискектомії з міжтіловою стабілізацією кейджем залежно від клінічних, функціональних і рентгенологічних характеристик ураженого сегмента. Для досягнення цієї мети було проаналізовано сучасні літературні дані щодо патогенезу, діагностики та хірургічного лікування гриж попереково-крижового відділу хребта, визначено клінічні і рентгенологічні чинники, які впливають на вибір обсягу операції, оцінено результати ізольованої мікродискектомії та мікродискектомії з корпородезом кейджами, проведено порівняння різних типів кейджів, проаналізовано особливості лікування травматичних і дегенеративних гриж, сформульовано практичний алгоритм вибору оптимальної хірургічної тактики.

Матеріал дослідження охоплював дві основні клінічні групи: 200 пацієнтів, яким виконано мікродискектомію без кейджа та 200 пацієнтів, яким виконано мікродискектомію з міжтіловою стабілізацією кейджем. Окремо проведено підгруповий аналіз 120 пацієнтів, відібраних із загальної клінічної бази для зіставлення результатів при травматичних і дегенеративних грижах диска: травматичні MD, травматичні MD + Cage, дегенеративні MD і дегенеративні MD + Cage по 30 випадків у кожній підгрупі. Така структура дослідження дала змогу оцінити не лише загальні результати двох хірургічних підходів, а також вплив етіології ураження,

стабільності сегмента, типу больового синдрому та застосування стабілізуючого компонента на віддалений клінічний результат.

Методи дослідження включали клініко-неврологічне обстеження, аналіз медичної документації, магнітно-резонансну томографію, мультиспіральну комп'ютерну томографію, функціональну рентгенографію, оцінку інтенсивності болю за візуально-аналоговою шкалою, оцінку функціонального стану за індексом непрацездатності Освестрі, післяопераційну оцінку результатів за шкалами MacNab і Prolo, а також аналіз частоти рецидиву грижі, сегментарної нестабільності, залишкового локального і радикарного болю, радикуло-неврологічної симптоматики та рентгенологічних параметрів положення і функціонального ефекту кейджа. Контрольний термін спостереження становив 12 місяців, що дало змогу оцінити не лише ранній регрес радикулопатії, а й стійкість результату, частоту несприятливих кінцевих точок і поведінку імпланта у віддаленому періоді.

Статистична обробка була узгоджена з типом даних і характером порівнянь. Для кількісних показників оцінювали розподіл, описові характеристики, внутрішньогрупову динаміку та міжгрупові відмінності. Для парних порівнянь до операції та через 12 місяців застосовували критерії для залежних вибірок, зокрема критерій Вілкоксона за відсутності нормального розподілу. Для якісних ознак використовували таблиці спряженості, χ^2 -критерій Пірсона, точний критерій Фішера, критерій Мак-Немара, а також розрахунок відносного ризику, відношення шансів, абсолютної різниці ризиків і довірчих інтервалів. Такий підхід забезпечив можливість оцінити не лише статистичну значущість, а й клінічну спрямованість і практичну вагу отриманих відмінностей.

Результати дослідження показали, що ізольована мікродискектомія є ефективним методом у пацієнтів із домінуючим корінцевим синдромом, підтвердженим компресійним механізмом симптоматики, за умови відсутності виражених ознак механічної неспроможності рухового сегмента.

Через 12 місяців після втручання у цій групі було зафіксовано статистично значуще зниження ODI та всіх компонентів ВАШ, причому найбільш вираженою була позитивна динаміка радикулярного болю. Це відповідає сутності мікродискектомії як методу прямого усунення компресії нервового корінця та підтверджує її доцільність у клінічних ситуаціях, коли провідним джерелом симптоматики є саме корінцева компресія, а не дискогенно-механічна неспроможність сегмента.

Водночас результати мікродискектомії без кейджа засвідчили наявність клінічно значущої частки несприятливих віддалених проявів. Рецидив грижі диска становив 15,0 %, а сегментарна нестабільність — 27,5 %. Ці показники вказують, що технічно успішне видалення фрагмента грижі не завжди дорівнює повному вирішенню патологічного процесу. У пацієнтів із вихідною дегенерацією диска, дефектом фіброзного кільця, зниженням висоти міжтілового проміжку, фасетковим перевантаженням або прихованою нестабільністю проста декомпресія може залишати незмінним біомеханічне підґрунтя повторного болю, рецидиву або прогресування сегментарної неспроможності. Отже, ізольована мікродискектомія має залишатися методом вибору у відповідно відібраних пацієнтів, однак її достатність повинна підтверджуватися комплексною доопераційною оцінкою.

Мікродискектомія з міжтіловою стабілізацією кейджем виявилася патогенетично обґрунтованою у пацієнтів, у яких грижа поєднувалася зі зниженням висоти диска, форамінальним стенозом, механічним попереково-крижовим болем, патологічною рухливістю сегмента або підвищеним ризиком рецидиву. У групі стабілізуючого втручання нижча частота сегментарної нестабільності, локального болю, радикулярного болю та радикуло-неврологічної симптоматики свідчила про клінічну користь стабілізуючого компонента у ретельно відібраних пацієнтів. Кейдж у таких умовах виконував не лише роль імплантата, а й функцію відновлення міжтілової опори, підтримки форамінальної висоти та зменшення патологічної мікрорухливості. Саме це пояснює його переваги тоді, коли

причиною симптомів є не тільки компресія, а також порушення механіки рухового сегмента.

Порівняльна оцінка двох основних хірургічних підходів показала, що головним результатом роботи є не протиставлення мікродискектомії та мікродискектомії з кейджем, а уточнення показань до їх диференційованого застосування. Ізольована мікродискектомія найбільш доцільна при компресійній радикулопатії у стабільному сегменті, тоді як мікродискектомія з кейджем більш обґрунтована при поєднанні грижі з дискогенно-механічним болем, форамінальним стенозом, зниженням висоти диска, сегментарною нестабільністю або високим ризиком рецидиву. Такий підхід дозволяє уникнути двох крайнощів: недостатнього лікування пацієнтів із механічною неспроможністю та необґрунтованого розширення операції там, де достатньою є декомпресія.

Окреме значення мав аналіз типів міжтілових кейджів. Встановлено, що клініко-рентгенологічний результат стабілізуючого втручання залежить не лише від факту встановлення імплантата, а й від його геометрії, площі опори, здатності відновлювати висоту диска, форамінальний простір і локальний лордоз. Прямокутний або трапецієподібний кейдж мав найбільш збалансований профіль щодо відновлення висоти диска, підтримки форамінального простору, стабільності оперованого сегмента та впливу на сагітальний профіль. Водночас отримані результати не слід трактувати як абсолютну перевагу одного типу імплантата в усіх ситуаціях: вибір кейджа має враховувати анатомію дискового простору, рівень ураження, стан замикальних пластинок, якість кісткової тканини, очікуваний вплив на лордоз і ризик міграції або просідання.

Підгруповий аналіз травматичних і дегенеративних гриж засвідчив, що етіологія ураження є важливим модифікатором клінічного результату. Травматичні грижі за стабільного сегмента і домінуючої радикулопатії можуть бути ефективно проліковані ізольованою мікродискектомією, тоді як дегенеративні грижі частіше поєднуються зі зниженням висоти диска, Modic-

змінами, фасетковим перевантаженням і форамінальним стенозом. За наявності цих ознак стабілізація може мати більшу клінічну цінність, однак рішення про кейдж має прийматися індивідуально, а не лише за етіологічним типом грижі.

Комплексна оцінка результатів за ВАШ, ODI, MacNab і Prolo показала, що ефективність лікування повинна визначатися сукупним клініко-функціональним профілем пацієнта. ВАШ характеризує інтенсивність болю, ODI — функціональні обмеження, а MacNab і Prolo дозволяють врахувати загальну клінічну оцінку, соціально-функціональне відновлення і здатність до повернення у повсякденну активність. Поєднання цих шкал запобігає однобічній інтерпретації результату.

Ключовими кінцевими точками, що визначають стійкість віддаленого результату, були рецидив грижі, сегментарна нестабільність, залишковий локальний і радикальний біль. Їх слід розглядати не лише як окремі ускладнення, а як показники біомеханічної та клінічної стабільності результату. Саме ці прояви визначають потребу в подальшому спостереженні, додатковій діагностиці або корекції лікувальної тактики.

Наукова новизна роботи полягає в уточненні клініко-рентгенологічних критеріїв диференційованого вибору між ізольованою мікродискектомією та мікродискектомією з міжтіловою стабілізацією; в обґрунтуванні ролі кейджа як стабілізуючо-реконструктивного компонента у відібраних пацієнтів; у порівняльній оцінці результатів застосування різних типів кейджів; у визначенні значення етіології грижі для прогнозування результату; у формуванні персоналізованої моделі хірургічного рішення, яка враховує не лише факт наявності грижі, а і стан усього дисково-рухового комплексу.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості кращого передопераційного відбору пацієнтів, вибору обсягу декомпресивного або декомпресивно-стабілізуючого втручання, зменшення ризику рецидиву, нестабільності, залишкового болю і повторних операцій. Запропонований алгоритм має враховувати тип болю, неврологічний статус,

рівень ураження, висоту диска, форамінальний простір, стабільність сегмента, Modic-зміни, тип грижі, ризик рецидиву та очікуваний біомеханічний ефект.

Узагальнення літературних даних, методології дослідження та власних клінічних результатів дозволило сформувати персоналізовану модель хірургічного рішення. Її основна ідея полягає в тому, що підвищення ефективності лікування досягається не універсальним розширенням операції, а точним зіставленням клінічної задачі з можливостями конкретного методу: ізольованої мікродискектомії або мікродискектомії з кейджем.

Ключові слова: грижа міжхребцевого диска, попереково-крижовий відділ хребта, мікродискектомія, міжтіловий корпородез, кейдж, сегментарна нестабільність, рецидив грижі, дегенерація міжхребцевого диска; дегенеративно-дистрофічне ураження хребта; дискогенна радикулопатія; корінцевий больовий синдром; методи лікування, нейрохірургічне лікування, діагностика, реабілітація.

ABSTRACT

Chamata R.V. Differentiated use of microdiscectomy and microdiscectomy with cage interbody fusion for lumbosacral disc herniations. — Qualifying scientific work as a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 222 — Medicine, field of knowledge 22 — Healthcare. SI “Romodanov Neurosurgery Institute, National Academy of Medical Sciences of Ukraine”, Kyiv, 2026.

The dissertation is devoted to improving the effectiveness of surgical treatment in patients with lumbosacral intervertebral disc herniations through differentiated use of isolated microdiscectomy and microdiscectomy supplemented by cage interbody fusion. The relevance of the topic is determined by the high prevalence of low back pain, the frequency of discogenic radiculopathy, long-term disability in patients of working age, and the persistent risk of recurrent disc herniation, postoperative segmental instability and residual local pain after isolated decompressive procedures. Although microdiscectomy is widely used as a basic method of direct nerve root decompression, the question remains clinically important: in which patients is removal of the disc fragment sufficient, and in which cases should decompression be combined with restoration of interbody support and stabilization of the spinal motion segment.

The choice of surgical extent has not only a technical but also a clinical and biomechanical meaning. A disc herniation is not always an isolated morphological lesion that only compresses the nerve root. In a considerable proportion of patients, it reflects a more complex pathological process involving reduced disc height, annular defect, foraminal narrowing, facet overload, Modic changes and pathological micromotion of the segment. Under such conditions, simple decompression may eliminate the radicular component but may not affect the mechanical source of axial pain or the preconditions for recurrent displacement of disc material. Therefore, a modern approach to surgical treatment should not be based on a formal opposition between microdiscectomy and stabilizing procedures,

but on clinical and radiological criteria that make it possible to choose an operation that is sufficient but not excessive.

The aim of the study was to improve surgical outcomes in patients with lumbosacral disc herniations by substantiating the differentiated use of microdiscectomy without cage implantation and microdiscectomy with cage interbody stabilization depending on the clinical, functional and radiological characteristics of the affected segment. To achieve this aim, current literature on the pathogenesis, diagnosis and surgical treatment of lumbosacral disc herniations was analyzed; clinical and radiological factors affecting the choice of surgical extent were determined; outcomes of isolated microdiscectomy and microdiscectomy with cage fusion were evaluated; different cage types were compared; features of treatment in traumatic and degenerative disc herniations were analyzed; and a practical algorithm for choosing the optimal surgical strategy was formulated.

The study material included two main clinical groups: 200 patients who underwent microdiscectomy without cage implantation and 200 patients who underwent microdiscectomy with cage interbody stabilization. A separate subgroup analysis included 120 patients selected from the general clinical database to compare outcomes in traumatic and degenerative disc herniations: traumatic MD, traumatic MD + Cage, degenerative MD and degenerative MD + Cage, with 30 cases in each subgroup. This structure made it possible to evaluate not only the general outcomes of the two surgical approaches, but also the influence of lesion etiology, segmental stability, pain pattern and use of a stabilizing component on the long-term clinical result.

The research methods included clinical and neurological examination, analysis of medical records, magnetic resonance imaging, multislice computed tomography, functional radiography, pain assessment using the visual analogue scale, functional assessment using the Oswestry Disability Index, postoperative outcome evaluation according to the MacNab and Prolo scales, and analysis of recurrent disc herniation, segmental instability, residual local and radicular pain,

radicular neurological symptoms, and radiological parameters of cage position and functional effect. The follow-up period was 12 months, which allowed evaluation not only of early radiculopathy regression but also of result stability, frequency of adverse end points and implant behavior in the delayed postoperative period.

Statistical analysis was adapted to the type of data and the nature of comparisons. For quantitative variables, distribution, descriptive characteristics, within-group dynamics and between-group differences were assessed. Paired comparisons before surgery and at 12 months were performed using tests for dependent samples, including the Wilcoxon test when normal distribution was absent. Qualitative variables were analyzed using contingency tables, Pearson's chi-square test, Fisher's exact test, McNemar's test, and calculation of relative risk, odds ratio, absolute risk difference and confidence intervals. This approach made it possible to evaluate not only statistical significance but also the clinical direction and practical importance of the observed differences.

The study showed that isolated microdiscectomy is an effective method in patients with a dominant radicular syndrome confirmed by a compressive mechanism of symptoms and without pronounced signs of mechanical insufficiency of the spinal motion segment. At 12 months after surgery, this group demonstrated a statistically significant decrease in ODI and all VAS components, with the most pronounced positive dynamics observed for radicular pain. This corresponds to the essence of microdiscectomy as a method of direct elimination of nerve root compression and confirms its appropriateness in clinical situations where the main source of symptoms is root compression rather than discogenic mechanical failure of the segment.

At the same time, the outcomes of microdiscectomy without a cage showed a clinically significant proportion of adverse long-term manifestations. Recurrent disc herniation occurred in 15.0% of cases, and segmental instability in 27.5%. These indicators demonstrate that technically successful removal of a disc fragment does not always mean complete resolution of the pathological process. In patients with pre-existing disc degeneration, annular defect, reduced interbody

height, facet overload or hidden instability, simple decompression may leave unchanged the biomechanical basis for recurrent pain, recurrence or progression of segmental insufficiency. Thus, isolated microdiscectomy should remain the method of choice in properly selected patients, but its sufficiency must be confirmed by a comprehensive preoperative assessment.

Microdiscectomy with cage interbody stabilization proved to be pathogenetically justified in patients whose disc herniation was combined with reduced disc height, foraminal stenosis, mechanical low back pain, pathological segmental mobility or increased risk of recurrence. In the stabilizing procedure group, lower rates of segmental instability, local pain, radicular pain and radicular neurological symptoms indicated the clinical benefit of the stabilizing component in carefully selected patients. Under such conditions, the cage acts not only as an implant but also as a means of restoring interbody support, maintaining foraminal height and reducing pathological micromotion. This explains its advantages when symptoms are caused not only by compression but also by impaired mechanics of the motion segment.

Comparative assessment of the two main surgical approaches showed that the principal result of the dissertation is not an opposition between microdiscectomy and microdiscectomy with a cage, but clarification of indications for their differentiated use. Isolated microdiscectomy is most appropriate for compressive radiculopathy in a stable segment, whereas microdiscectomy with a cage is more justified when disc herniation is combined with discogenic mechanical pain, foraminal stenosis, reduced disc height, segmental instability or high risk of recurrence. This approach helps avoid two extremes: insufficient treatment of patients with mechanical insufficiency and unjustified expansion of surgery where decompression alone is sufficient.

A separate aspect of the study was the analysis of interbody cage types. The clinical and radiological result of a stabilizing procedure depends not only on the fact of implant placement, but also on cage geometry, support area, ability to restore disc height, foraminal space and local lordosis. A rectangular or trapezoidal

cage had the most balanced profile regarding restoration of disc height, maintenance of foraminal space, stability of the operated segment and influence on sagittal alignment. However, these findings should not be interpreted as an absolute advantage of one implant type in all situations: cage selection should take into account disc space anatomy, affected level, condition of the endplates, bone quality, expected effect on lordosis, and risk of migration or subsidence.

Subgroup analysis of traumatic and degenerative disc herniations showed that lesion etiology is an important modifier of the clinical result. Traumatic herniations in a stable segment with dominant radiculopathy may be effectively treated by isolated microdiscectomy, whereas degenerative herniations are more often combined with reduced disc height, Modic changes, facet overload and foraminal stenosis. In such cases stabilization may have greater clinical value, but cage implantation must be decided individually rather than solely according to etiology.

Comprehensive assessment of outcomes using VAS, ODI, MacNab and Prolo demonstrated that treatment effectiveness should be determined by the combined clinical and functional profile of the patient. VAS measures pain intensity, ODI characterizes functional limitations, and MacNab and Prolo allow assessment of the overall clinical result, social and functional recovery, and return to daily activity. Their combination prevents one-sided interpretation of surgical outcomes.

The key end points determining the durability of the long-term result were recurrent disc herniation, segmental instability, residual local pain and residual radicular pain. They should be considered not merely as separate complications, but as indicators of biomechanical and clinical stability of the result. These manifestations determine the need for further follow-up, additional diagnostics or correction of treatment strategy.

The scientific novelty of the study consists in clarification of clinical and radiological criteria for differentiated choice between isolated microdiscectomy and microdiscectomy with interbody stabilization; substantiation of the role of a

cage as a stabilizing and reconstructive component in selected patients; comparative evaluation of different cage types; determination of the importance of herniation etiology for outcome prediction; and formation of a personalized model of surgical decision-making that considers not only the presence of disc herniation but also the condition of the entire disc-motion complex.

The practical value of the obtained results lies in better preoperative patient selection, choosing the extent of decompressive or decompressive-stabilizing surgery, and reducing the risk of recurrence, instability, residual pain and reoperations. The proposed algorithm should include pain type, neurological status, lesion level, disc height, foraminal space, segmental stability, Modic changes, herniation type, recurrence risk and expected biomechanical effect.

Integration of the literature review, research methodology and original clinical results made it possible to form a personalized model of surgical decision-making. Its main idea is that improved treatment effectiveness is achieved not by universal expansion of surgery, but by precise matching of the clinical task with the capabilities of a specific method: isolated microdiscectomy or microdiscectomy with a cage.

Keywords: intervertebral disc herniation; lumbosacral spine; microdiscectomy; interbody fusion; cage; segmental instability; recurrent disc herniation; intervertebral disc degeneration; degenerative-dystrophic spinal disorders; discogenic radiculopathy; radicular pain syndrome; treatment methods; neurosurgical treatment; diagnosis; rehabilitation.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Публікації, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Slynko, I. I., & Chamata, R. V. (2026). Comparison of microdiscectomy and microdiscectomy with cage interbody fusion in lumbar–sacral disc herniation. Ukrainian Neurosurgical Journal, 32(1), 106–112. <https://doi.org/10.25305/unj.341960>

(Особистий внесок здобувача полягає у визначенні дизайну дослідження, формуванні клінічних груп пацієнтів, участі у хірургічному лікуванні, збиранні та аналізі клініко-рентгенологічного матеріалу, статистичній обробці й інтерпретації результатів, підготовці та редагуванні тексту)

2. Slynko, Ye. I., & Chamata, R. V. (2026). Outcomes of Microdiscectomy in Traumatic and Degenerative Lumbar Disc Herniations: A Retrospective Comparative Study. Ukrainian Interventional Neuroradiology and Surgery, 55(1), 40–54. [https://doi.org/10.26683/2786-4855-2026-1\(55\)-40-54](https://doi.org/10.26683/2786-4855-2026-1(55)-40-54)

(Особистий внесок здобувача полягає у визначенні дизайну дослідження, формуванні клінічних груп пацієнтів, участі у хірургічному лікуванні, збиранні та аналізі клініко-рентгенологічного матеріалу, статистичній обробці й інтерпретації результатів, підготовці та редагуванні тексту)

3. Slynko, Y., Chamata, R., & Potapov, O. (2026). Impact of Interbody Cage Geometry on Outcomes of Microdiscectomy with Interbody Fusion. Eastern Ukrainian Medical Journal, 14(1), 268–281. [https://doi.org/10.21272/eumj.2026;14\(1\);268-281](https://doi.org/10.21272/eumj.2026;14(1);268-281)

(Особистий внесок здобувача полягає у визначенні дизайну дослідження, збиранні й аналізі клінічного матеріалу, оцінці результатів застосування різних типів міжтілових кейджів, статистичній обробці та інтерпретації результатів, підготовці й редагуванні тексту)

Апробація результатів проведеного дослідження:

4. Результати застосування міжтілового корпорозезу після дискектомії гриж поперекового відділу хребта / Слинько Є.І., Чамата Р.В. // Науковий простір: актуальні питання, досягнення та інновації: збірник наукових праць з матеріалами XI Міжнародної наукової конференції, м. Дніпро, Україна, 8 травня 2026 р. – Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп», 2026. – С. 509–510. DOI: <https://doi.org/10.62731/mcnd-08.05.2026>.

(Особистий внесок здобувача полягає у вивченні та узагальненні літературних даних за проблемою, зборі та аналізі клінічного матеріалу, оцінці клініко-рентгенологічних показників, інтерпретації отриманих результатів, формуванні висновків і підготовці тез до друку)

5. Індивідуалізований підхід до вибору хірургічної тактики при грижах попереково-крижового відділу хребта: мікродискектомія чи мікродискектомія з міжтіловим корпорозезом / Слинько Є.І., Чамата Р.В. // *Modern Science: Trends, Challenges, Solutions: Proceedings of the X International Scientific and Practical Conference, Liverpool, United Kingdom, May 7–9, 2026.* – Liverpool: Cognum Publishing House, 2026. – P. 92–93. ISBN 978-92-9472-191-4. URL: <https://sci-conf.com.ua/x-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-modern-science-trends-challenges-solutions-7-9-05-2026-liverpul-velikobritaniya-arhiv/>.

(Особистий внесок здобувача полягає у вивченні та узагальненні літературних даних за проблемою, зборі та аналізі клінічного матеріалу, оцінці клініко-рентгенологічних показників, інтерпретації отриманих результатів, формуванні висновків і підготовці тез до друку)

6. Клініко-рентгенологічне обґрунтування застосування кейджів при грижах поперекового відділу хребта / Слинько Є.І., Чамата Р.В. // *Eastern European Forum of New Discoveries: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Kharkiv, Ukraine, May*

11–13, 2026. – Kharkiv: naukainfo.com, 2026. – С. 133–134. DOI:
<https://doi.org/10.64828/conf-122-2026-3>.

(Особистий внесок здобувача полягає у вивченні та узагальненні літературних даних за проблемою, зборі та аналізі клінічного матеріалу, оцінці клініко-рентгенологічних показників, інтерпретації отриманих результатів, формуванні висновків і підготовці тез до друку)

7. Післяопераційна динаміка больового синдрому після декомпресивних та стабілізуючих втручань / Слинько Є.І., Чамата Р.В. // Eastern European Forum of New Discoveries: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Kharkiv, Ukraine, May 11–13, 2026. – Kharkiv: naukainfo.com, 2026. – С. 155–156. DOI:
<https://doi.org/10.64828/conf-122-2026-5>.

(Особистий внесок здобувача полягає у вивченні та узагальненні літературних даних за проблемою, зборі та аналізі клінічного матеріалу, оцінці клініко-рентгенологічних показників, інтерпретації отриманих результатів, формуванні висновків і підготовці тез до друку)

8. Значення Modic-змін у виборі методу хірургічного лікування гриж поперекового відділу хребта / Слинько Є.І., Чамата Р.В. // Eastern European Forum of New Discoveries: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Kharkiv, Ukraine, May 11–13, 2026. – Kharkiv: naukainfo.com, 2026. – С. 161–162. DOI:
<https://doi.org/10.64828/conf-122-2026-4>.

(Особистий внесок здобувача полягає у вивченні та узагальненні літературних даних за проблемою, зборі та аналізі клінічного матеріалу, оцінці клініко-рентгенологічних показників, інтерпретації отриманих результатів, формуванні висновків і підготовці тез до друку)

9. Вплив нестабільності на формування рецидиву грижі поперекового відділу хребта / Слинько Є.І., Чамата Р.В. // Modern Perspectives on Global Scientific Solutions: Proceedings of the 8th International Scientific

and Practical Conference, Bergen, Norway, May 18–20, 2026. – Bergen:
European Open Science Space, 2026. – С. 428. ISBN 979-8-89704-959-2.
DOI: <https://doi.org/10.70286/EOSS-18.05.2026>.

(Особистий внесок здобувача полягає у вивченні та узагальненні літературних даних за проблемою, зборі та аналізі клінічного матеріалу, оцінці клініко-рентгенологічних показників, інтерпретації отриманих результатів, формуванні висновків і підготовці тез до друку)

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	22
ВСТУП.....	23
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	28
1.1. Медико-соціальна значущість гриж попереково-крижового відділу хребта.....	28
1.2. Анатомо-біомеханічні передумови формування дискогенної радикулопатії.....	30
1.3. Етіопатогенез і морфологічні варіанти гриж міжхребцевих дисків	32
1.4. Клінічні прояви та критерії оцінки тяжкості стану пацієнтів	33
1.5. Нейровізуалізаційна діагностика та оцінка нестабільності	35
1.6. Консервативне лікування та межі його ефективності.....	36
1.7. Еволюція хірургічних методів лікування гриж поперекового диска.....	37
1.8. Мікродискектомія: техніка, переваги та обмеження	39
1.9. Рецидив грижі та післяопераційна нестабільність як ключові проблеми	40
1.10. Мікродискектомія з міжтіловим корпородезом кейджами: принципи та очікувані ефекти	42
1.11. Типи міжтілових кейджів, матеріали та конструктивні особливості	43
1.12. Порівняльна ефективність мікродискектомії та мікродискектомії з корпородезом	44
1.13. Показання та протипоказання до диференційованого вибору хірургічної тактики.....	46
1.14. Особливості мікродискектомії та мікродискектомії зі спондилодезом кейджем при травматичних і дегенеративних грижах міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта	47
1.15. Ускладнення та фактори ризику несприятливих результатів.....	51
1.16. Реабілітація, оцінка віддалених результатів і якість життя.....	52
1.17. Невирішені питання та обґрунтування напряму дисертаційного дослідження.	53

Висновки до розділу 1.....	55
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	56
2.1. Загальна характеристика дизайну дослідження.....	56
2.2. Об'єкт, предмет і клінічні групи дослідження.....	58
2.3. Критерії включення пацієнтів у дослідження.....	60
2.4. Критерії невключення та виведення з дослідження.....	63
2.5. Доопераційне клінічне обстеження.....	64
2.6. Інструментальна діагностика та рентгенологічна оцінка.....	65
2.7. Методика мікродиссектомії без кейджа.....	67
2.8. Методика мікродиссектомії з міжтіловою стабілізацією кейджем.....	69
2.9. Післяопераційне ведення та контрольний період спостереження.....	71
2.10. Оцінка больового синдрому за числовою рейтинговою шкалою ВАШ.....	73
2.11. Оцінка функціонального стану за індексом непрацездатності Освестрі.....	75
2.12. Оцінка результатів за шкалою MacNab.....	76
2.13. Оцінка функціонально-економічного результату за шкалою Prolo.....	77
2.14. Оцінка сегментарної нестабільності.....	78
2.15. Оцінка рецидиву, міграції кейджа, Modic-змін і повторних операцій.....	79
2.16. Структура бази даних і кодування показників.....	81
2.17. Загальний план статистичної обробки даних.....	82
2.18. Статистичні критерії для аналізу кількісних показників.....	84
2.19. Статистичні критерії для аналізу якісних показників.....	86
2.20. Розмір ефекту, довірчі інтервали і контроль множинних порівнянь.....	88
2.21. Аналіз підгруп і факторів, пов'язаних із результатом.....	90
2.22. Етичні аспекти, захист даних і обмеження методики.....	92

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ	94
3.1. Загальна характеристика досліджуваних клінічних груп	95
3.2. Клініко-функціональні результати ізольованої мікродискектомії.....	97
3.3. Якісні клінічні результати після мікродискектомії без кейджа	101
3.4. Післяопераційна оцінка результатів за MacNab і Prolo у групі мікродискектомії	103
3.5. Результати мікродискектомії з міжтіловою стабілізацією кейджем	104
3.6. Клініко-рентгенологічні результати залежно від типу кейджа.....	106
3.7. Порівняльна оцінка мікродискектомії без кейджа та мікродискектомії з кейджем	109
3.8. Порівняльна оцінка результатів мікродискектомії та мікродискектомії з міжтіловою стабілізацією при травматичних і дегенеративних грижах.....	111
3.9. Узагальнення результатів розділу	120
РОЗДІЛ 4. ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ.....	123
РОЗДІЛ 5. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	147
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	150
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	152

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

MD	— microdiscectomy, мікродискектомія;
MD + Cage	— microdiscectomy with cage interbody fusion, мікродискектомія з міжтіловим корпородезом кейджем;
ODI	— Oswestry Disability Index, індекс непрацездатності Освестрі;
ВАШ / VAS	— візуально-аналогова шкала / Visual Analogue Scale;
MPT / MRI	— магнітно-резонансна томографія / Magnetic Resonance Imaging;
МСКТ / MSCT	— мультиспіральна комп'ютерна томографія / Multislice Computed Tomography.

ВСТУП

Актуальність теми

Грижі міжхребцевих дисків попереково-крижового відділу хребта залишаються однією з провідних причин дискогенної радикулопатії, хронічного поперекового болю, тимчасової втрати працездатності та зниження якості життя пацієнтів працездатного віку. Незважаючи на значний розвиток консервативних, мікрохірургічних, ендоскопічних і стабілізуючих методів лікування, проблема вибору оптимального обсягу операції залишається дискусійною.

Ізольована мікродискектомія є загальновизнаним методом прямої декомпресії нервового корінця при симптомній грижі диска, однак вона не завжди усуває біомеханічні передумови рецидиву, збереження аксіального болю та післяопераційної сегментарної нестабільності. У пацієнтів зі зниженням висоти міжхребцевого проміжку, форамінальним стенозом, Modic-змінami, механічним поперековим болем або рецидивною грижею проста декомпресія може бути недостатньою.

Мікродискектомія з міжтіловим корпородезом кейджем поєднує декомпресію з відновленням міжтілової опори, збільшенням висоти міжхребцевого отвору та стабілізацією оперованого сегмента. Разом з тим рутинне застосування стабілізації при кожній первинній грижі диска не є обґрунтованим через більший обсяг втручання, ризик імплант-асоційованих ускладнень та потенційне навантаження на суміжні сегменти. Отже, ключовим є не протиставлення двох методів, а розробка диференційованого підходу до їх застосування.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційну роботу виконано в ДУ «Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України» відповідно до клінічного та наукового напрямку установи, пов'язаного з удосконаленням діагностики й хірургічного лікування патології хребта та спинномозкових корінців. Реквізити планової науково-

дослідної теми, номер державної реєстрації та внутрішній шифр теми підлягають уточненню за матеріалами установи.

Мета дослідження

Покращити результати хірургічного лікування пацієнтів із грижами попереково-крижового відділу хребта шляхом обґрунтування диференційованого застосування мікродискектомії та мікродискектомії з міжтіловим корпородезом кейджами залежно від клініко-рентгенологічних характеристик ураженого сегмента.

Завдання дослідження

1. Проаналізувати сучасні літературні дані щодо патогенезу, клініки, діагностики та хірургічного лікування гриж попереково-крижового відділу хребта.
2. Визначити клінічні та рентгенологічні чинники, які впливають на вибір між ізольованою мікродискектомією та мікродискектомією з міжтіловою стабілізацією кейджем.
3. Оцінити клініко-функціональні результати мікродискектомії без кейджа за показниками ВАШ, ODI, MacNab, Prolo, частотою рецидиву та сегментарної нестабільності.
4. Оцінити результати мікродискектомії з міжтіловим корпородезом кейджем за аналогічними клінічними, функціональними і рентгенологічними критеріями.
5. Порівняти клініко-рентгенологічні результати застосування різних типів міжтілових кейджів.
6. Проаналізувати особливості результатів хірургічного лікування при травматичних і дегенеративних грижах міжхребцевих дисків.
7. Сформулювати практичний алгоритм вибору оптимальної хірургічної тактики у пацієнтів із грижами попереково-крижового відділу хребта.

Об'єкт дослідження

Пацієнти з клінічно та інструментально підтвердженими грижами міжхребцевих дисків попереково-крижового відділу хребта, яким виконано хірургічне лікування.

Предмет дослідження

Клінічні, функціональні та рентгенологічні результати мікродискектомії без кейджа і мікродискектомії з міжтіловим корпородезом кейджами, а також критерії диференційованого вибору між цими методами.

Методи дослідження

У роботі використано клініко-неврологічні методи обстеження, аналіз медичної документації, МРТ, МСКТ, функціональну рентгенографію, оцінку болю за ВАШ, оцінку функціонального стану за ODI, післяопераційну оцінку за шкалами MacNab і Prolo, а також статистичні методи порівняння залежних і незалежних вибірок, χ^2 -критерій Пірсона, точний критерій Фішера, критерій Мак-Немара, критерій Вілкоксона, аналіз розміру ефекту, відносного ризику та 95 % довірчих інтервалів.

Наукова новизна отриманих результатів

1. Уточнено клініко-рентгенологічні критерії вибору між ізольованою мікродискектомією та мікродискектомією з міжтіловою стабілізацією кейджем при грижах попереково-крижового відділу хребта.
2. Обґрунтовано, що застосування кейджа є найбільш доцільним у пацієнтів із поєднанням корінцевого синдрому з механічним поперековим болем, зниженням висоти диска, форамінальним стенозом, ознаками нестабільності або підвищеним ризиком рецидиву.
3. Показано, що тип і геометрія міжтілового кейджа мають значення для відновлення висоти диска, міжхребцевого отвору, локального лордозу та стабільності оперованого сегмента.

4. Сформовано практично орієнтовану модель диференційованого хірургічного вибору, що враховує не лише наявність грижі, а й стан усього рухового сегмента.

Практичне значення отриманих результатів

Практичне значення роботи полягає у можливості використання отриманих результатів для передопераційного відбору пацієнтів, вибору обсягу декомпресивного або декомпресивно-стабілізуючого втручання, зменшення частоти рецидиву грижі, післяопераційної нестабільності, залишкового больового синдрому та повторних операцій. Запропонований алгоритм може бути використаний у клінічній практиці нейрохірургічних і ортопедо-травматологічних відділень, що виконують хірургічне лікування дегенеративної патології попереково-крижового відділу хребта.

Особистий внесок здобувача

Здобувачем визначено дизайн дослідження, сформовано клінічні групи, проведено збір і систематизацію клініко-рентгенологічного матеріалу, виконано статистичну обробку, інтерпретацію результатів, підготовку основних положень дисертації, публікацій і матеріалів апробації. Хірургічне лікування виконувалося за участю здобувача та під керівництвом наукового керівника.

Апробація результатів дисертації

Основні положення роботи апробовано у фахових публікаціях і матеріалах наукових конференцій, наведених у списку публікацій здобувача. Результати дослідження доповідалися та обговорювалися в межах наукових заходів, присвячених сучасним питанням нейрохірургії, хірургії хребта, інтервенційної нейрорадіології та клінічної медицини.

Публікації

За матеріалами дисертації опубліковано 9 наукових праць, зокрема 3 статті, в яких висвітлено основні наукові результати дисертації, та 6 матеріалів апробації результатів дослідження.

Використання інструментів штучного інтелекту

Під час підготовки дисертаційної роботи частково використовували інструменти штучного інтелекту, зокрема ChatGPT, виключно для мовно-стилістичного редагування, уточнення окремих формулювань і структурування викладу. Визначення дизайну дослідження, формування клінічних груп, збір і аналіз клініко-рентгенологічного матеріалу, статистичну обробку даних, інтерпретацію отриманих результатів, формулювання наукових положень, висновків і практичних рекомендацій здійснено автором самостійно. Інструменти штучного інтелекту не використовували для формування первинних даних або заміни авторської наукової оцінки.

Структура та обсяг дисертації

Дисертація складається з титульного аркуша, анотацій українською та англійською мовами, списку публікацій здобувача, змісту, вступу, огляду літератури, розділу матеріалів і методів, розділу результатів дослідження, обговорення результатів, загальних висновків, практичних рекомендацій і списку використаних джерел. Роботу викладено на 124 сторінках машинописного тексту; вона містить 26 таблиць, 9 рисунків. Список використаних джерел налічує 222 найменування.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Проблема хірургічного лікування гриж попереково-крижового відділу хребта зберігає високу актуальність у сучасній нейрохірургії, оскільки поєднує значну поширеність патології, соціальну вагомість больового синдрому та неоднозначність вибору оптимального обсягу втручання [1–4]. Мікродискектомія протягом тривалого часу розглядається як стандартний метод декомпресії нервового корінця при симптомній грижі диска, однак клінічна практика демонструє, що частина пацієнтів після ізольованої декомпресії має рецидив, збереження аксіального болю або ознаки нестабільності [4–10]. Це обґрунтовує необхідність аналізу можливостей міжтілового корпорозу кейджами як стабілізуючого компонента операції [9–11].

Метою цього огляду є узагальнення сучасних даних щодо патогенезу, діагностики, хірургічної тактики та результатів лікування гриж попереково-крижового відділу, а також визначення літературних передумов для диференційованого застосування мікродискектомії і мікродискектомії з корпорозом кейджами. Особлива увага приділена проблемам рецидиву, післяопераційної нестабільності, вибору типу кейджа, імплант-асоційованих ускладнень і критеріям оцінки найближчих та віддалених результатів [8–12].

1.1. Медико-соціальна значущість гриж попереково-крижового відділу хребта

Дегенеративно-дистрофічні ураження міжхребцевих дисків попереково-крижового відділу хребта належать до найпоширеніших причин вертеброгенного больового синдрому, радикулопатії та тимчасової втрати працездатності в осіб працездатного віку [1–4]. Поперековий відділ зазнає найбільшого осьового та ротаційного навантаження, тому саме на рівнях L4-L5 і L5-S1 найчастіше формуються протрузії, екструзії та секвестровані грижі диска [3, 4]. Клінічне значення цієї патології визначається не лише частотою звернень, а і високою часткою пацієнтів із тривалим больовим синдромом, обмеженням повсякденної

активності, професійної діяльності та необхідністю повторних курсів лікування [1, 2, 4]. У більшості хворих гострий епізод люмбоішіалгії може регресувати на тлі консервативної терапії, однак у частини пацієнтів компресія нервового корінця, стійкий больовий синдром або неврологічний дефіцит зумовлюють потребу в оперативному втручанні [4–7].

Для нейрохірургічної практики особливо важливо, що грижа поперекового відділу хребта є неоднорідним клініко-морфологічним станом. Однаковий за локалізацією рівень ураження може супроводжуватися різним ступенем дегенерації диска, висотою міжтілового проміжку, станом фасеткових суглобів, наявністю стенозу хребтового каналу, нестабільності або рецидиву після попереднього втручання [3, 4, 8, 9]. Тому вибір між ізольованою мікродискектомією та мікродискектомією з міжтіловим корпородезом не може ґрунтуватися лише на факті наявності грижі. Він потребує урахування клінічної картини, даних МРТ і МСКТ, рентгенофункціональних ознак нестабільності, характеру больового синдрому, віку, професійного навантаження та очікуваної якості життя пацієнта [3, 4, 8–11].

У сучасній літературі мікродискектомія залишається базовим і найбільш вивченим методом хірургічного лікування симптомних гриж поперекового диска. Її перевагами є безпосередня декомпресія нервового корінця, відносно невелика травматичність, короткий термін госпіталізації та прогнозовано добрий регрес корінцевого болю у правильно відібраних пацієнтів [4–7]. Водночас метод не усуває всіх патогенетичних чинників дегенеративного процесу. Після видалення фрагмента грижі зберігаються дефект фіброзного кільця, дегенерація пульпозного ядра, зменшення висоти диска та потенційне перевантаження заднього опорного комплексу. Саме ці обставини пояснюють ризик рецидиву грижі, хронізації аксіального болю та формування або прогресування сегментарної нестабільності [8–10].

Зазначені положення безпосередньо пов'язані з науковою проблемою дисертаційної роботи: необхідністю диференційованого застосування мікродискектомії та мікродискектомії з корпородезом кейджами. У літературі

підкреслюється, що мікродискектомія є «золотим стандартом» оперативного лікування симптомної грижі диска, однак не виключає рецидиву грижі й повторного втручання [4–8]. Водночас використання міжтілових кейджів розглядається як спосіб підвищення стабільності попереково-крижового сегмента, відновлення міжтілової висоти та зменшення ризику повторного грижового випинання у ретельно відібраних пацієнтів [9–11]. Отже, огляд літератури має не протиставляти ці методи, а визначити клінічні ситуації, у яких кожен із них є раціональним і патогенетично обґрунтованим [8–11].

1.2. Анатомо-біомеханічні передумови формування дискогенної радикулопатії

Попереково-крижовий відділ хребта є складною біомеханічною системою, у якій міжхребцевий диск, тіла хребців, дуговідросткові суглоби, зв'язковий апарат і паравертебральні м'язи забезпечують одночасно рухливість і стабільність [13–16]. Міжхребцевий диск складається з пульпозного ядра, фіброзного кільця та замикальних пластинок [13, 16]. У нормі пульпозне ядро розподіляє осьове навантаження, а фіброзне кільце стримує його радіальне зміщення [15, 16]. Дегенеративні зміни призводять до дегідратації ядра, втрати пружності, розривів фіброзного кільця та зниження висоти диска [13–15]. Унаслідок цього змінюється розподіл навантаження між переднім і заднім опорними комплексами, підвищується напруження в ділянці фасеткових суглобів і міжхребцевих отворів [14, 15, 26].

Рівні L4-L5 та L5-S1 мають особливе значення через поєднання високої рухливості, значного осьового навантаження та анатомічних особливостей корінцевих каналів [3, 4, 17, 18]. Навіть відносно невеликий фрагмент диска за умов вузького латерального рецесу або форамінального каналу може спричиняти виражену радикулопатію [17–19]. Компресія нервового корінця має механічний та біохімічний компоненти [18–20]. Механічний чинник полягає у безпосередньому

стисканні корінця, порушенні венозного відтоку та мікроциркуляції [18, 19]. Біохімічний чинник пов'язаний із запальною реакцією навколо фрагмента пульпозного ядра, продукцією цитокінів, набряком і підвищенням чутливості нервових структур [19, 20]. Тому розмір грижі не завжди прямо корелює з інтенсивністю болю, а клінічне рішення має базуватися на поєднанні симптомів і нейровізуалізаційних даних [17, 21].

З біомеханічної точки зору мікродискектомія усуває компресійний компонент, але не відновлює початкову архітектоніку диска [22, 23, 25]. Після часткового видалення дискового матеріалу зменшується внутрішньодисковий тиск, однак дефект фіброзного кільця залишається потенційним шляхом для повторної міграції тканин диска [22–24]. Якщо до операції вже існували значне зниження висоти диска, ретролістез, фасеткова артропатія або патологічна рухливість, ізолювана декомпресія може не забезпечити достатньої стабілізації сегмента [9, 11, 24, 26]. Навпаки, надмірна резекція кістково-зв'язкових структур під час доступу може посилити нестабільність, особливо у пацієнтів із вираженими дегенеративними змінами [26].

Міжтіловий корпородез із використанням кейджа спрямований на відновлення передньої опорної колони, збільшення висоти міжтілового проміжку, непряму форамінальну декомпресію та створення умов для формування кісткового блоку [11, 27, 28]. За рахунок стабілізації рухового сегмента зменшується патологічна мікрорухливість, що може бути важливим у пацієнтів із поєднанням корінцевого та аксіального болю [9, 11, 28]. Однак стабілізація ціною втрати рухливості сегмента не повинна застосовуватися рутинно при кожній первинній грижі, оскільки збільшує обсяг операції, ризик імплант-асоційованих ускладнень і навантаження на суміжні рівні [9, 11, 29]. Саме тому біомеханічне обґрунтування є ключовим для диференційованого вибору хірургічної тактики [9, 11, 24, 26, 29].

1.3. Етіопатогенез і морфологічні варіанти гриж міжхребцевих дисків

Формування грижі міжхребцевого диска є результатом тривалого дегенеративного процесу, на який впливають вік, генетична схильність, особливості професійного навантаження, травматичні мікропошкодження, паління, метаболічні порушення, надмірна маса тіла та стан м'язово-зв'язкового апарату [30–33]. Дегенерація диска починається з порушення обміну води та протеогліканів у пульпозному ядрі, що знижує його здатність рівномірно розподіляти навантаження [30, 32, 33]. Надалі виникають концентричні та радіальні тріщини фіброзного кільця, через які фрагменти ядра можуть зміщуватися у напрямку хребтового каналу або міжхребцевого отвору [32–34]. Морфологічно виділяють протрузії, екструзії та секвестрації, а за напрямком поширення - центральні, парамедіанні, латеральні, форамінальні та екстрафорамінальні грижі [34, 35].

Клінічна значущість морфологічної класифікації полягає в тому, що вона визначає можливості консервативного лікування, ендоскопічних методик, стандартної мікродискектомії або більш широкої декомпресії зі стабілізацією [33–35, 38]. Парамедіанні екструзії на рівнях L4-L5 і L5-S1 часто добре піддаються мікрохірургічному видаленню, тоді як великі секвестровані фрагменти, мігруючі грижі, поєднання з латеральним стенозом або значним зниженням висоти диска можуть потребувати більш індивідуалізованого підходу [33–35, 38]. Важливими ознаками для планування втручання є стан замикальних пластинок, ступінь дегенерації диска, наявність Modic-змін, величина дефекту фіброзного кільця та ширина міжхребцевого отвору [36, 37, 41].

Рецидив грижі після мікродискектомії зазвичай пов'язують із повторним виходом дискового матеріалу через дефект фіброзного кільця на тому самому рівні та боці або на протилежному боці [39–41, 44]. За даними систематичних оглядів, частота рецидиву в різних серіях значно коливається, що пояснюється

відмінностями у визначенні рецидиву, строках спостереження, техніці дискектомії та критеріях повторної операції [39, 40, 45]. У практичному аспекті важливо не лише встановити факт повторного випинання, а і визначити, чи є воно симптомним, чи супроводжується нестабільністю, аксіальним болем або стенозом [38, 41, 45]. Саме ці фактори впливають на вибір між повторною дискектомією та стабілізуючим втручанням [46, 47].

Дані літератури свідчать, що факторами ризику рецидиву можуть бути паління, цукровий діабет, тип грижі, виражена дегенерація диска, великий дефект фіброзного кільця, раннє повернення до важкого фізичного навантаження та недотримання реабілітаційних рекомендацій [40–45]. Окремі роботи підкреслюють роль сегментарної гіпермобільності й збереження високого внутрішньодискового тиску після обмеженої дискектомії [41, 44, 45]. У цьому контексті корпородез кейджами теоретично зменшує ризик повторного грижового випинання за рахунок елімінації патологічної рухливості та зменшення залишкового дискового простору [46, 47], однак його доцільність повинна бути доведена через порівняння клінічних результатів, ускладнень і якості життя у зіставних групах пацієнтів [46, 47].

1.4. Клінічні прояви та критерії оцінки тяжкості стану пацієнтів

Клінічна картина грижі попереково-крижового відділу хребта найчастіше представлена поєднанням люмбалгії, люмбоішіалгії, корінцевого болю, парестезій, сенсорних порушень, зниження або випадіння сухожилкових рефлексів та рухового дефіциту в зоні іннервації відповідного корінця [48–51]. Для ураження корінця L5 типовими є біль по латеральній поверхні стегна і гомілки, порушення чутливості на тилі стопи, слабкість розгинання великого пальця; для корінця S1 - біль по задній поверхні стегна і гомілки, порушення Ахіллового рефлексу та слабкість підшовного згинання [48–50]. Тяжкість стану визначається не лише інтенсивністю болю, а також тривалістю симптомів,

ступенем неврологічного дефіциту, порушенням ходи, сну, самообслуговування і працездатності [48–50, 55–59].

Найбільш вагомими показаннями до термінового або раннього оперативного лікування є синдром кінського хвоста, прогресуючий руховий дефіцит, виражена радикулопатія, резистентна до адекватної консервативної терапії, а також поєднання болю з нейровізуалізаційно підтвердженою компресією корінця [52–54]. У плановій хірургії важливо розрізняти переважно корінцевий біль, який добре відповідає на декомпресію, і переважно аксіальний поперековий біль, що може бути пов'язаний із дискогенною дегенерацією, фасетковим синдромом або нестабільністю [48, 49, 52]. Для ізольованої мікродискектомії найсприятливішим є профіль пацієнта з домінуючою радикулопатією, чіткою компресією корінця на МРТ та відсутністю значущої сегментарної нестабільності [52, 62, 63, 67–70].

Оцінка результатів лікування потребує використання стандартизованих шкал. У клінічних дослідженнях застосовують візуально-аналогову шкалу болю, Oswestry Disability Index, Roland-Morris Disability Questionnaire, шкали Nurick і MacNab, SF-36 та інші інструменти [55–61]. Для коректного порівняння мікродискектомії та мікродискектомії з корпорозом доцільно окремо оцінювати інтенсивність корінцевого болю, аксіального болю, неврологічний статус, функціональне відновлення, строки повернення до активності, частоту рецидиву, повторних операцій і специфічних ускладнень імплантації [52, 55, 57–59].

Проблема диференційованого вибору тактики полягає в тому, що однаковий показник болю до операції може мати різну патогенетичну основу [48, 49, 52]. Якщо біль зумовлений переважно компресією корінця секвестром, видалення фрагмента диска здатне забезпечити швидкий клінічний ефект [48, 49, 52, 63]. Якщо ж корінцевий синдром поєднується з механічним поперековим болем, зниженням дискової висоти, форамінальним стенозом і функціональною нестабільністю, проста декомпресія може бути недостатньою [62–70]. Тому клінічна оцінка має бути інтегрована з променевими критеріями та

біомеханічними передумовами, що формує основу для персоналізованого хірургічного планування [52, 62–70].

1.5. Нейровізуалізаційна діагностика та оцінка нестабільності

Магнітно-резонансна томографія є основним методом верифікації грижі поперекового диска, оскільки дозволяє оцінити локалізацію, розмір і напрямок грижового випинання, ступінь компресії дурального мішка і нервового корінця, стан міжхребцевого диска, замикальних пластинок, епідурального простору та паравертебральних м'яких тканин [62, 63]. МРТ особливо інформативна при диференціації протрузії, екструзії та секвестрації, виявленні краніальної або каудальної міграції секвестра, а також при оцінці стенозу хребтового каналу [62–65]. У післяопераційних пацієнтів МРТ з контрастуванням може допомогти розмежувати рецидив грижі та рубцево-епідуральні зміни [66].

Мультиспіральна комп'ютерна томографія доповнює МРТ у випадках, коли необхідно детально оцінити кісткові структури, кальцифіковані грижі, стан дуг, фасеткових суглобів, спондилоліз, спондилолістез або анатомічні умови для встановлення кейджа [62, 71–75]. КТ має значення при плануванні міжтілового корпорозедзу, оскільки дозволяє оцінити щільність кісткової тканини, форму тіл хребців, стан замикальних пластинок і ризик просідання імплантата [71–75]. У разі підозри на нестабільність застосовують функціональні рентгенограми у положеннях згинання та розгинання [67–70]. Критеріями можуть бути патологічне зміщення тіл хребців, надмірна кутова рухливість, ретролістез або прогресуюче зменшення висоти міжтілового проміжку [67–70].

Для вибору між мікродискектомією та корпорозедзом важливо описувати не лише саму грижу, а весь руховий сегмент [62–70]. До променевих ознак, які можуть посилювати аргументацію на користь стабілізуючого втручання, належать виражена дегенерація диска, колапс міжтілового проміжку, форамінальний стеноз через втрату висоти, Modic-зміни, фасеткова артропатія, ознаки сегментарної

гіпермобільності та рецидивна грижа після попередньої дискектомії [62–70]. Водночас наявність великої грижі сама по собі не є абсолютним показанням до корпородезу, якщо відсутні клініко-рентгенологічні ознаки нестабільності або дискогенного механічного болю [52, 62–70].

У сучасних дослідженнях усе більшого значення набуває комплексна передопераційна стратифікація ризику. Вона передбачає оцінку віку, індексу маси тіла, щільності кісткової тканини, паління, цукрового діабету, особливостей професійної активності, попередніх операцій і очікуваної комплаєнтності щодо реабілітації [52, 71–75]. Для корпородезу додатково враховують ризик міграції, ретропульсії або просідання кейджа, що залежить від розміру імпланта, площі контакту з замикальними пластинками, техніки підготовки дискового простору та якості кістки [71–75]. Отже, нейровізуалізація має не лише підтвердити діагноз, а і забезпечити анатомо-біомеханічну основу для вибору оптимальної операції [52, 62–75].

1.6. Консервативне лікування та межі його ефективності

Консервативна терапія є першим етапом лікування більшості пацієнтів із гострою люмбоішіалгією, якщо відсутні синдром кінського хвоста, прогресуючий парез або інші невідкладні показання до операції [76, 77, 81, 82]. Вона включає короткочасне обмеження провокуючих навантажень, нестероїдні протизапальні препарати, міорелаксанти за показаннями, нейропатичні анальгетики, фізичну терапію, лікувальну гімнастику, навчання пацієнта правилам активності та, у частини хворих, епідуральні ін'єкції [76, 77, 79, 80]. Метою консервативного лікування є зменшення запалення навколо корінця, контроль болю, відновлення рухової активності та створення умов для природної регресії грижі [77–79].

Багато клінічних рекомендацій підтримують початковий консервативний підхід протягом приблизно 6-8 тижнів у пацієнтів без значущого неврологічного дефіциту, оскільки значна частина симптомів може регресувати спонтанно [76–78,

81]. Водночас тривале неефективне лікування при збереженні інтенсивної радикулопатії може погіршувати якість життя, призводити до хронізації болю, м'язової декондиції та психологічних наслідків [77, 81, 82]. Тому рішення про операцію має враховувати не лише календарну тривалість симптомів, а також їхню інтенсивність, функціональні обмеження, об'єктивний неврологічний статус і відповідність клініки даним МРТ [81–83].

Довготривалі результати великих порівняльних досліджень свідчать, що як консервативне, так і хірургічне лікування можуть приводити до покращення, проте хірургічна декомпресія у ретельно відібраних пацієнтів забезпечує швидший регрес радикулопатії та вище задоволення результатом у певних групах [81–84]. Це особливо важливо для осіб працездатного віку, у яких тривалий больовий синдром має значні соціально-економічні наслідки [77, 82]. Проте сам факт неефективності консервативної терапії не визначає автоматично потребу в корпородезі. Він лише підтверджує доцільність хірургічного лікування, а тип операції встановлюють за сукупністю анатомічних і клінічних критеріїв [91–93].

Отже, консервативна терапія має чітке місце у лікуванні гриж попереково-крижового відділу, але її межі визначаються ризиком стійкого неврологічного дефіциту, тривалістю та інтенсивністю болю, професійними потребами пацієнта і наявністю морфологічних факторів компресії [76–83]. В межах цієї дисертаційної проблематики важливо підкреслити, що хірургічна тактика повинна бути диференційованою вже на етапі передопераційного відбору: пацієнти з ізольованою радикулопатією і стабільним сегментом є кандидатами на мікродискектомію, тоді як пацієнти з ознаками нестабільності, колапсу диска або рецидиву можуть потребувати мікродискектомії з корпородезом [82, 91–93].

1.7. Еволюція хірургічних методів лікування гриж поперекового диска

Хірургічне лікування гриж поперекового диска пройшло шлях від широких відкритих доступів із значною резекцією кісткових структур до мікрохірургічних,

ендоскопічних і мінімально інвазивних технологій [84–87]. Класична відкрита дискектомія забезпечувала декомпресію, однак супроводжувалася більшою травматизацією паравертебральних м'язів, післяопераційним болем і довшим періодом відновлення [84, 87]. Впровадження операційного мікроскопа дозволило зменшити доступ, покращити візуалізацію корінця і дурального мішка, знизити ризик ятрогенних ушкоджень та сформувати мікродискектомію як стандартний метод лікування симптомної грижі диска [84–86].

Поряд із мікродискектомією розвивалися пункційні, лазерні, нуклеопластичні та ендоскопічні методики. Їхніми перевагами є мала травматичність, менша крововтрата, коротке перебування у стаціонарі та швидка активізація [87–90]. Однак ці втручання мають обмеження: великі секвестровані грижі, виражений стеноз, значна міграція фрагмента, нестабільність, грубий неврологічний дефіцит або попередні операції можуть зменшувати ефективність або підвищувати ризик неповної декомпресії [87–90]. Саме тому підкреслюємо, що ендоскопічна та пункційна лазерна дискектомія не є універсальною альтернативою мікрохірургії [87–90].

Розвиток стабілізуючих технологій пов'язаний із розумінням того, що в частини пацієнтів проблема не обмежується локальною компресією корінця. Дегенерація диска, форамінальний стеноз, сегментарна нестабільність і рецидивні грижі потребують не лише видалення компремуючого фрагмента, а й відновлення опорної функції сегмента [91–97]. Міжтілові кейджі були запропоновані як імпланти, що підтримують висоту дискового простору, сприяють кістковому зрощенню та забезпечують стабільність [94–97]. З часом сформувалися різні варіанти міжтілового спондилодезу: PLIF, TLIF, ALIF, LLIF, OLIF, кожен із яких має власні анатомічні переваги, ризики та показання [94–97].

У контексті первинної грижі диска більшість сучасних рекомендацій не підтримує рутинне додавання фузії до першої операції без ознак нестабільності, деформації або домінуючого аксіального болю [92, 93]. Однак при рецидивній грижі, післяопераційній нестабільності, значному колапсі диска, форамінальному стенозі або необхідності розширеної кісткової декомпресії корпорозез може бути

обґрунтованим [91–93]. Таким чином, еволюція хірургічних методів не призвела до заміни мікродискектомії корпородезом, а сформувала потребу в алгоритмі, який визначає, коли достатньо декомпресії, а коли доцільна стабілізація [91–97].

1.8. Мікродискектомія: техніка, переваги та обмеження

Мікродискектомія передбачає мікрохірургічний доступ до ураженого рівня з використанням операційного мікроскопа або високоякісної оптичної візуалізації. Зазвичай виконують невеликий серединний або парамедіанний розріз, субперіостальне відшарування паравертебральних м'язів, обмежену інтерламінарну декомпресію, часткову флавектомію та делікатну мобілізацію нервового корінця. Фрагмент грижі видаляють під контролем зору, після чого оцінюють вільну пульсацію дурального мішка і корінця. Обсяг внутрішньодискової ревізії може відрізнятися: одні автори підтримують секвестректомію з мінімальним втручанням у диск, інші - більш активне видалення дегенерованих фрагментів для зменшення ризику рецидиву [98–101, 106–114].

Переваги мікродискектомії полягають у прямій декомпресії, відносно малій травматичності, добрій керованості операційного поля, можливості видалення секвестрованих і мігруючих фрагментів, а також застосуванні при стенозі хребтового каналу, коли пункційні методики неефективні [98–101, 110]. У більшості пацієнтів із домінуючою радикулопатією після операції швидко зменшується біль у нозі, поліпшується ходьба і знижується потреба в анальгетиках. За умови раціональної реабілітації повернення до побутової активності можливе у відносно короткі строки, що робить метод прийнятним для широкої клінічної практики [102–105].

Обмеження мікродискектомії пов'язані з тим, що вона не стабілізує сегмент і не відновлює висоту дискового простору. При значній дегенерації диска, форамінальному стенозі через колапс міжтілового проміжку або поєднанні з

фасетковою артропатією ізольоване видалення грижі може не усунути всі джерела болю. Крім того, рецидив грижі залишається однією з найважливіших причин повторних операцій. Ризик рецидиву залежить від техніки, морфології грижі, дефекту фіброзного кільця, біологічних факторів і поведінки пацієнта після операції. У повторних втручаннях зростає складність доступу через епідуральний рубцевий процес і підвищується ризик дурального ушкодження [108, 110, 111, 115–122].

Важливим питанням є баланс між радикальністю видалення дискового матеріалу та збереженням функції сегмента. Агресивна дискектомія може теоретично знизити ризик повторного виходу фрагментів, але водночас прискорювати зниження висоти диска, посилювати аксіальний біль і дегенерацію суміжних структур. Обмежена секвестректомія зберігає більшу частину диска, однак може залишати більше матеріалу для потенційного рецидиву. Тому техніка мікродискектомії повинна бути індивідуалізована, а рішення про додаткову стабілізацію - прийматися не під час операції випадково, а на підставі заздалегідь визначених критеріїв [9, 11, 92, 93, 106–114, 123–127].

1.9. Рецидив грижі та післяопераційна нестабільність як ключові проблеми

Рецидивна грижа диска є однією з найбільш дискусійних проблем після мікродискектомії. У різних дослідженнях частота симптомних рецидивів коливається в широких межах, що пов'язано з різними строками спостереження та критеріями діагностики [108, 115–120, 126, 127]. Не кожне повторне випинання на МРТ потребує операції; клінічно значущим є рецидив, який супроводжується корінцевим болем, неврологічними симптомами та відповідає рівню компресії. Рецидив може виникати на тому самому боці, контралатерально або у вигляді нового фрагмента в межах того самого дискового простору. Його формування часто пов'язане із залишковою дегенерацією диска, дефектом фіброзного кільця і повторним навантаженням на сегмент [115–120, 126, 127].

Післяопераційна нестабільність може бути первинною, тобто існувати до операції, або вторинною, коли вона проявляється чи прогресує після декомпресії. Причинами можуть бути дегенеративне ураження диска і фасеткових суглобів, зниження висоти диска, ретролістез, спондилолістез, а також ятрогенне порушення заднього опорного комплексу при розширеній ламінектомії або фасетектомії. Клінічно нестабільність часто проявляється механічним поперековим болем, посиленням болю при навантаженні, відчуттям «зриву» у попереку, повторними епізодами радикулопатії або форамінальним стенозом [67–70, 108, 121, 122].

Вибір операції при рецидивній грижі залишається предметом дискусії. Повторна мікродискектомія є менш об'ємною, дешевшою і дозволяє зберегти рухливість сегмента, але не усуває нестабільність або дискогенний аксіальний біль. Фузія може забезпечити кращу стабільність, зменшити ризик повторного рецидиву на цьому рівні та усунути форамінальний стеноз через відновлення висоти, проте вона асоційована з більшою тривалістю операції, крововтратою, госпіталізацією та імплант-асоційованими ризиками [10, 46, 47, 91–93, 123–125]. Тому міжнародні рекомендації зазвичай не радять рутинну фузію всім пацієнтам із рецидивом, але визнають її доцільність при нестабільності, деформації або домінуючому поперековому болю [9, 10, 46, 47, 91–93, 123–125].

Для дисертаційного дослідження важливо, що саме рецидив і нестабільність визначені в даному розділі як невирішені аспекти проблеми. Це формує логіку порівняння двох груп: мікродискектомія як метод декомпресії та мікродискектомія з корпородезом як метод декомпресії зі стабілізацією. Очікувані переваги корпородезу мають оцінюватися не декларативно, а через частоту рецидиву, показники болю, функціонального статусу, реабілітації, ускладнень, міграції кейджа, просідання імпланта та повторних операцій. Лише такий підхід дозволить визначити, у яких клінічних ситуаціях більший обсяг втручання є виправданим [12, 55–59, 71–75, 110, 123–127].

1.10. Мікродискектомія з міжтіловим корпородезом кейджами: принципи та очікувані ефекти

Мікродискектомія з корпородезом кейджами поєднує декомпресію нервових структур із відновленням міжтілової опори та стабілізацією ураженого рухового сегмента. Після видалення фрагмента грижі і підготовки дискового простору між тілами хребців встановлюють імплант, який підтримує висоту міжхребцевого проміжку і створює умови для кісткового зрощення. Залежно від доступу та техніки імплантація може виконуватися в межах заднього, трансфорамінального, переднього або латерального підходу. У дисертаційній темі акцент зроблено саме на застосуванні кейджів у поєднанні з мікродискектомією при грижах попереково-крижового відділу [129, 137–141].

Очікуваними ефектами корпородезу є стабілізація сегмента, зменшення патологічної мікрорухливості, відновлення висоти диска, збільшення форамінального простору, зменшення аксіального болю механічного характеру та зниження ймовірності рецидиву грижі на оперованому рівні. Якщо у пацієнта до операції є поєднання радикулопатії та нестабільності, корпородез може впливати на обидва компоненти: пряма декомпресія усуває корінцевий біль, а стабілізація - механічний біль і повторне подразнення нервових структур. У цьому полягає принципова відмінність від ізольованої мікродискектомії, яка переважно вирішує компресійне завдання [138–144].

Водночас міжтіловий корпородез не є нейтральним додатком до мікродискектомії. Він збільшує технічну складність втручання, потребує ретельної підготовки замикальних пластинок, точного підбору розміру і форми кейджа, контролю положення імпланта та оцінки якості кісткової тканини. Надмірне видалення замикальної пластинки підвищує ризик просідання кейджа, недостатній розмір імпланта або неправильне позиціонування - ризик міграції, а надмірна distraкція - ризик болю або порушення сагітального балансу. Тому

ефективність методу значною мірою залежить від техніки й відбору пацієнтів [144–150].

Сучасні дані свідчать, що фузія при первинній грижі не повинна виконуватися рутинно, але може бути розглянута при вираженій нестабільності, деформації, значному аксіальному болю або необхідності широкої декомпресії, яка сама по собі дестабілізує сегмент [9, 92, 138]. При рецидивній грижі докази залишаються неоднорідними: частина метааналізів вказує на кращий контроль повторного рецидиву після фузії, але ціною більшої інвазивності [46, 47, 91–93]. Відтак основне наукове завдання полягає у формуванні критеріїв, які дозволять не розширювати показання надмірно, але й не відмовляти пацієнтам зі справжньою нестабільністю у стабілізуючому компоненті операції [138–150].

1.11. Типи міжтілових кейджів, матеріали та конструктивні особливості

Кейдж є міжтіловим імплантом, призначеним для підтримки висоти дискового простору, передачі навантаження між тілами хребців і створення умов для формування кісткового блоку. У літературі описано циліндричні, прямокутні, клиноподібні, бананоподібні, півмісяцеві, розширювані та анатомічні кейджі. Їхня форма визначає спосіб введення, площу контакту із замикальними пластинками, можливості відновлення лордозу, ризик міграції та зручність заповнення кістковим матеріалом. В даній дисертації окремо зазначено циліндричні кейджі типу ВАК, LT-cage, VariLift-L, прямокутні титанові кейджі, бананові кейджі та півмісяцеві РЕЕК-кейджі, що відповідає запланованому порівнянню підгруп [128–136, 142, 143].

Матеріал імпланта має значення для біосумісності, пружності, візуалізації та остеоінтеграції. Титанові кейджі характеризуються високою міцністю, біоінертністю та потенційно доброю остеоінтеграцією, однак через більшу жорсткість можуть створювати ризик stress shielding або просідання у пацієнтів із низькою щільністю кістки. РЕЕК має модуль пружності, ближчий до кісткової

тканини, і кращу рентгенпрозорість, що полегшує оцінку кісткового зрощення, проте класичний РЕЕК є менш остеоактивним без спеціального покриття. Сучасні тенденції включають пористий титан, 3D-друковані структури, титанові покриття РЕЕК і розширювані конструкції, але їхня перевага має оцінюватися за клінічними, а не лише інженерними параметрами [151–158].

Форма кейджа впливає на розподіл навантаження. Імпланти з більшою площею контакту зі щільними периферичними зонами замикальних пластинок потенційно зменшують ризик просідання. Бананоподібні та півмісяцеві кейджі можуть краще відповідати анатомії дискового простору і розміщуватися в передньо-латеральних відділах, що сприяє відновленню лордозу. Циліндричні кейджі історично широко застосовувалися, однак потребують точного позиціонування й можуть мати обмеження за площею контакту. Прямокутні кейджі забезпечують стабільну опору, але їхня ефективність залежить від розміру, поверхневої структури та якості підготовки ложа [142–145, 157, 158].

Ключовими ускладненнями, пов'язаними з кейджем, є міграція, ретропульсія, просідання, псевдоартроз, порушення сагітального профілю та подразнення нервових структур. Ризик цих ускладнень залежить від техніки імплантації, стану замикальних пластинок, остеопорозу, надмірної або недостатньої дистракції, вибору розміру, використання додаткової задньої фіксації та післяопераційного режиму [144–150]. Тому порівняння різних типів кейджів в межах дисертаційного дослідження має практичне значення: воно може допомогти визначити не «найкращий» кейдж взагалі, а найбільш доцільний імплант для конкретної анатомічної й клінічної ситуації [151–158].

1.12. Порівняльна ефективність мікродискектомії та мікродискектомії з корпородезом

Порівняння мікродискектомії та мікродискектомії з корпородезом кейджами є складним, оскільки ці операції часто виконують різним категоріям пацієнтів

[159–164]. Ізолювана мікродискектомія здебільшого застосовується при первинній грижі з домінуючою радикулопатією, тоді як корпородез частіше обирають при рецидиві, нестабільності, форамінальному стенозі, вираженій дегенерації або аксіальному болю [167–180]. Тому пряме порівняння без урахування початкових відмінностей може бути методологічно некоректним [165, 166]. Для дисертаційного дослідження важливо забезпечити чіткі критерії включення, групування та статистичного контролю факторів ризику [165, 166, 187].

У більшості досліджень мікродискектомія забезпечує швидкий і виражений регрес корінцевого болю у пацієнтів із правильно встановленими показаннями [159–164, 188]. Її перевагою є менший обсяг втручання, нижча вартість, коротша операція і збереження рухливості сегмента [159–164]. Однак після мікродискектомії можливі рецидив, повторна операція, епідуральний фіброз, збереження аксіального болю та прогресування дегенерації [160–164, 172, 180]. У великих реєстрових дослідженнях аналізують частоту ускладнень, повторних госпіталізацій і повторних втручань після операцій з приводу грижі поперекового диска, що підкреслює актуальність оцінки безпеки навіть для відносно стандартизованої процедури [172–174].

Корпородез може покращувати стабільність і зменшувати ймовірність повторної грижі на оперованому рівні, але асоційований із більшою інвазивністю [167–171, 175–180]. Для пацієнтів із рецидивною грижею метааналізи порівнюють повторну дискектомію та фузію; частина результатів свідчить про кращий контроль повторного рецидиву та болю у групах фузії, але також вказує на більшу тривалість операції, крововтрату й госпіталізацію [167–171, 173, 174, 179, 181]. Це означає, що ефективність корпородезу має оцінюватися не лише за частотою рецидиву, а за співвідношенням користі і ризику для конкретного пацієнта [167–171, 181–184].

У дисертаційній роботі передбачено порівняння 200 пацієнтів після мікродискектомії та 200 пацієнтів після мікродискектомії з кейджами, включно з підгрупами за типом імплантата. Такий дизайн може дати цінну інформацію щодо

найближчих і віддалених результатів, якщо буде забезпечено однорідність критеріїв оцінки: біль, неврологічний дефіцит, функціональний результат, якість життя, рентгенологічне зрощення, стабільність, ускладнення, міграція або просідання кейджа, повторні втручання [149–158, 165, 166, 181–187]. Найбільша цінність роботи полягатиме не в доведенні універсальної переваги однієї методики, а у формуванні практичного алгоритму диференційованого вибору [165, 166, 187].

1.13. Показання та протипоказання до диференційованого вибору хірургічної тактики

Показання до мікродискектомії традиційно включають симптомну грижу поперекового диска з корінцевим больовим синдромом, який відповідає рівню і стороні компресії за даними МРТ, неефективність достатнього курсу консервативного лікування, прогресуючий або значущий неврологічний дефіцит, а також невідкладні стани, зокрема синдром кінського хвоста [159–164, 188]. Найкращими кандидатами є пацієнти з домінуючим болем у нозі, чіткою компресією корінця, відсутністю грубої нестабільності та відносно збереженою архітектонікою рухового сегмента [159–164, 188]. У таких випадках додавання корпородезу може бути надмірним і не покращувати співвідношення користі та ризику [167–180].

Показання до мікродискектомії з корпородезом кейджами мають бути більш вузькими й обґрунтованими [167–180]. До них можуть належати рецидивна грижа з клінічно значущою нестабільністю, поєднання радикулопатії з домінуючим або суттєвим аксіальним болем, колапс дискового простору з форамінальним стенозом, дегенеративний спондилолістез або ретролістез, необхідність широкої декомпресії з ризиком дестабілізації, значне ураження диска і фасеткових суглобів, а також ситуації, коли відновлення висоти міжтілового проміжку є важливим компонентом декомпресії [167–180]. У кожному випадку рішення має

спиратися на поєднання клінічних, МРТ, КТ і функціонально-рентгенологічних критеріїв [165, 166, 181–187].

Відносними протипоказаннями до корпородезу можуть бути тяжкі соматичні стани, високий анестезіологічний ризик, активна інфекція, виражений остеопороз без попередньої корекції, неможливість забезпечити стабільне положення імпланта, відсутність клінічних ознак нестабільності при ізольованій радикулопатії, а також низька комплаєнтність щодо післяопераційного режиму [181–184]. Для мікродискектомії відносними обмеженнями є значна нестабільність, багаторівневе дегенеративне ураження з домінуючим механічним болем, виражений форамінальний стеноз через втрату висоти диска або повторні рецидиви, коли проста декомпресія не вирішує основної проблеми [167–180, 182–184].

Диференційована тактика може бути представлена у вигляді послідовного алгоритму [165, 166, 185–187]. Перший крок - підтвердити відповідність клініки та нейровізуалізації. Другий - визначити домінуючий тип болю: корінцевий чи аксіальний. Третій - оцінити стабільність сегмента, висоту диска, стан фасеткових суглобів і міжхребцевих отворів. Четвертий - врахувати анамнез попередніх операцій та ризику рецидиву. П'ятий - обрати найменш інвазивне втручання, яке здатне вирішити всі патогенетично значущі компоненти хвороби [159–188]. Такий підхід відповідає меті дисертації - покращити результати лікування шляхом раціонального вибору між мікродискектомією і мікродискектомією з корпородезом [165, 166, 187, 188].

1.14. Особливості мікродискектомії та мікродискектомії зі спондилодезом кейджем при травматичних і дегенеративних грижах міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта

Порівняння результатів мікродискектомії та мікродискектомії зі спондилодезом кейджем при травматичних і дегенеративних грижах

міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта потребує окремого аналізу, оскільки ці два етіологічні варіанти мають спільні клінічні прояви, але різні патогенетичні передумови. Дегенеративна грижа формується на тлі тривалого порушення структури міжхребцевого диска, дегідратації пульпозного ядра, розривів фіброзного кільця, зниження висоти дискового простору та вторинного перевантаження фасеткових суглобів [13–17, 30–38]. Травматична грижа, навпаки, асоціюється з гострим або підгострим ушкодженням диска після механічного впливу, однак у клінічній практиці вона часто поєднується з уже наявними дегенеративними змінами, що ускладнює визначення провідного етіологічного чинника [189, 190]. Саме тому поділ пацієнтів на групи травматичних і дегенеративних гриж має ґрунтуватися не лише на анамнезі травми, а й на результатах МРТ, КТ, функціональної рентгенографії та аналізі попередніх симптомів.

Дегенеративні грижі поперекових дисків є значно частішим варіантом патології та найчастіше проявляються поступовим або хвилеподібним розвитком люмбалгії, люмбоішіалгії та радикулопатії. Для таких пацієнтів характерними є поєднання грижі з ознаками дискової дегенерації, Modic-змінами, зниженням висоти міжтілового проміжку, фасетковою артропатією, форамінальним стенозом або сегментарною нестабільністю [36–38, 62–70]. При ізольованій компресії нервового корінця без грубої нестабільності оптимальним втручанням залишається мікродискектомія, яка забезпечує пряму декомпресію нервових структур і дозволяє зберегти рухливість ураженого сегмента [84–90, 191–193]. Водночас при поєднанні дегенеративної грижі з механічним поперековим болем, колапсом диска, форамінальним стенозом або рецидивом проста декомпресія може не усунути всі патогенетично значущі компоненти захворювання [91–97, 159–188].

Травматичні грижі міжхребцевих дисків поперекового відділу трапляються рідше, а їхня діагностика потребує особливої обережності. Ізольована травматична грижа без перелому, вивиху або вираженого ушкодження кістково-зв'язкового комплексу є відносно рідкісною клінічною ситуацією; тому при

гострому больовому синдромі після травми необхідно виключити компресійні переломи, ушкодження заднього опорного комплексу, епідуральну гематому, травматичний стеноз і нестабільність [189, 190]. Для підтвердження травматичного характеру грижі важливими є чіткий часовий зв'язок із травмою, відсутність або мінімальна вираженість попередніх симптомів, відповідність рівня ушкодження клінічним проявам, а також МРТ-ознаки гострого зміщення дискового матеріалу. У випадках, коли травматична грижа поєднується з нестабільністю, ушкодженням замикальних пластинок, значним зниженням висоти диска або необхідністю розширеної декомпресії, питання про стабілізацію кейджем має розглядатися індивідуально [189, 190].

Мікродискектомія при травматичних і дегенеративних грижах має спільну основну мету — усунення компресії нервового корінця або дурального мішка. Її доцільність найбільш очевидна у пацієнтів із домінуючою радикулопатією, чітким компресійним субстратом на МРТ, відсутністю клінічно значущої нестабільності та збереженою опорною функцією рухового сегмента [52, 84–90, 191–193]. При травматичному варіанті мікродискектомія може бути достатньою, якщо ушкодження обмежене дисковим фрагментом і не супроводжується структурною неспроможністю сегмента. При дегенеративному варіанті вона також є раціональною за умови, що основним джерелом симптомів є корінцева компресія, а не механічний біль, зумовлений нестабільністю або дисковим колапсом.

Мікродискектомія зі спондилодезом кейджем має іншу патогенетичну спрямованість, оскільки поєднує декомпресію з відновленням міжтілової опори та стабілізацією ураженого сегмента. У дегенеративних грижах її застосування може бути обґрунтованим при рецидивній грижі, вираженій сегментарній нестабільності, форамінальному стенозі через втрату висоти диска, дегенеративному спондилолітезі або ретролітезі, поєднанні радикулопатії з суттєвим аксіальним болем, а також у випадках, коли декомпресія потребує значної резекції кістково-зв'язкових структур [9–11, 91–97, 159–188]. При травматичних грижах спондилодез може бути доцільним лише тоді, коли наявні ознаки травматичної або посттравматичної нестабільності, ушкодження опорних

структур, виражений дисковий колапс або високий ризик вторинної дестабілізації після декомпресії [189, 190]. Отже, сам факт травми не є автоматичним показанням до встановлення кейджа, так само як сам факт дегенерації не є абсолютним показанням до фузії.

Порівняльна оцінка цих методів у межах дисертаційного дослідження повинна враховувати не лише тип операції, а також етіологію грижі, морфологічний варіант ураження та початковий стан рухового сегмента. У пацієнтів із дегенеративними грижами важливо окремо аналізувати ступінь дегенерації диска, висоту міжтілового проміжку, Modic-зміни, фасеткову артропатію, ширину міжхребцевого отвору та наявність рецидиву [36–38, 62–70]. У пацієнтів із травматичними грижами необхідно оцінювати механізм травми, час від травми до появи симптомів, наявність кістково-зв'язкових ушкоджень, ознаки нестабільності та відповідність травматичного епізоду нейровізуалізаційним змінам [189, 190]. Без такого розподілу порівняння мікродискектомії та мікродискектомії зі спондилодезом може бути зміщеним, оскільки пацієнти зі стабілізуючими втручаннями зазвичай мають тяжкий структурний фон.

Критеріями ефективності лікування мають бути не лише регрес болю, а також відновлення неврологічної функції, динаміка аксіального та корінцевого больового синдрому, показники Oswestry Disability Index, якість життя, строки повернення до активності, частота рецидиву, повторних операцій, післяопераційної нестабільності, міграції або просідання кейджа, псевдоартрозу та суміжного сегментарного ураження [55–59, 71–75, 159–188]. Для травматичних гриж додатково доцільно враховувати характер травми, наявність супутніх ушкоджень і строки оперативного втручання, тоді як для дегенеративних — тривалість попереднього анамнезу, вираженість дегенеративних змін і фактори ризику рецидиву. Такий підхід дозволяє оцінити не формальну перевагу одного методу над іншим, а клінічну доцільність кожної тактики в конкретній групі пацієнтів.

Отже, мікродискектомія та мікродискектомія зі спондилодезом кейджем не повинні розглядатися як взаємовиключні або конкуруючі методи. Їх слід

розцінювати як різні за обсягом втручання варіанти хірургічного лікування, кожен із яких має власні показання. При травматичних і дегенеративних грижах поперекових міжхребцевих дисків ключовим завданням є визначення того, чи є патологія ізольованою компресією нервового корінця, чи вона поєднується з нестабільністю, дисковим колапсом, форамінальним стенозом або механічним поперековим болем. Саме цей диференційований підхід відповідає меті дисертаційної роботи — покращити результати лікування шляхом раціонального вибору між мікродискектомією та мікродискектомією зі спондилодезом кейджем.

1.15. Ускладнення та фактори ризику несприятливих результатів

Ускладнення мікродискектомії включають інтраопераційне ушкодження твердої мозкової оболонки, лікворею, травму нервового корінця, епідуральну гематому, інфекцію рани, дисцит, рецидив грижі, збереження або рецидив болю, а також післяопераційну нестабільність [194–196]. У повторних операціях ризик дурального ушкодження вищий через рубцево-спайковий процес, змінену анатомію та складнішу мобілізацію корінця [196–198]. Більшість ускладнень є відносно рідкісними, але їхній вплив на якість життя може бути суттєвим, особливо коли вони потребують повторної госпіталізації або ревізійного втручання [194–200].

Для мікродискектомії з корпорозом додаються імплант-асоційовані ускладнення: міграція або ретропульсія кейджа, просідання в тіло хребця, псевдоартроз, неправильне положення імпланта, порушення відновлення лордозу, біль унаслідок надмірної дистракції, інфекційні ускладнення навколо імпланта та дегенерація суміжного рівня в довгостроковій перспективі [29, 201–206]. Ризик просідання підвищується при остеопорозі, старшому віці, ушкодженні замикальних пластинок, недостатній площі контакту імпланта і неправильному позиціонуванні [204–206]. Ризик міграції пов'язаний із формою кейджа,

недостатньою первинною стабільністю, відсутністю додаткової фіксації у відповідних випадках і порушенням післяопераційного режиму [201–203].

Факторами несприятливого результату після операції з приводу грижі диска можуть бути тривалий доопераційний біль, виражені психоемоційні чинники, паління, цукровий діабет, ожиріння, тяжка фізична праця, множинні дегенеративні зміни, невідповідність клініки та МРТ, а також невірний вибір операції [207–212]. Якщо пацієнту з домінуючим аксіальним болем і нестабільністю виконати лише декомпресію, ризик незадовільного результату зростає [209–212]. Якщо ж пацієнту з ізольованою радикулопатією без нестабільності виконати надмірно об'ємну стабілізацію, збільшується операційний ризик без очевидної додаткової користі [206, 212].

Профілактика ускладнень передбачає правильний відбір пацієнтів, ретельне передопераційне планування, стандартизовану техніку, мінімально достатню декомпресію, збереження опорних структур, адекватний вибір розміру та форми кейджа, контроль положення імпланта, корекцію факторів ризику й індивідуалізовану реабілітацію [212–218]. У межах дисертації особливо важливо систематизувати ускладнення окремо для мікродискектомії та для корпородезу, оскільки саме баланс між зменшенням рецидиву і збільшенням імплант-асоційованих ризиків визначає практичну доцільність розширеного втручання [194–218].

1.16. Реабілітація, оцінка віддалених результатів і якість життя

Післяопераційне відновлення після мікродискектомії та після мікродискектомії з корпородезом має різну логіку. Після ізольованої мікродискектомії рання активізація спрямована на профілактику ускладнень, відновлення ходьби, поступове збільшення побутової активності та навчання пацієнта уникати різких згинально-ротаційних рухів і передчасного підняття ваги. Повернення до роботи залежить від характеру професійного навантаження,

динаміки болю, неврологічного статусу та комплаєнтності пацієнта. У більшості випадків реабілітація акцентує увагу на відновленні м'язового контролю, стабілізації корпусу і корекції рухових стереотипів [213–217].

Після корпородезу реабілітація додатково враховує необхідність формування кісткового зрощення і стабільного положення імпланта. Обмеження щодо навантаження можуть бути тривалішими, а контрольні рентгенологічні або КТ-обстеження мають значення для оцінки положення кейджа, ознак просідання та формування кісткового блоку [201–206, 218, 219]. Водночас стабілізація сегмента може зменшити механічний біль і дозволити більш впевнене функціональне відновлення у пацієнтів, у яких до операції була нестабільність. Тому строки реабілітації не можна оцінювати лише за тривалістю госпіталізації; важливими є якість відновлення, повернення до активності та довгострокова стабільність результату [218, 219].

Віддалені результати повинні включати не лише суб'єктивну оцінку болю, а і функціональні шкали, неврологічний статус, повторні операції, рентгенологічні критерії стабільності та якість життя [12, 55–59, 219–222]. Шкала MacNab дозволяє класифікувати результат як відмінний, добрий, задовільний або незадовільний, однак для дисертаційного аналізу її бажано доповнювати кількісними показниками болю та інвалідизації [12, 55–61, 219–222]. Важливо розділяти біль у нозі та поперековий біль, оскільки мікродиссектомія й корпородез можуть по-різному впливати на ці компоненти [219–222].

Якість життя після операції залежить від технічного успіху втручання, правильності показань, відсутності ускладнень і реалістичних очікувань пацієнта

1.17. Невирішені питання та обґрунтування напряму дисертаційного дослідження

Попри значний обсяг літератури, низка питань хірургічного лікування гриж попереково-крижового відділу залишається дискусійною. По-перше, немає

універсально прийнятого алгоритму, який би чітко визначав, коли первинна грижа потребує лише мікродискектомії, а коли доцільно додати стабілізацію. По-друге, при рецидивній грижі триває дискусія між прихильниками повторної дискектомії та фузії. По-третє, недостатньо систематизовані критерії вибору конкретного типу кейджа залежно від анатомії дискового простору, стану замикальних пластинок, локалізації стенозу та біомеханічних потреб сегмента. По-четверте, не повністю вирішено проблему міграції та просідання імплантів, особливо у пацієнтів із факторами ризику.

У дисертаційній роботі визначено саме ці прогалини: рецидив грижі після мікродискектомії, нестабільність попереково-крижового відділу, вибір виду й матеріалу кейджа та міграція кейджа після корпорозезу. Таке формулювання є актуальним, оскільки воно переводить проблему з площини загального порівняння методів у площину диференційованої тактики. Практична нейрохірургія потребує не абстрактної відповіді, яка операція «краща», а інструмента, що дозволяє визначити оптимальний обсяг втручання для конкретного пацієнта.

Перспективним напрямом є створення клініко-рентгенологічної моделі відбору пацієнтів. До неї можуть входити такі блоки: тип больового синдрому, морфологія грижі, ознаки нестабільності, висота диска, стан фасеткових суглобів, наявність рецидиву, вираженість дегенерації, фактори ризику повторної грижі, якість кісткової тканини та очікуване навантаження після операції. На підставі цих критеріїв можна визначити групу для мікродискектомії, групу для мікродискектомії з корпорозезом і підгрупи для вибору певного типу кейджа. Саме такий підхід відповідає сучасним принципам персоналізованої хірургії.

Таким чином, огляд літератури підтверджує актуальність дисертаційної роботи, спрямованої на покращення результатів лікування хворих з грижами попереково-крижового відділу шляхом розробки раціональної диференційованої хірургічної тактики. Мікродискектомія залишається методом вибору для більшості пацієнтів із ізольованою радикулопатією та стабільним сегментом. Мікродискектомія з корпорозезом кейджами має потенційну перевагу у пацієнтів

із нестабільністю, рецидивом, колапсом диска, форамінальним стенозом або значущим аксіальним болем. Наукова цінність подальшого дослідження полягає у визначенні доказових показань, технічних параметрів і критеріїв вибору імпланта, що дозволить зменшити частоту рецидивів і ускладнень та підвищити якість життя пацієнтів.

Висновки до розділу 1

1. Грижі попереково-крижового відділу хребта є частою причиною радикулопатії, больового синдрому та втрати працездатності; у частини пацієнтів вони потребують оперативного лікування через неефективність консервативної терапії або неврологічний дефіцит.

2. Мікродискектомія є ефективним методом прямої декомпресії при домінуючому корінцевому синдромі та стабільному руховому сегменті, однак вона не усуває дегенерацію диска, дефект фіброзного кільця і можливу сегментарну нестабільність.

3. Рецидив грижі, механічний поперековий біль, колапс дискового простору та форамінальний стеноз є клініко-біомеханічними факторами, що можуть обґрунтовувати розширення обсягу операції до мікродискектомії з міжтіловим корпородезом.

4. Міжтілові кейджі дозволяють відновити висоту диска, збільшити форамінальний простір і стабілізувати сегмент, але потребують ретельного відбору пацієнтів і правильного вибору типу, матеріалу та положення імпланта.

5. Наявні літературні дані підтримують не рутинне, а диференційоване застосування корпородезу, особливо при нестабільності, рецидиві, деформації або вираженому аксіальному болю. Це підтверджує актуальність дисертаційного дослідження, спрямованого на розробку раціональних показань і вдосконалення техніки операції.

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Загальна характеристика дизайну дослідження

Дослідження виконано як порівняльний клініко-інструментальний аналіз результатів хірургічного лікування пацієнтів із дегенеративним ураженням поперекового відділу хребта, у яких провідним морфологічним субстратом була грижа міжхребцевого диска з больовим, функціональним та, у частини випадків, неврологічним компонентом. Методологічно робота побудована за принципом зіставлення двох хірургічних підходів: ізольованої мікродискектомії та мікродискектомії, доповненої міжтіловою стабілізацією з використанням кейджа. Така структура дозволила оцінити не лише безпосередню декомпресійну ефективність втручання, але й вплив відновлення опорної функції міжхребцевого сегмента на перебіг больового синдрому, функціонального відновлення та сегментарної стабільності.

За дизайном дослідження було ретроспективним, одноцентровим, спостережним і нерандомізованим. Пацієнтів не розподіляли між основними клінічними групами заздалегідь і не визначали вид операції відповідно до спеціально розробленого протоколу дослідження. До певної групи пацієнта відносили залежно від того, яке втручання йому фактично було виконано в клінічній практиці: ізольована мікродискектомія або мікродискектомія, доповнена міжтіловою стабілізацією кейджем.

У дослідженні не використовували випадковий розподіл пацієнтів, умовно випадковий розподіл або спеціальний підбір схожих пар між групами. Кінцеву вибірку сформували шляхом аналізу більшої кількості архівних медичних випадків і подальшого відбору тих пацієнтів, які відповідали критеріям включення, мали достатньо повну первинну медичну документацію та дані стандартизованого спостереження через 12 місяців. Однакова кількість пацієнтів у двох основних групах — по 200 осіб — була встановлена наперед як

аналітична квота. Тому до вибірки увійшли не всі послідовно проліковані пацієнти, а лише відібрана частина архівної когорти.

Такий принцип формування груп міг призвести до селекційного зміщення, оскільки до аналізу включали лише пацієнтів із повними даними та 12-місячним спостереженням. Наприклад, пацієнти з повним 12-місячним спостереженням могли відрізнитися від тих, хто не з'явився на контроль. Тому сформована вибірка могла не повністю відображати результати лікування всіх прооперованих пацієнтів. Крім того, вибір виду операції залежав від початкового клінічного стану пацієнта. У зв'язку з цим виявлені міжгрупові відмінності розглядали як зв'язок між видом виконаного втручання та результатами лікування, а не як прямий і безумовно доведений наслідок встановлення кейджа.

Основною ідеєю дослідження було поєднання клінічних, функціональних, суб'єктивних та рентгенологічних критеріїв в єдину систему оцінки. Тому пацієнтів аналізували не лише за фактом наявності або відсутності скарг, а й за інтенсивністю болю, ступенем обмеження життєдіяльності, характером післяопераційного результату, частотою рецидиву, наявністю сегментарної нестабільності, ознаками локального та радикулярного больового синдрому, а також за рентгенологічними параметрами, що відображали відновлення висоти диска, сагітального профілю та міжхребцевого отвору.

У межах роботи вивчали дві основні когорти пацієнтів. Першу становили хворі, яким виконували мікродискектомію без встановлення міжтілового імпланта. Другу становили хворі, яким після декомпресійного етапу виконували стабілізуючий компонент операції з установленням кейджа. Обидві групи аналізували за єдиною логікою: доопераційний стан, характер оперативного втручання, післяопераційний стан через 12 місяців, динаміка основних кількісних показників, а також частота якісних клінічних і рентгенологічних ознак.

Дослідження мало прикладний характер і було спрямоване на відповідь на клінічно важливе питання: чи дозволяє доповнення мікродискектомії

міжтіловою підтримкою зменшити ризик сегментарної нестабільності, залишкового локального болю, радикулярного болю та неврологічної симптоматики порівняно з ізольованою декомпресією. Окремим завданням було вивчення того, чи відрізняються результати залежно від типу використаного кейджа, оскільки форма імплантата може впливати на відновлення лордозу, висоти диска, розміру міжхребцевого отвору, ризик міграції та механічну поведінку оперованого сегмента. Узагальнену структуру методики дослідження наведено в табл. 2.1.1.

Таблиця 2.1.1. Узагальнена структура методики дослідження

Елемент методики	Опис
Тип дослідження	Порівняльний клініко-інструментальний аналіз результатів хірургічного лікування дегенеративної патології поперекового диска.
Групи	Мікродиссектомія без кейджа; мікродиссектомія з міжтіловою стабілізацією кейджем.
Контрольна точка	Основна післяопераційна оцінка через 12 місяців.
Основні кількісні показники	ODI, загальний ВАШ, локальний ВАШ, радикулярний ВАШ, Prolo бал, Δ ODI, Δ ВАШ.
Основні якісні показники	Локальний біль (будь-який), радикулярний біль, нестабільність, рецидив, MacNab, Prolo категорія, міграція кейджа, рентгенологічні ознаки.

2.2. Об'єкт, предмет і клінічні групи дослідження

Об'єктом дослідження були пацієнти з клінічно та інструментально підтвердженим дегенеративним ураженням поперекового міжхребцевого диска, яким було показане хірургічне лікування у зв'язку з неефективністю консервативної терапії або наявністю стійкого компресійного клінічного синдрому. Предметом дослідження були клінічні та функціональні результати

мікрохірургічної декомпресії, а також вплив додаткового стабілізуючого компонента на перебіг післяопераційного періоду.

Загальна база дослідження включала дві клінічні вибірки: групу мікродискектомії без кейджа та групу мікродискектомії з кейджем. Для забезпечення зіставності аналізу кожна група формувалася за однаковими базовими принципами: наявність повних клінічних даних, можливість оцінки доопераційного стану, наявність післяопераційного спостереження через 12 місяців, а також достатній обсяг інформації для аналізу болю, функціонального стану та механічних характеристик оперованого сегмента.

До фінального аналізу включено 400 пацієнтів: 200 після ізольованої мікродискектомії та 200 після мікродискектомії з міжтіловою стабілізацією кейджем. У групі стабілізуючих втручань пацієнтів розподіляли за фактично встановленим типом імплантата. Було сформовано чотири підгрупи по 50 пацієнтів, які становили ретроспективно збалансовані аналітичні квоти, а не були результатом випадкового розподілу імплантів.

Під час формування фінальної вибірки послідовно перевіряли архівні медичні карти, вилучали дублікати та випадки, які не відповідали критеріям включення, не мали достатніх доопераційних або нейровізуалізаційних даних чи стандартизованого 12-місячного контролю. Після перевірки до фінального аналізу включено 400 пацієнтів.

У групі мікродискектомії без кейджа основний акцент робився на оцінці результатів декомпресії без додаткового відновлення висоти диска або міжтілової опори. У групі кейджа, крім аналогічної клінічної оцінки, додатково враховували тип імплантата, його положення, ризик міграції, вплив на висоту диска, лордоз та розширення міжхребцевого отвору. Такий поділ дозволив розмежувати власне декомпресійний ефект операції та потенційний стабілізуючо-реконструктивний ефект міжтілового імплантата.

Одиницею статистичного спостереження був окремий пацієнт. Для кожного випадку вносили демографічні дані, клінічні ознаки, рівень ураження, тип оперативного втручання, наявність рецидиву, характеристики

нестабільності, кількісні показники за шкалами ODI та ВАШ, результати за шкалами MacNab і Prolo, а також рентгенологічні та клініко-неврологічні показники. Усі показники структурували таким чином, щоб вони могли бути використані як для описового аналізу, так і для порівняння груп, підгруп і динаміки до операції та через 12 місяців.

Окремий підгруповий аналіз 120 пацієнтів був частиною загальної клінічної бази, а не додатковою незалежною вибіркою. До нього включали випадки з достатнім обсягом клініко-рентгенологічних даних для порівняння травматичних і дегенеративних гриж міжхребцевих дисків та для зіставлення результатів MD і MD + Cage. Підгрупи формували за етіологічним варіантом ураження і типом операції: травматичні MD, травматичні MD + Cage, дегенеративні MD, дегенеративні MD + Cage; кожна підгрупа включала по 30 пацієнтів. Такий підхід використовували для поглибленого порівняння клінічних сценаріїв і зменшення впливу неоднорідності основної вибірки.

Для спеціального підгрупового аналізу етіологічну належність грижі визначали за сукупністю анамнестичних, клінічних і нейровізуалізаційних критеріїв. До травматичних відносили випадки з чітко встановленою значною механічною подією, виникненням радикулопатії безпосередньо після травми або протягом наступних 72 годин, відсутністю тривалого попереднього анамнезу поперекового чи корінцевого болю та МРТ-ознаками гострої екструзії або секвестрації за відсутності вираженого дегенеративного фону. Якщо механічна подія лише провокувала маніфестацію вже дегенеративно зміненого диска, випадок класифікували як дегенеративну грижу з травматичним тригером. За суперечливих анамнестичних або нейровізуалізаційних даних пацієнта не включали до спеціального етіологічного підгрупового аналізу, хоча він міг залишатися в основній клінічній вибірці відповідно до виду виконаного втручання.

2.3. Критерії включення пацієнтів у дослідження

До дослідження включали пацієнтів із симптоматичною патологією поперекового міжхребцевого диска, у яких клінічна картина відповідала даним нейровізуалізації та була підставою для хірургічного лікування. Обов'язковою умовою включення була наявність радикарного або змішаного больового синдрому, який корелював із рівнем ураження, а також документована неефективність консервативного лікування або наявність клінічних ознак компресії нервового корінця, що потребували оперативного втручання.

Основними критеріями включення були: вік пацієнта, що дозволяв виконання планового хірургічного втручання; наявність грижі міжхребцевого диска поперекового рівня (а саме L₄-L₅, L₅-S₁ рівні), підтвердженої МРТ або іншими методами візуалізації; відповідність клінічних проявів рівню компресії; наявність повного набору доопераційних клінічних даних; можливість виконання стандартизованого післяопераційного оцінювання через 12 місяців; наявність даних щодо ODI, ВАШ, локального та радикального болю, а також результатів за шкалами MacNab і Prolo.

Для групи мікродискектомії з кейджем додатковими критеріями включення були наявність клінічних або інструментальних ознак, які обґрунтовували доцільність міжтілової підтримки, зокрема зниження висоти міжхребцевого диска, підозра на механічний компонент болю, ознаки сегментарної нестабільності або ризик її прогресування після декомпресії. Вибір типу кейджа здійснювали з урахуванням анатомічних параметрів міжхребцевого проміжку, доступу, цілей відновлення висоти та лордозу, а також технічних можливостей адекватного позиціонування імпланта.

Основним принципом вибору обсягу операції було визначення провідного патогенетичного компонента захворювання: ізольованої компресії нервового корінця або поєднання компресії з механічною неспроможністю рухового сегмента.

Ізольовану мікродискектомію переважно застосовували тоді, коли клінічну картину визначав радикулярний синдром, який відповідав рівню грижі за даними МРТ, а уражений сегмент залишався стабільним. Додатковими аргументами на користь ізольованої декомпресії були відсутність вираженого механічного поперекового болю, збережена висота диска, відсутність значущого форамінального стенозу внаслідок колапсу дискового проміжку, дегенеративного спондилолістезу та потреби в такій резекції фасеткового суглоба, яка могла б спричинити ятрогенну нестабільність.

Мікродискектомію з міжтіловою стабілізацією розглядали за наявності одного вираженого механічного чинника або поєднання кількох несприятливих ознак: патологічної трансляції чи надмірної кутової рухомості на функціональних рентгенограмах; дегенеративного спондилолістезу або ретролістезу; рецидивної грижі на раніше оперованому рівні, особливо разом із механічним болем чи нестабільністю; суттєвого зниження висоти диска з вторинним форамінальним стенозом; вираженого аксіального болю механічного характеру; значної дегенерації диска, фасеткової артропатії та Modic I–II у поєднанні з іншими ознаками механічної неспроможності; необхідності широкої декомпресії або резекції частини суглобових структур, що могла призвести до післяопераційної нестабільності. Водночас окремо взяті Modic-зміни, локальний біль або знижена висота диска не вважалися абсолютним самостійним показанням до корпородезу; рішення ґрунтувалося на сукупності клінічних, функціональних і рентгенологічних ознак.

Єдиного проспективно затвердженого бального алгоритму, який у незмінному вигляді застосовувався б до всіх пацієнтів протягом усього ретроспективного періоду, не було. Рішення про обсяг операції приймала лікуюча команда з урахуванням клінічної ситуації, результатів візуалізації, технічних можливостей і чинної на той час практики. Запропонований у дисертації алгоритм є результатом ретроспективної систематизації цих клінічних принципів та аналізу отриманих результатів, а не інструментом, який проспективно визначав вид втручання від початку формування когорти. Це

враховували під час інтерпретації результатів як можливе змішування, пов'язане з початковими клінічними показаннями до операції.

Пацієнт включався до остаточного аналізу лише за умови, що дані були достатніми для порівняння доопераційного та післяопераційного стану. Наявність неповних анкет, відсутність контрольного обстеження або неможливість однозначного визначення ключових клінічних показників розглядалися як підстава для невключення випадку до фінальної статистичної обробки. Основні критерії включення пацієнтів систематизовано в табл. 2.3.1.

Таблиця 2.3.1. Основні критерії включення пацієнтів

Критерій включення	Методична роль
Підтверджена грижа диска поперекового рівня	Забезпечення відповідності клінічного та морфологічного субстрату.
Наявність больового або неврологічного синдрому	Формування клінічно значущої вибірки.
Неефективність консервативного лікування або показання до операції	Обґрунтування хірургічного втручання.
Повні доопераційні та післяопераційні дані	Можливість коректного аналізу динаміки.
Контроль через 12 місяців	Оцінка стійкого клінічного та функціонального результату.

2.4. Критерії невключення та виведення з дослідження

До дослідження не включали пацієнтів із патологією, яка могла суттєво змінити природний перебіг дегенеративного ураження або ускладнити інтерпретацію результатів хірургічного лікування. До таких станів належали пухлинні ураження хребта, активний інфекційний процес, системні запальні захворювання з ураженням хребта, гостра травма з переломом хребця, виражена деформація, що потребувала окремої реконструктивної стратегії, а також тяжкі соматичні захворювання, які істотно підвищували операційний ризик.

Критеріями невключення також були багаторівневе ураження, за якого неможливо було однозначно визначити провідний симптомний рівень,

попередні реконструктивні втручання на тому самому сегменті, недостатня якість візуалізаційних даних, відсутність достовірної інформації про доопераційний стан, а також відсутність можливості стандартизованого спостереження у визначений термін. Пацієнтів із грубим неврологічним дефіцитом іншого походження, периферичною нейропатією або супутньою патологією кульшових суглобів, яка могла імітувати корінцевий синдром, аналізували лише після диференційної оцінки. За сумнівної етіології болю їх не включали до основної вибірки.

Критеріями виведення з дослідження були відсутність контрольного спостереження через 12 місяців, відмова від заповнення анкет, неможливість достовірного порівняння доопераційних і післяопераційних показників, повторне оперативне втручання з причин, не пов'язаних із досліджуваним сегментом, а також виявлення помилкової первинної класифікації випадку. Окремо фіксували повторні операції, рецидиви, міграцію імпланта, нову або прогресуючу нестабільність, проте ці випадки не виключали автоматично, якщо вони становили частину досліджуваного результату.

Такий підхід до відбору та виведення пацієнтів був спрямований на зменшення ризику змішування різних клінічних станів, підвищення однорідності вибірок і забезпечення коректності порівняння між мікродискектомією та мікродискектомією з кейджем.

2.5. Доопераційне клінічне обстеження

Доопераційне обстеження включало збір скарг, анамнезу захворювання, тривалості больового синдрому, характеру попереднього лікування, оцінку неврологічного статусу, аналіз обмеження повсякденної активності та визначення рівня ураження. Особливу увагу приділяли розмежуванню локального попереково-крижового болю та радикулярного болю, оскільки ці компоненти мають різну патофізіологічну основу і по-різному реагують на декомпресію та стабілізацію.

Локальний біль розглядали як біль, локалізований переважно в попереково-крижовій ділянці, що посилювався під час статичного навантаження, тривалого перебування в одній позі, розгинання або осьового навантаження. Радиклопатичний біль визначали як біль, що іррадіював у нижню кінцівку за дерматомним або близьким до дерматомного типом, міг супроводжуватися парестезіями, гіпестезією, зміною рефлексів або слабкістю відповідних м'язових груп.

Неврологічний огляд включав оцінку чутливості, м'язової сили, сухожилкових рефлексів, симптомів натягу нервових корінців, характеру ходи та здатності до виконання повсякденних рухів. За наявності радикулярної неврологічної симптоматики фіксували її характер, сторону, відповідність рівню компресії та динаміку після операції. У випадках із сумнівною клінічною картиною дані обстеження зіставляли з МРТ або КТ, щоб уникнути хибного віднесення больового синдрому до оперованого рівня.

Доопераційні показники ODI і ВАШ фіксували до хірургічного втручання. Ці значення використовували як базову точку для подальшого аналізу динаміки. Розраховували як абсолютні післяопераційні показники, так і величину змін: Δ ODI, Δ ВАШ загальний, Δ ВАШ локальний та Δ ВАШ радикулярний. Такий підхід дозволив оцінити не лише кінцевий стан, але й індивідуальний ступінь покращення.

2.6. Інструментальна діагностика та рентгенологічна оцінка

Інструментальна діагностика була спрямована на підтвердження рівня ураження, визначення характеру дискогенної компресії, оцінку стану міжхребцевого проміжку та виявлення ознак сегментарної нестабільності. Основним методом візуалізації була магнітно-резонансна томографія поперекового відділу хребта (рис. 2.6.1.), яка дозволяла оцінити розміри та локалізацію грижі диска, ступінь компресії дурального мішка і нервових

корінців, стан міжхребцевого диска, наявність Modic-змін, стенозу латерального рецесу або міжхребцевого отвору.

Рентгенологічне обстеження використовували для оцінки висоти міжхребцевого диска, сагітального профілю, непрямих ознак нестабільності та післяопераційного положення кейджа. У випадках, коли потрібно було оцінити динамічну нестабільність, застосовували функціональні рентгенограми у положенні згинання та розгинання. Сегментарну нестабільність визначали на підставі сукупності клінічних і рентгенологічних критеріїв, а не лише за одним ізольованим параметром.

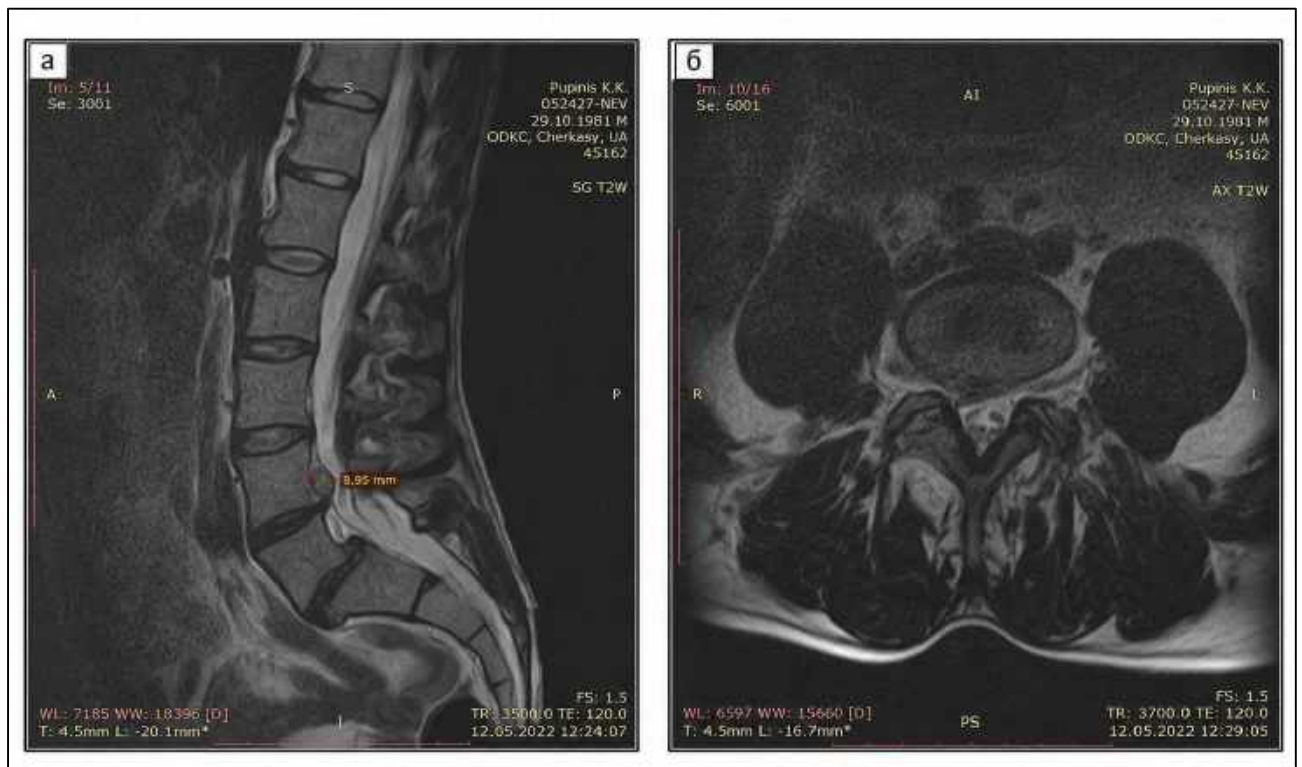


Рисунок 2.6.1. Приклад доопераційної магнітно-резонансної томографії попереково-крижового відділу хребта з грижею міжхребцевого диска на рівні L4–L5: а — сагітальна проєкція; б — аксіальна проєкція.

У групі кейджа додатково оцінювали відновлення лордозу, збільшення висоти диска, розширення міжхребцевого отвору та міграцію імпланта. Відновлення лордозу трактували як покращення локального сагітального профілю оперованого сегмента після встановлення міжтілової опори.

Збільшення висоти диска оцінювали як рентгенологічну ознаку відновлення міжхребцевого проміжку, а розширення міжхребцевого отвору — як непряму декомпресію корінця за рахунок відновлення висоти та просторових співвідношень сегмента.

Для уніфікації рентгенологічної оцінки позитивне відновлення сегментарного лордозу визначали як збільшення його кута щонайменше на 5° порівняно з доопераційним значенням. Збільшення висоти дискового проміжку та форамінальної висоти вважали клінічно значущим за приросту кожного показника щонайменше на 2 мм.

Міграцію кейджа визначали як післяопераційне зміщення імпланта відносно початкового положення, яке могло мати клінічне значення при поєднанні з больовим синдромом, неврологічними проявами або ознаками втрати корекції. Окремо враховували subsidence, тобто просідання імпланта в тіло суміжного хребця, якщо така ознака була доступною для оцінки. Modic-зміни фіксували як ознаку реакції замикальних пластинок і кісткового мозку суміжних тіл хребців.

2.7. Методика мікродискектомії без кейджа

Мікродискектомію виконували з метою усунення компресії нервового корінця та видалення фрагмента грижі міжхребцевого диска при мінімально достатньому обсязі доступу. Операцію проводили в умовах операційної з дотриманням стандартних принципів нейрохірургічної асептики та позиціонування пацієнта. Пацієнта розміщували у положенні на животі з розвантаженням черевної порожнини, що зменшувало венозне наповнення епідуральних вен і покращувало візуалізацію операційного поля.

Рівень втручання уточнювали за анатомічними орієнтирами та, за потреби, за допомогою інтраопераційного рентгенологічного контролю. Після розрізу м'яких тканин виконували пошарову дисекцію з доступом до відповідного міждужкового проміжку. М'язи відводили щадно, уникаючи

надмірної травматизації паравертебральних структур. На декомпресійному етапі виконували обмежену інтерламінарну фенестрацію та, за потреби, мінімально необхідну резекцію кістково-зв'язкових структур, достатню для візуалізації й безпечної мобілізації компресованого нервового корінця та видалення гризового фрагмента міжхребцевого диска.

Після ідентифікації нервового корінця виконували його делікатну мобілізацію та захист. Фрагмент грижі видаляли під контролем зору з використанням мікрохірургічної техніки. Обсяг дискектомії обмежували видаленням вільних або компримуючих фрагментів, уникаючи агресивного вискоблювання дискового простору, якщо це не було необхідним. Така тактика була спрямована на зменшення ризику надмірного зниження висоти диска і вторинного механічного болю.

У межах дослідження застосовували принцип обмеженої мікродискектомії. Після видалення секвестрованого або екструдованого фрагмента та декомпресії нервового корінця проводили контрольну ревізію дискового простору. Додатково видаляли лише вільні або легко мобілізовані внутрішньодискові фрагменти. Щільно фіксовану тканину диска не видаляли, систематичного багаторазового кюретування всього дискового простору не виконували, а маніпуляції поблизу замикальних пластинок обмежували з метою запобігання їх пошкодженню.

Під агресивним вискоблюванням розуміли глибоке багаторазове кюретування з видаленням значної частини залишкового пульпозного ядра, включно з тканиною, яка не була вільною або легко мобілізованою. Такий підхід під час ізольованої мікродискектомії не застосовували.

Ризик повторного випинання оцінювали за сукупністю клінічних, інтраопераційних і рентгенологічних ознак, зокрема за наявністю вираженого дефекту фіброзного кільця, залишкових мобільних фрагментів, рецидивної грижі, сегментарної гіпермобільності та вираженої дегенерації диска. Водночас ширину дефекту фіброзного кільця не вимірювали стандартизовано в міліметрах, а обсяг залишкового дискового матеріалу не визначали кількісно,

тому власного валідованого числового порогу високого ризику рецидиву в дослідженні не встановлювали.

Після видалення грижі перевіряли вільне положення нервового корінця, відсутність залишкової компресії та виконували гемостаз. Закриття рани виконували пошарово. У післяопераційному періоді оцінювали регрес радикального болю, появу або збереження локального болю, неврологічний статус, а також можливі ознаки рецидиву чи прогресування нестабільності. Мікродискектомія без кейджа розглядалася як декомпресійне втручання, тому її результат оцінювали з позиції зменшення компресійного компонента, але без очікування прямого відновлення висоти диска або лордозу.

2.8. Методика мікродискектомії з міжтіловою стабілізацією кейджем

Мікродискектомію з кейджем виконували у випадках, коли крім усунення компресії нервових структур було доцільним відновлення опорної функції міжхребцевого сегмента. Операція складалася з декомпресійного етапу, підготовки міжхребцевого простору, встановлення кейджа та контролю його положення. Головною відмінністю від ізолюваної мікродискектомії було те, що втручання мало не лише декомпресійний, а й реконструктивно-стабілізуючий характер.

Після доступу до ураженого рівня виконували видалення компримуючого дискового матеріалу та декомпресію нервового корінця. Надалі проводили підготовку міжхребцевого простору: видаляли залишки дегенерованого пульпозного ядра, готували замикальні пластинки до прийняття імпланта, водночас уникаючи їх надмірного пошкодження, оскільки агресивна підготовка могла підвищити ризик просідання кейджа. Розмір імпланта підбирали з урахуванням висоти дискового проміжку, ширини міжтілового простору, ступеня бажаного відновлення висоти та лордозу. Інтраопераційний вигляд етапу підготовки міжхребцевого простору перед установленням кейджа наведено на *рис. 2.8.1.*



Рисунок 2.8.1. Інтраопераційний вигляд робочого доступу під час підготовки міжхребцевого простору перед установленням міжтілового кейджа.

Кейдж встановлювали таким чином, щоб забезпечити стабільне положення, рівномірний розподіл навантаження та, за можливості, оптимальне відновлення анатомічних співвідношень. Після встановлення імпланта перевіряли його положення за допомогою інтраопераційного контролю (рис. 2.8.2.). Особливу увагу приділяли запобіганню надмірному задньому зміщенню, асиметричному розташуванню або недостатньому заглибленню, оскільки ці чинники могли збільшувати ризик міграції чи подразнення нервових структур.

У дослідженні окремо аналізували різні типи кейджів: бананоподібний, прямокутний або трапецієподібний, півмісяцевий та круглий. Для кожного типу оцінювали частоту міграції, відновлення лордозу, збільшення висоти диска, розширення міжхребцевого отвору, локальний біль, радикулярний біль та

сегментарну нестабільність. Такий підхід дозволив не обмежуватися загальним порівнянням “кейдж проти мікродискектомії”, а проаналізувати вплив геометрії імпланта на клініко-рентгенологічний результат.

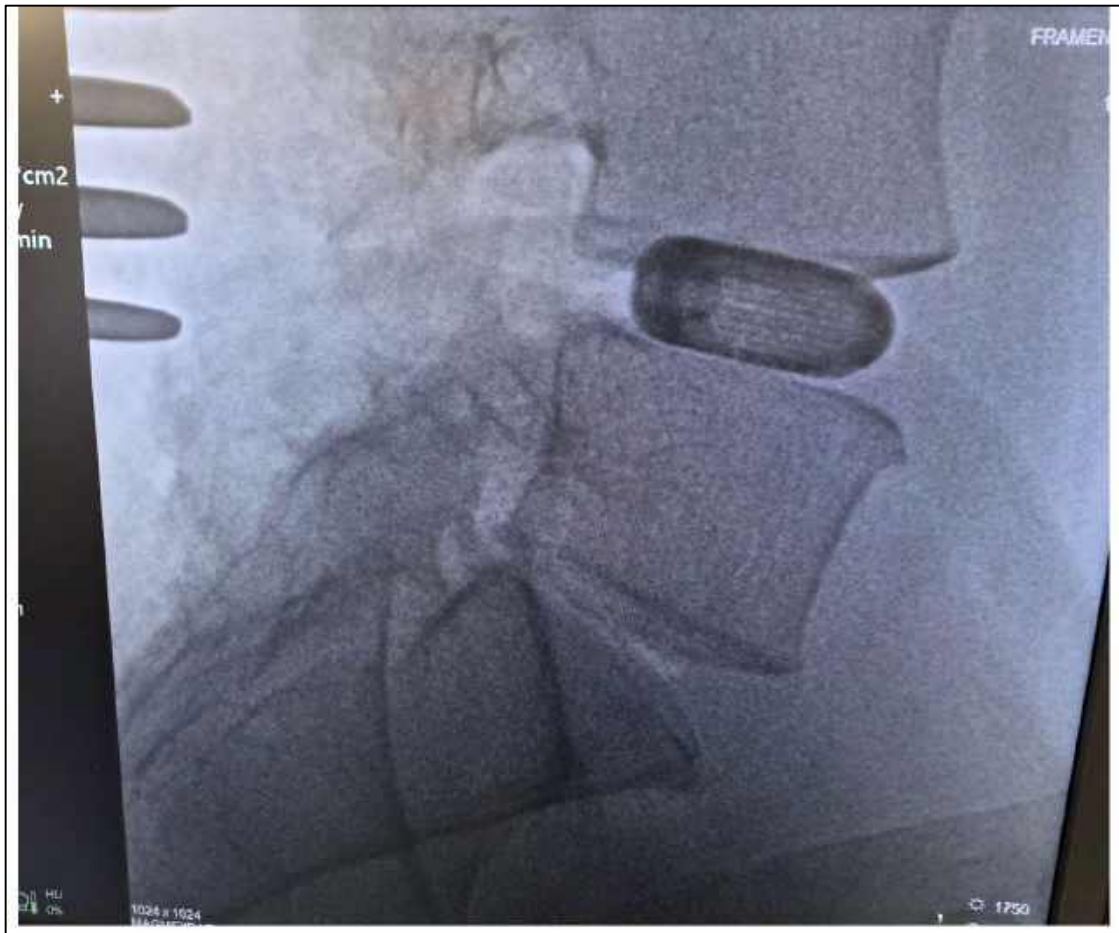


Рисунок 2.8.2. Інтраопераційний рентгенологічний контроль положення міжтілового кейджа в бічній проєкції на рівні оперованого сегмента L4–L5.

2.9. Післяопераційне ведення та контрольний період спостереження

Післяопераційне ведення було спрямоване на контроль болю, профілактику ускладнень, раннє безпечне відновлення рухової активності та виявлення ознак рецидиву або нестабільності. У ранньому періоді оцінювали інтенсивність больового синдрому, неврологічний статус, стан післяопераційної рани, переносимість вертикалізації та здатність до

самостійного пересування. За необхідності застосовували аналгетичну, протизапальну та нейротропну терапію відповідно до клінічної ситуації.

Режим активізації залежав від обсягу втручання, стану пацієнта та стабільності оперованого сегмента. Після ізольованої мікродиссектомії акцент робили на поступовому поверненні до побутової активності з обмеженням різких нахилів, піднімання ваги та тривалого статичного навантаження. Після встановлення кейджа режим відновлення враховував необхідність формування стабільної міжтілової підтримки, запобігання надмірному навантаженню на імплант та контроль за можливими ознаками міграції або просідання.

Основною контрольною точкою для стандартизованого аналізу був термін 12 місяців після операції. Саме в цей період оцінювали ВАШ, ODI, MacNab, Prolo, наявність локального та радикарного болю, радикарної неврологічної симптоматики, сегментарної нестабільності, рецидиву, а в групі кейджа — також рентгенологічні показники положення та функціонального ефекту імпланта (*рис. 2.9.1.*) (міграція кейджа, відновлення лордозу, збільшення висоти міжхребцевого диска, розширення міжхребцевого отвору, ознаки просідання імпланта та Modic-зміни). Вибір 12-місячного терміну був обумовлений тим, що він дозволяє оцінити не лише раннє зменшення компресійного болю, але й більш стійкий функціональний результат, механічну поведінку сегмента та адаптацію пацієнта до післяопераційного стану.

Усі післяопераційні показники зіставляли з доопераційними значеннями. Для кількісних змін розраховували різницю між показниками до операції та через 12 місяців. Для якісних ознак формували парні категорії “так/ні” до та після операції, що дозволяло застосовувати методи аналізу залежних якісних даних.

Modic-зміни враховували як рентгенологічний маркер реакції замикальних пластинок і суміжних тіл хребців. За наявності даних їх класифікували за типом та вираженістю. Оскільки Modic-зміни можуть бути пов’язані з хронічним локальним болем, їх розглядали як потенційний фактор,

що впливає на післяопераційний больовий синдром і функціональний результат.

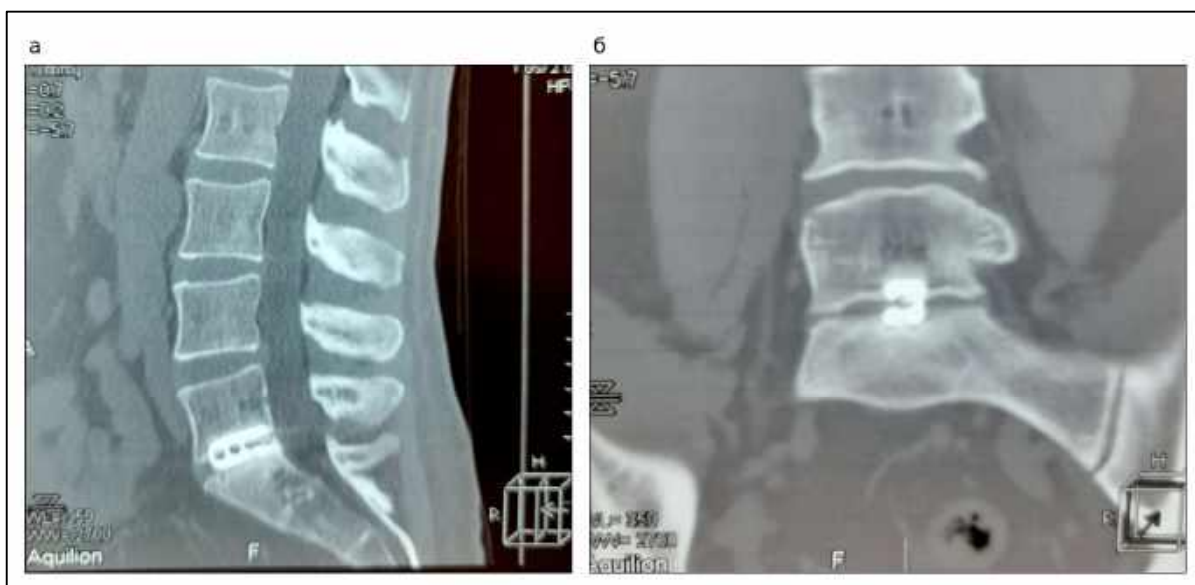


Рисунок 2.9.1. Післяопераційна мультиспіральна комп'ютерна томографія попереково-крижового відділу хребта після мікродискектомії з міжтіловим корпородезом на рівні L5–S1: а — сагітальна реконструкція; б — корональна реконструкція. Візуалізується положення міжтілового кейджа в межах міжхребцевого проміжку.

2.10. Оцінка больового синдрому за числовою рейтинговою шкалою ВАШ

У дослідженні первинно використовували класичну візуальну аналогову шкалу болю у вигляді 100-міліметрової горизонтальної лінії, де 0 мм відповідало повній відсутності болю, а 100 мм — максимально можливому болю. Оцінювання проводили до операції та через 12 місяців після хірургічного втручання. Пацієнт позначав на шкалі інтенсивність болю, після чого відстань від нульової точки до зробленої позначки вимірювали в міліметрах. Для інтерпретації результатів значення 0 мм розцінювали як відсутність болю, 1–20 мм — як легкий біль, 21–60 мм — як помірний, 61–100 мм — як сильний біль. Для зручності клінічного представлення отримані значення переводили в

діапазон 0–10 шляхом ділення показника в міліметрах на 10 за формулою: ВАШ, умовні бали 0–10 = ВАШ, мм / 10. Наприклад, значення 80 мм відповідало 8,0 умовного бала. Зазначений спосіб перерахунку однаково застосовували до всіх досліджуваних видів болю, зокрема загального, локального попереково-крижового та радикулярного, як до операції, так і через 12 місяців після неї. Отже, наведені в роботі показники в діапазоні 0–10 є трансформованими значеннями класичної 100-міліметрової ВАШ, а не результатами первинного оцінювання за числовою рейтинговою шкалою NRS.

Окремо оцінювали три компоненти больового синдрому: загальний ВАШ, локальний попереково-крижовий ВАШ та радикулярний ВАШ. Загальний ВАШ відображав сумарне суб'єктивне відчуття болю пацієнтом. Локальний ВАШ характеризував біль у попереково-крижовій ділянці, потенційно пов'язаний із механічним компонентом, залишковим дискогенним болем, фасетковим синдромом або сегментарною нестабільністю. Радикулярний ВАШ відображав інтенсивність болю, який іррадіював у нижню кінцівку та був пов'язаний із компресією або подразненням нервового корінця.

У якісних таблицях терміни «локальний біль» і «радикулярний біль» означали наявність будь-якої зафіксованої скарги відповідної локалізації під час контрольного огляду або опитування, незалежно від її інтенсивності. Інтенсивність цих больових компонентів аналізували окремо за кількісними показниками ВАШ; тому бінарні ознаки «так/ні» не слід ототожнювати з клінічно значущим або інвалідизуючим болем.

Показники ВАШ фіксували до операції та через 12 місяців після втручання. Для кожного компонента розраховували абсолютні значення, а також динаміку: Δ ВАШ загальний, Δ ВАШ локальний та Δ ВАШ радикулярний. Зменшення ВАШ трактували як позитивну клінічну динаміку. Крім того, кількісні значення ВАШ використовували для формування якісних ознак: значення 0 балів розглядали як відсутність відповідного болю, а значення більше 0 — як наявність болю. Це дозволяло аналізувати ВАШ як кількісно, так і у вигляді бінарної клінічної ознаки.

Для клінічної інтерпретації інтенсивності болю застосовували умовний поділ: 0 — відсутність болю; 1–2 бали — легкий біль; 3–6 балів — помірний біль; 7–10 балів — сильний біль (табл. 2.10.1.). Такий поділ не замінював кількісний аналіз, але був корисним для опису клінічного значення отриманих результатів, особливо при обговоренні частки пацієнтів із залишковим больовим синдромом.

Таблиця 2.10.1. Клінічна інтерпретація інтенсивності болю за ВАШ

Діапазон ВАШ	Клінічна інтерпретація
0	Відсутність болю
1–2	Легкий біль
3–6	Помірний біль
7–10	Сильний біль

2.11. Оцінка функціонального стану за індексом непрацездатності Освестрі

Функціональний стан пацієнтів оцінювали за індексом непрацездатності Освестрі. У дослідженні використовували версію ODI v2.0, яка включає 10 пунктів, кожен із яких оцінюється від 0 до 5 балів. Сумарна оцінка в балах перераховувалася у відсотковий показник непрацездатності за формулою: $ODI \% = \text{набрані бали} / 50 \times 100$. Таким чином, результат 0% відповідав відсутності функціонального обмеження, а 100% — максимально можливого обмеженню життєдіяльності.

ODI використовували як один з основних кількісних критеріїв ефективності лікування, оскільки він відображає не лише інтенсивність болю, а також його вплив на повсякденну активність, самообслуговування, ходьбу, сидіння, стояння, сон, соціальне життя та працездатність. Доопераційний ODI характеризував вихідний ступінь функціонального дефіциту, а показник через 12 місяців — залишкове обмеження після хірургічного втручання.

Для інтерпретації ODI застосовували градацію: 0–20% — мінімальне порушення; 21–40% — помірне порушення; 41–60% — виражене порушення;

61–80% — інвалідизація; 81–100% — крайній ступінь обмеження (табл. 2.11.1.). У статистичному аналізі ODI розглядали як кількісний показник, а також як клінічно інтерпретований рівень функціонального обмеження.

Динаміку функціонального стану визначали за показником Δ ODI, який розраховували як різницю між ODI до операції та ODI через 12 місяців. Позитивне значення Δ ODI відображало зменшення функціонального обмеження. У межах порівняльного аналізу оцінювали як середню величину покращення, так і розподіл індивідуальних змін, що було важливо для виявлення пацієнтів із недостатнім функціональним відновленням.

Таблиця 2.11.1. Інтерпретація індексу непрацездатності Освестрі

ODI, %	Рівень обмеження	Інтерпретація
0–20	Мінімальне порушення	Пацієнт здатний виконувати більшість повсякденних дій.
21–40	Помірне порушення	Активність знижена переважно через біль.
41–60	Виражене порушення	Наявне значне обмеження працездатності.
61–80	Інвалідизація	Пацієнт має суттєві функціональні обмеження.
81–100	Крайній ступінь обмеження	Пацієнт практично непрацездатний.

2.12. Оцінка результатів за шкалою MacNab

Суб’єктивну оцінку результату хірургічного лікування проводили за шкалою MacNab. Ця шкала відображає загальне сприйняття пацієнтом ефективності операції, ступінь регресу болю, можливість повернення до звичайної активності та працездатності. Результат класифікували за чотирма категоріями: Excellent, Good, Fair та Poor.

Категорію Excellent визначали у разі повного або майже повного зникнення болю, повернення пацієнта до звичного способу життя та відсутності суттєвих обмежень. Категорія Good відповідала незначному періодичному

болю, який не обмежував повсякденну активність і дозволяв пацієнту працювати у звичайному режимі. Категорія Fair означала збереження болю, який був меншим, ніж до операції, але все ще певною мірою обмежував активність. Категорія Poor включала випадки відсутності покращення, посилення болю або значного збереження непрацездатності (табл. 2.12.1.).

Для статистичного аналізу MacNab використовували у двох формах. Перша форма — повний чотирикатегоріальний розподіл Excellent / Good / Fair / Poor. Друга форма — бінарна клінічна класифікація, у якій Excellent і Good об'єднували як добрий результат, а Fair і Poor — як недостатній або несприятливий результат. Така бінаризація дозволяла розраховувати частку клінічно успішних випадків і порівнювати її між групами або підгрупами.

Результат за MacNab фіксували через 12 місяців після операції, оскільки саме цей термін відображав відносно стабільний суб'єктивний результат лікування. Шкала не використовувалася для доопераційної оцінки, оскільки вона описує саме післяопераційний результат.

Таблиця 2.12.1. Категорії оцінки результату за MacNab

Категорія MacNab	Характеристика результату
Excellent	Повне або майже повне зникнення болю, повернення до звичного способу життя.
Good	Незначний періодичний біль без істотного обмеження активності.
Fair	Біль зменшився, але частково обмежує діяльність.
Poor	Відсутнє покращення або зберігається значне обмеження.

2.13. Оцінка функціонально-економічного результату за шкалою Prolo

Для комплексної оцінки функціонального та соціально-економічного результату використовували шкалу Prolo. Вона включає дві підшкали: економічну та функціональну. Кожна підшкала оцінюється від 1 до 5 балів, а

сумарний результат становить від 2 до 10 балів. У практичному аналізі більші значення свідчили про кращий результат лікування.

Економічна частина шкали відображала здатність пацієнта повернутися до роботи або звичної професійної активності. Нижчі значення відповідали непрацездатності або суттєвому обмеженню трудової діяльності, тоді як вищі значення означали повернення до попередньої роботи без істотних обмежень. Функціональна частина відображала рівень болю та побутової активності: від вираженого болю з постійною потребою в аналгетиках до відсутності болю та нормальної фізичної активності.

Загальний бал Prolo інтерпретували таким чином: 9–10 балів — відмінний результат, 7–8 балів — добрий результат, 5–6 балів — задовільний результат, менше 5 балів — незадовільний результат. У дослідженні аналізували як кількісний бал Prolo, так і категоріальний результат Excellent / Good / Fair / Poor. Для клінічної інтерпретації додатково об'єднували Excellent і Good у категорію сприятливого результату, а Fair і Poor — у категорію недостатнього результату (табл. 2.13.1.).

Таблиця 2.13.1. Інтерпретація сумарного результату за Prolo

Сума балів Prolo	Категорія результату
9–10	Відмінний результат
7–8	Добрий результат
5–6	Задовільний результат
<5	Незадовільний результат

Prolo оцінювали через 12 місяців після операції. Ця шкала доповнювала ODI і MacNab, оскільки дозволяла враховувати не лише функціональну непрацездатність або суб'єктивне задоволення лікуванням, але й соціально-економічний аспект відновлення пацієнта.

2.14. Оцінка сегментарної нестабільності

Сегментарну нестабільність розглядали як один із ключових результатів дослідження, оскільки вона відображає механічну спроможність оперованого сегмента після декомпресії або стабілізації. Нестабільність оцінювали до операції та через 12 місяців після втручання. Окремо фіксували наявність нестабільності до операції, її зростання, появу як нової знахідки, зменшення та загальну частоту післяопераційної нестабільності.

У групі мікродискектомії без кейджа особливу увагу приділяли можливості прогресування нестабільності після видалення дискового матеріалу та зменшення висоти міжхребцевого проміжку. У групі кейджа оцінювали, чи зменшує міжтілова підтримка ризик механічної неспроможності сегмента, а також чи відрізняється цей ефект залежно від типу імпланта.

Для якісного аналізу нестабільність кодували як “так” або “ні”. Для порівняння доопераційного та післяопераційного стану формували парну таблицю: нестабільність до операції та нестабільність через 12 місяців. Застосування такого формату оцінки дозволяло простежити не лише частоту сегментарної нестабільності, а й характер її післяопераційної динаміки, зокрема збереження наявної до операції нестабільності, її зменшення або зникнення, появу нової нестабільності чи відсутність ознак механічної неспроможності оперованого сегмента протягом періоду спостереження.

Нестабільність оцінювали як бінарну якісну ознаку, що відображала наявність або відсутність механічної неспроможності оперованого сегмента. Її фіксували до операції та через 12 місяців після втручання, що давало змогу простежити не лише загальну частоту цього явища, а також характер його динаміки. Під час аналізу враховували збереження попередньо наявної нестабільності, її зменшення або зникнення, появу нової нестабільності та стабільний перебіг без ознак механічної неспроможності сегмента.

2.15. Оцінка рецидиву, міграції кейджа, Modic-змін і повторних операцій

Рецидив грижі диска визначали як повторну появу клінічно значущої грижі на оперованому рівні, що супроводжувалася відповідною клінічною симптоматикою та підтверджувалася даними інструментального обстеження. Рецидив розглядали як окрему якісну клінічну ознаку, що відображала повторну появу клінічно значущої грижі диска на оперованому рівні. Його реєстрували як один із несприятливих післяопераційних результатів і враховували при комплексній оцінці стійкості хірургічного ефекту, клінічного перебігу післяопераційного періоду та підсумкового функціонального стану пацієнта.

У групі кейджа окремо аналізували міграцію імпланта. Міграцію фіксували у випадку зміщення кейджа порівняно з початковим післяопераційним положенням. Клінічне значення міграції оцінювали з урахуванням наявності болю, радикальної симптоматики, неврологічного дефіциту, втрати корекції та потреби у повторному втручанні. Аналіз міграції проводили як загалом у групі кейджа, так і окремо за типами імплантів. Приклад МРТ-ознак міграції кейджа наведено на рис. 2.15.1.

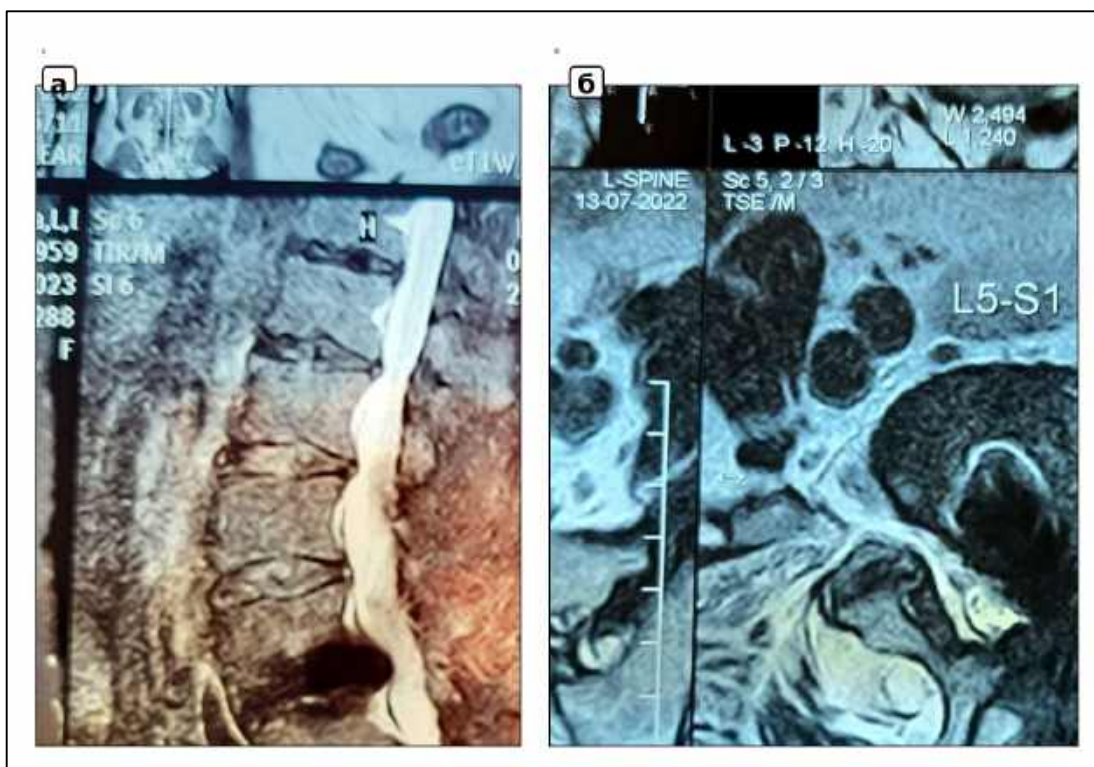


Рисунок 2.15.1. МРТ-ознаки міграції міжстілового кейджа на рівні L5–S1:
а — сагітальна проєкція; б — аксіальна проєкція.

Клінічно значущу міграцію визначали як зміщення кейджа більш ніж на 3 мм відносно раннього післяопераційного положення або як вихід імпланта за межі відповідної стінки тіла хребця. Окремого кількісного вимірювання площі контакту кейджа із замикальними пластинками не проводили, тому цей параметр не використовували для статистичного порівняння різних типів імплантів.

Під час аналізу МРТ-ознак дегенеративних змін замикальних пластинок Modic I та Modic II реєстрували як об'єднаний показник «Modic I–II». Окремий статистичний аналіз типів Modic I і Modic II не проводили. Modic III також не аналізували окремо через недостатню кількість належно задокументованих випадків у досліджуваній когорті.

У зв'язку з цим у межах цього дослідження неможливо достовірно визначити, який саме тип Modic-змін мав найбільший вплив на вибір стабілізуючого втручання або на післяопераційний результат. Наявність Modic I–II розглядали як один із додаткових клініко-рентгенологічних чинників і

оцінювали лише в сукупності з характером больового синдрому, висотою диска, форамінальним стенозом та ознаками сегментарної нестабільності.

Повторні операції та ускладнення реєстрували окремо. До повторних втручань відносили операції, виконані з приводу рецидиву, значущої міграції кейджа, вираженої нестабільності, прогресування неврологічної симптоматики або інших причин, пов'язаних з оперованим сегментом. У статистичному аналізі ці події розглядалися як несприятливі клінічні результати.

2.16. Структура бази даних і кодування показників

Базу даних формували у табличному форматі. Для кожного пацієнта передбачали окремий рядок, а кожному клінічному, функціональному або рентгенологічному показнику відповідала окрема колонка. Такий формат забезпечував можливість експорту даних у статистичні модулі, проведення описової статистики, порівняння залежних і незалежних груп, аналізу якісних ознак та побудови похідних показників.

Кількісні показники вносили у числовому форматі. До них належали вік, ODI до операції, ODI через 12 місяців, загальний ВАШ до і після операції, локальний ВАШ до і після операції, радикальний ВАШ до і після операції, бал Prolo, а також похідні показники ΔODI і $\Delta VAШ$. Для якісних ознак використовували текстове кодування “так/ні” або категоріальні значення. За потреби для статистичного аналізу додавали бінарні коди 1/0, де 1 відповідав наявності ознаки, а 0 — її відсутності.

До якісних ознак належали стать, рівень операції, рецидив, наявність локального болю, наявність радикального болю, нестабільність до операції, нестабільність через 12 місяців, зростання нестабільності, поява нової нестабільності, зменшення нестабільності, міграція кейджа, відновлення лордозу, збільшення висоти диска, розширення міжхребцевого отвору, радикальна неврологічна симптоматика, а також категорії MacNab і Prolo.

Особливу увагу приділяли збереженню первинних клінічних значень. Текстові поля “так/ні” не замінювали безповоротно цифровими кодами, а за потреби дублювали у вигляді додаткових бінарних колонок. Це дозволяло зберегти зрозумілість бази для клінічної перевірки та одночасно підготувати її до автоматизованої статистичної обробки.

2.17. Загальний план статистичної обробки даних

Статистичну обробку даних планували як послідовний багаторівневий аналіз, що поєднував описову статистику, внутрішньогрупову оцінку динаміки, міжгрупове порівняння основних хірургічних підходів, аналіз підгруп за типом кейджа та оцінку факторів, пов’язаних із несприятливим клінічним результатом. Така структура була обрана тому, що дослідження включало різні типи змінних: кількісні показники, бінарні якісні ознаки, багатокатегоріальні клінічні шкали, а також парні вимірювання до операції та через 12 місяців після втручання.

На першому етапі всі змінні перевіряли на повноту, коректність кодування і відповідність допустимим діапазонам. Для кількісних показників контролювали неможливі або крайні значення, наприклад ODI поза межами 0–100%, ВАШ поза межами 0–10 балів або Prolo поза межами 2–10 балів. Для якісних змінних перевіряли уніфікацію категорій, щоб одна й та сама ознака не була подана різними написаннями. Значення “так” і “ні” за потреби дублювали у вигляді 1 і 0, однак вихідне текстове кодування зберігали для клінічної перевірки.

Другий етап включав описову статистику. Кількісні показники описували за допомогою кількості спостережень, середнього значення, стандартного відхилення, медіани, міжквартильного діапазону, мінімального та максимального значень. Якісні показники подавали як абсолютну кількість випадків і частку у відсотках від відповідної групи. Для часток у ключових клінічних кінцевих точках за потреби розраховували 95% довірчі інтервали, що

дозволяло оцінити не лише точкове значення, але й статистичну невизначеність результату. Загальну логіку статистичної обробки даних наведено в табл. 2.17.1.

Таблиця 2.17.1. Загальна логіка статистичної обробки даних

Етап аналізу	Зміст етапу	Методична мета
Контроль бази даних	Перевірка повноти, допустимих значень, кодування так/ні та 1/0.	Зменшення ризику технічних помилок перед аналізом.
Описова статистика	n, %, середнє, SD, медіана, Q1–Q3, мін–макс.	Характеристика вибірки та клінічних показників.
Аналіз до/після	Порівняння залежних кількісних і якісних показників.	Оцінка динаміки в межах однієї групи.
Порівняння груп	Мікродиссектомія без кейджа vs мікродиссектомія з кейджем.	Оцінка впливу стабілізуючого компонента.
Аналіз типів кейджа	Порівняння бананоподібного, прямокутного/трапецієподібного, півмісяцевого та круглого кейджа.	Виявлення відмінностей, пов'язаних із геометрією імплантанта.
Оцінка факторів ризику	Аналіз предикторів болю, нестабільності, рецидиву, Fair/Poor результату.	Визначення чинників несприятливого перебігу.

Третій етап передбачав вибір статистичного критерію відповідно до типу даних і структури порівняння. Для парних кількісних показників, отриманих у тих самих пацієнтів до операції та через 12 місяців, застосовували критерії для залежних вибірок. Для порівняння незалежних груп, зокрема мікродиссектомії без кейджа та мікродиссектомії з кейджем, застосовували критерії для незалежних вибірок. Для аналізу якісних ознак використовували таблиці спряженості, критерій χ^2 , точний критерій Фішера або критерій Мак-Немара залежно від того, чи були дані незалежними або парними.

Рівень статистичної значущості приймали на рівні $\alpha = 0,05$. Значення $p < 0,05$ розглядали як статистично значуще. Водночас p-value не трактували ізольовано від клінічного значення результату. Для ключових порівнянь додатково оцінювали розмір ефекту, абсолютну різницю між групами, відносний ризик, відношення шансів або інші показники сили асоціації. Такий підхід дозволяв уникнути ситуації, коли статистично значущий результат мав

незначну клінічну вагу або, навпаки, клінічно важлива різниця не досягала статистичної значущості через обмежену кількість спостережень.

2.18. Статистичні критерії для аналізу кількісних показників

Перед порівнянням кількісних показників оцінювали характер їхнього розподілу. Основну увагу приділяли не лише формальній перевірці нормальності, але й аналізу гістограм, асиметрії, наявності викидів та співвідношення середнього значення з медіаною. Для клінічних даних, таких як ODI і ВАШ, навіть при великій кількості спостережень можливі асиметричні розподіли, тому вибір критерію здійснювали з урахуванням як статистичних, так і клінічних ознак розподілу.

Для оцінки нормальності використовували критерій Шапіро–Уїлка. Якщо розподіл кількісної змінної або розподіл різниць у парному порівнянні був близьким до нормального, кількісні дані подавали як середнє значення та стандартне відхилення, а для порівнянь застосовували параметричні критерії. Якщо розподіл суттєво відхилявся від нормального або містив виражені викиди, основний акцент робили на медіані та міжквартильному діапазоні, а для порівнянь застосовували непараметричні критерії.

Для порівняння показників до операції та через 12 місяців у межах однієї групи використовували парний t-критерій або критерій Вілкоксона для залежних вибірок. Так аналізували ODI, загальний ВАШ, локальний ВАШ і радикальний ВАШ. У цих порівняннях статистично аналізували саме різницю між парними вимірюваннями, оскільки кожен пацієнт виступав власним контролем.

Для порівняння кількісних показників між двома незалежними групами, зокрема між мікродиссектомією без кейджа та мікродиссектомією з кейджем, використовували t-критерій для незалежних вибірок за умови нормального розподілу і приблизної рівності дисперсій. Якщо дисперсії між групами істотно відрізнялися, застосовували t-критерій Вельча. Якщо дані не відповідали

параметричним передумовам, використовували критерій Манна–Уїтні. Вибір статистичних критеріїв для кількісних показників узагальнено в табл. 2.18.1.

Таблиця 2.18.1. Вибір критерію для кількісних показників

Ситуація	Показники	Основний критерій	Альтернатива
До vs після в одній групі	ODI, ВАШ загальний, локальний, радикальний	Парний t-критерій	Критерій Вілкоксона
Дві незалежні групи	Мікродиссектомія vs кейдж: ODI, ВАШ, Δ ODI, Δ ВАШ, Prolo бал	t-критерій або Welch t-test	Критерій Манна–Уїтні
Три і більше груп	Порівняння типів кейджа за кількісними показниками	ANOVA або Welch ANOVA	Критерій Краскела–Уолліса
Кореляції	Вік, ODI, ВАШ, Prolo, дельти	Коефіцієнт Пірсона	Коефіцієнт Спірмена
Динаміка ефекту	Δ ODI, Δ ВАШ	Опис дельти та міжгрупове порівняння	Відсоткове покращення як додатковий показник

Для порівняння кількісних показників між трьома і більше незалежними групами, наприклад між різними типами кейджа, використовували однофакторний дисперсійний аналіз ANOVA, Welch ANOVA або критерій Краскела–Уолліса. ANOVA застосовували за умови приблизно нормального розподілу та гомогенності дисперсій. Welch ANOVA використовували при нерівності дисперсій. Критерій Краскела–Уолліса застосовували для ненормально розподілених або порядкових кількісних даних. У разі статистично значущого загального результату проводили post-hoc порівняння з корекцією множинних перевірок.

Окрему увагу приділяли аналізу похідних показників Δ ODI, Δ ВАШ загальний, Δ ВАШ локальний і Δ ВАШ радикальний. Ці змінні розраховували як різницю між доопераційним значенням і показником через 12 місяців. Додатне значення дельти означало покращення. Дельти використовували для

прямого порівняння величини клінічного ефекту між хірургічними підходами та між типами кейджів.

2.19. Статистичні критерії для аналізу якісних показників

Якісні показники аналізували залежно від кількості категорій, структури таблиці та типу зв'язку між спостереженнями. Бінарні ознаки, такі як рецидив, локальний біль, радикулярний біль, сегментарна нестабільність, міграція кейджа, відновлення лордозу, збільшення висоти диска та розширення міжхребцевого отвору, подавали як кількість випадків і відсоток. Для таких змінних за потреби формували таблиці 2×2 або $r \times 2$.

Для порівняння бінарних якісних показників між двома незалежними групами використовували χ^2 -критерій Пірсона або точний критерій Фішера. Точний критерій Фішера застосовували тоді, коли очікувані частоти в клітинках таблиці були малими. Для клінічної інтерпретації результатів у таблицях 2×2 додатково розраховували абсолютну різницю ризиків, відносний ризик і відношення шансів із 95% довірчими інтервалами.

Для якісних показників, які оцінювали у тих самих пацієнтів до операції та через 12 місяців, використовували критерій Мак-Немара. До таких змінних належали локальний біль так/ні, радикулярний біль так/ні та нестабільність так/ні. Цей критерій є доцільним тому, що він аналізує не загальну різницю частот, а саме дискордантні пари: випадки, у яких ознака зникла, і випадки, у яких ознака з'явилася після операції. Критерії аналізу якісних показників наведено в табл. 2.19.1.

Таблиця 2.19.1. Вибір критерію для якісних показників

Ситуація	Приклади показників	Критерій	Додаткові показники
Одна група, 2+ категорії	MacNab, Prolo, тип кейджа	Опис n і %; за потреби χ^2 goodness-of-fit	Кумулятивний %, структура розподілу

Дві незалежні групи, бінарна ознака	Рецидив, біль, нестабільність, міграція	χ^2 Пірсона або точний критерій Фішера	OR, RR, RD, 95% ДІ
Дві незалежні групи, 4 категорії	MacNab або Prolo між мікродисектомією і кейджем	χ^2 для таблиці $r \times c$	Cramer's V
До vs після, так/ні	Локальний біль (будь-який), радикальний біль, нестабільність	Критерій Мак-Немара	Дискордантні пари
4 типи кейджа	Міграція, лордоз, висота диска, отвір, біль	$\chi^2 r \times c$ або Monte Carlo	Cramer's V, post-hoc з Holm

Багатокатегоріальні якісні показники, зокрема MacNab і Prolo у форматі Excellent / Good / Fair / Poor, аналізували як розподіл категорій. Для опису однієї групи подавали n і $\%$. Для порівняння між двома або більше незалежними групами формували таблиці спряженості та застосовували χ^2 -критерій Пірсона. Якщо очікувані частоти були недостатніми, використовували точний багатокатегоріальний підхід або Monte Carlo-оцінку p -value.

Для клінічної інтерпретації MacNab і Prolo додатково застосовували бінаризацію результатів: Excellent+Good трактували як сприятливий результат, а Fair+Poor — як недостатній або несприятливий результат. Такий підхід дозволяв отримати простий клінічний показник частки успішного лікування та порівнювати його між групами за допомогою критеріїв для 2×2 таблиць.

У разі порівняння якісних показників між чотирма типами кейджа використовували таблиці спряженості 4×2 або $4 \times k$. Основним критерієм був χ^2 -критерій Пірсона, а силу зв'язку оцінювали за Cramer's V. Якщо загальний тест був статистично значущим, виконували post-hoc парні порівняння між типами кейджа з корекцією Holm або Bonferroni, щоб зменшити ризик хибнопозитивних висновків при множинних перевірках.

2.20. Розмір ефекту, довірчі інтервали і контроль множинних порівнянь

Для повнішої інтерпретації результатів поряд із p -value оцінювали розмір ефекту. Це було важливо, оскільки статистична значущість залежить від обсягу вибірки, тоді як розмір ефекту відображає практичну або клінічну вагу відмінності. Для кількісних показників при порівнянні двох незалежних груп міг застосовуватися Cohen's d або непараметричний еквівалент r . Для парних порівнянь додатково враховували середню або медіанну величину зміни показника.

Для таблиць 2×2 основними показниками розміру ефекту були відношення шансів, відносний ризик та абсолютна різниця ризиків. Відношення шансів дозволяло оцінити, наскільки ймовірність несприятливого результату відрізнялася між групами. Відносний ризик був зручним для клінічної інтерпретації, коли частоту події можна було безпосередньо порівнювати між групами. Абсолютна різниця ризиків показувала, на скільки відсоткових пунктів відрізнялася частота події.

Для багатокатегоріальних таблиць використовували Cramer's V . Цей показник дозволяв оцінити силу зв'язку між групою та розподілом категорій. Значення Cramer's V інтерпретували обережно з урахуванням клінічного контексту, кількості категорій і загального обсягу вибірки. Для ANOVA могли додатково розраховувати η^2 або partial η^2 , а для непараметричних аналогів — ϵ^2 .

При проведенні великої кількості post-hoc порівнянь застосовували корекцію множинних перевірок. Основним підходом була корекція Holm, оскільки вона є менш консервативною, ніж Bonferroni, але зберігає контроль сімейної помилки. Bonferroni-корекцію могли використовувати як простий і більш строгий підхід при невеликій кількості порівнянь або для перевірки стійкості результатів. Показники розміру ефекту для основних типів аналізу подано в табл. 2.20.1.

Таблиця 2.20.1. Показники розміру ефекту для основних типів аналізу

Тип аналізу	Основний результат	Розмір ефекту
2×2 якісні таблиці	Рецидив, біль, нестабільність, міграція	OR, RR, RD, 95% ДІ
r×c якісні таблиці	MacNab, Prolo, типи кейджа	Cramer's V
Дві незалежні кількісні групи	ODI, ВАШ, ΔODI, ΔВАШ	Cohen's d або r
Парні кількісні дані	До/після за ODI або ВАШ	Середня/медіанна різниця, r
3+ кількісні групи	Порівняння типів кейджа	η^2 , partial η^2 або ε^2
Регресійний аналіз	Фактори ризику несприятливого результату	OR, 95% ДІ, p-value

Довірчі інтервали розглядали як важливий компонент подання результатів. Для середніх значень, різниць середніх, часток, OR, RR і RD 95% довірчий інтервал дозволяв оцінити точність статистичної оцінки. Якщо довірчий інтервал був широким, результат трактували обережно навіть за наявності статистичної значущості, оскільки це могло свідчити про недостатню кількість спостережень або нестабільність оцінки.

У фінальному поданні статистичних результатів перевагу надавали не лише формальному твердженню про наявність або відсутність статистичної значущості, а комплексному опису: напрямок ефекту, абсолютні значення у групах, розмір ефекту, 95% довірчий інтервал і p-value. Така форма подання є найбільш інформативною для клінічної інтерпретації результатів хірургічного лікування.

Зазначені принципи статистичної обробки створювали єдину аналітичну рамку для подальшого аналізу підгруп. Після загальної оцінки динаміки та міжгрупових відмінностей окремо вивчали фактори, які могли бути пов'язані з гіршим післяопераційним результатом, зокрема вік, стать, рівень ураження, тип втручання, тип кейджа, вихідний рівень ODI і ВАШ, наявність нестабільності, міграцію імплантата та залишковий больовий синдром.

2.21. Аналіз підгруп і факторів, пов'язаних із результатом

Аналіз підгруп проводили для виявлення факторів, які могли впливати на результат лікування. Серед потенційних факторів розглядали вік, стать, рівень операції, вихідний ODI, вихідний ВАШ, наявність локального або радикарного болю, наявність доопераційної нестабільності, тип операції, тип кейджа, міграцію імпланта, рентгенологічне відновлення висоти диска, лордозу та міжхребцевого отвору.

Основними несприятливими результатами для аналізу факторів ризику були рецидив, післяопераційна нестабільність, збереження локального болю, збереження радикарного болю, радикарна неврологічна симптоматика, високий ODI через 12 місяців, високий ВАШ через 12 місяців, Fair/Poor за MacNab та Fair/Poor за Prolo. Для кожного з цих результатів могли формуватися бінарні змінні, придатні для аналізу відношення шансів або логістичної регресії.

Кореляційний аналіз застосовували для оцінки зв'язку між віком, вихідними показниками ODI/ВАШ, післяопераційними показниками та дельтами. За нормального розподілу використовували коефіцієнт Пірсона, за ненормального або порядкового характеру даних — коефіцієнт Спірмена. Особливо важливими були зв'язки між ODI через 12 місяців і ВАШ через 12 місяців, Prolo балом і ODI, Prolo балом і ВАШ, а також між Δ ODI і Δ ВАШ.

Для багатофакторної оцінки за наявності достатньої кількості подій могла застосовуватися логістична регресія. У модель включали клінічно обґрунтовані предиктори, уникаючи надмірної кількості змінних при малій кількості несприятливих подій. Результати подавали у вигляді відношення шансів, 95% довірчого інтервалу та p-value. Матрицю початкової порівняльності груп і потенційних факторів змішування наведено в табл. 2.21.1.

Таблиця 2.21.1. Матриця початкової порівнянності груп і потенційних факторів змішування

Фактор	Клінічне значення	Спосіб урахування в аналізі
Вік і стать	Можуть впливати на дегенеративні зміни, больовий синдром і відновлення	Початкове міжгрупове порівняння; урахування як потенційних коваріат у багатофакторній моделі
Рівень операції L4-L5 / L5-S1	Визначає анатомо-біомеханічні умови, форамінальний простір і ризик рецидиву	Окреме порівняння розподілу; обговорення як потенційного конфаундера
Вихідні ODI та ВАШ	Відображають початкову тяжкість функціонального обмеження і больового синдрому	Порівняння доопераційних значень; аналіз динаміки Δ ODI та Δ ВАШ
Тип болю: корінцевий / аксіальний	Визначає патогенетичну спрямованість декомпресії або стабілізації	Окреме кодування локального та радикарного компонентів
Доопераційна нестабільність, висота диска, форамінальний стеноз	Можуть обґрунтовувати встановлення кейджа і впливати на результат	Стратифікація показань; аналіз як факторів ризику несприятливого результату
Modic-зміни, фасеткова артропатія, рецидивна грижа	Пов'язані з механічним болем, рецидивом і потребою у стабілізації	Використання в підгруповому аналізі та під час інтерпретації результатів

Примітка. Таблиця відображає змінні, які необхідно враховувати для контролю початкової порівнянності та для уникнення надмірного трактування відмінностей між групами як наслідку лише типу операції.

2.22. Етичні аспекти, захист даних і обмеження методики

Дослідження проводили з дотриманням принципів конфіденційності медичної інформації. Персональні дані пацієнтів не використовували у статистичних таблицях і не виносили до публічних матеріалів. Для аналізу застосовували знеособлені коди або номери записів, достатні для внутрішньої перевірки, але непридатні для ідентифікації особи поза межами первинної документації.

Етичний супровід дослідження був підтверджений рішенням комісії з питань біоетики ДУ «Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України».

Під час формування бази даних особливу увагу приділяли відокремленню клінічної інформації від ідентифікаційних даних. У робочих таблицях могли зберігатися номери історій хвороби для контролю повноти даних, однак для статистичного експорту і підготовки результатів перевагу надавали таблицям без персональних ідентифікаторів. Це зменшувало ризик розкриття конфіденційної інформації та відповідало принципам етичної роботи з клінічними даними.

Основними методологічними обмеженнями дослідження були залежність частини показників від якості ретроспективної документації, можливість неоднорідності показань до встановлення кейджа, вплив хірургічного досвіду, різниця між типами імплантів і потенційна наявність неврахованих факторів, які могли впливати на післяопераційний біль та функціональне відновлення. Для зменшення впливу цих чинників застосовували стандартизовані критерії відбору, єдині контрольні точки, однакові шкали оцінки та окремий аналіз підгруп.

Ще одним обмеженням було те, що деякі рентгенологічні показники мають умовний характер і можуть залежати від способу вимірювання, проекції, позиціонування пацієнта та якості зображення. Тому такі показники доцільно інтерпретувати у поєднанні з клінічними результатами, а не ізольовано. Сильним боком методики є комплексність оцінки: одночасний аналіз болю, функції, суб'єктивного результату, економічно-функціонального статусу, нестабільності та рентгенологічних характеристик дозволяє отримати більш повне уявлення про ефективність кожного хірургічного підходу.

Обмеженням дослідження було об'єднання Modic I та Modic II в один показник «Modic I–II», а також відсутність окремого аналізу Modic III через недостатню кількість належно задокументованих випадків. Це не дозволило оцінити незалежний вплив кожного типу Modic-змін на вибір хірургічної тактики та віддалений результат лікування.

Тривалість післяопераційного спостереження становила 12 місяців, що було достатнім для стандартизованої оцінки середньострокової клінічної

динаміки, раннього рецидиву грижі, сегментарної нестабільності, положення, міграції та початкового просідання кейджа. Водночас такий період не дозволяв остаточно оцінити пізню субсиденцію імпланта, стійкість відновленої висоти диска і сегментарного лордозу, завершеність формування кісткового блока, розвиток пізнього псевдоартрозу та дегенеративні зміни суміжних сегментів. У зв'язку із цим результати дослідження слід трактувати як 12-місячні або середньострокові, а зазначені віддалені наслідки потребують тривалішого клініко-рентгенологічного спостереження.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У цьому розділі наведено результати клініко-інструментального та статистичного аналізу хірургічного лікування пацієнтів із грижами міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта. Аналіз виконано відповідно до методології, описаної у розділі 2: оцінювали доопераційний стан, післяопераційний результат через 12 місяців, динаміку больового синдрому, функціональне відновлення, частоту рецидиву, сегментарної нестабільності, локального та радикулярного болю, результати за шкалами MacNab і Prolo, а також рентгенологічні показники в групі міжтілової стабілізації.

Основна логіка викладу результатів побудована від загальної характеристики груп до спеціалізованих порівнянь. Спочатку подано результати у групі ізольованої мікродискектомії та групі мікродискектомії з міжтіловою стабілізацією, далі наведено порівняльну оцінку між цими підходами, окремо розглянуто результати залежно від типу кейджа, а також виділено підрозділ, присвячений порівнянню мікродискектомії та мікродискектомії з кейджем при травматичних і дегенеративних грижах міжхребцевих дисків.

Під час інтерпретації результатів основну увагу приділяли не лише наявності статистичної значущості, але й клінічній спрямованості виявлених відмінностей. Для кількісних показників оцінювали абсолютну величину змін, зокрема зменшення індексу ODI та показників ВАШ. Для якісних ознак аналізували частоту несприятливих подій, абсолютну різницю між групами та відносний ризик. У випадках, коли проводилося порівняння, у тексті додатково зазначено статистичний критерій і рівень значущості у форматі $p > 0,05$ або $p < 0,05/p < 0,01/p < 0,001$.

Виклад результатів побудовано так, щоб послідовно показати ефективність кожного хірургічного підходу, відмінності між ізольованою мікродискектомією та втручанням із міжтіловою стабілізацією, а також значення типу кейджа для клініко-рентгенологічного результату. Така логіка

дозволила поєднати аналіз декомпресійного ефекту, функціонального відновлення та механічного стану оперованого сегмента.

3.1. Загальна характеристика досліджуваних клінічних груп

Загальна клінічна база включала дві основні групи пацієнтів. До першої групи увійшли 200 хворих, яким виконували мікродискектомію без встановлення міжтілового імплантата. До другої групи увійшли 200 хворих, яким виконували мікродискектомію з міжтіловою стабілізацією кейджем. Такий розподіл дозволив порівняти ізольований декомпресійний підхід із втручанням, у якому декомпресійний етап був доповнений стабілізуючо-реконструктивним компонентом.

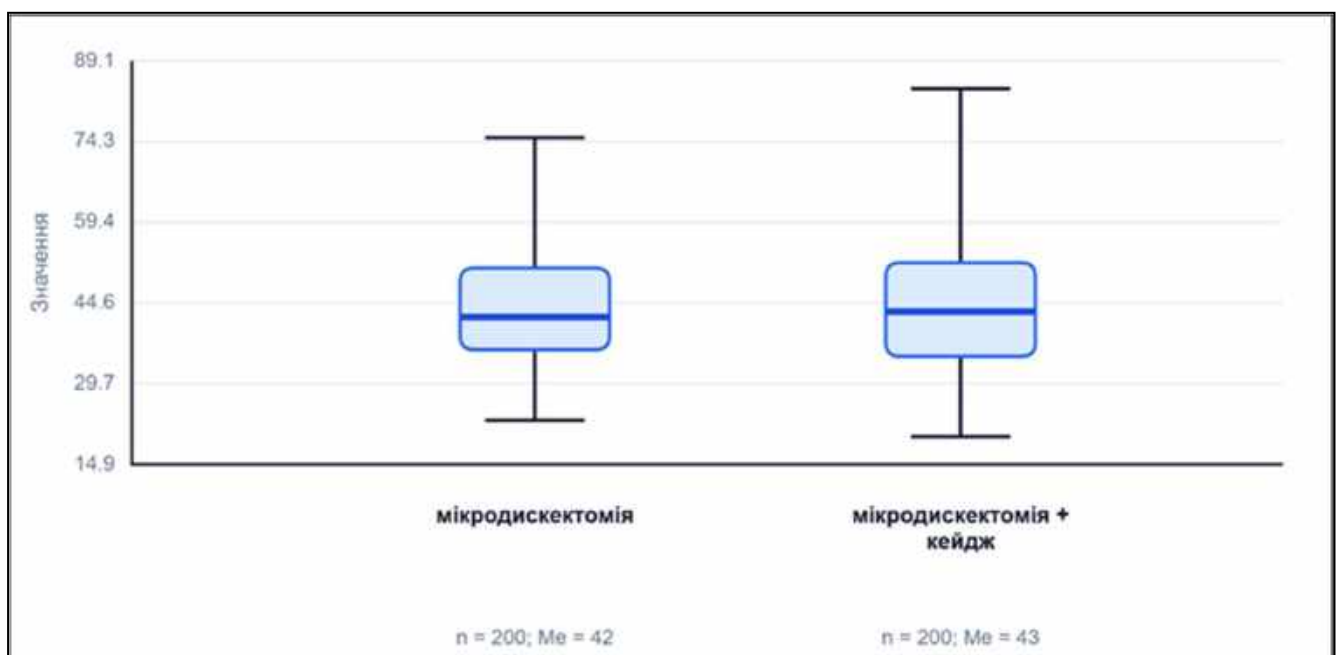


Рисунок 3.1.1. Порівняння віку пацієнтів у досліджуваних клінічних групах, роки.

Примітка. Значення показника для кожної групи і статистично значуща відмінність між ними вказані в тексті і у табл. 3.1.1.

У групі мікродискектомії без кейджа середній вік пацієнтів становив $43,9 \pm 11,3$ року, медіана віку — 42,0 року. У групі мікродискектомії з кейджем

середній вік становив $44,6 \pm 13,2$ року, медіана — 43,0 року (рис. 3.1.1, табл. 3.1.1). Таким чином, за віковими характеристиками групи були порівнянними, що дозволяло проводити подальше зіставлення клінічних результатів без очевидного домінування вікового чинника.

Порівняння вікових характеристик не виявило статистично значущих відмінностей між основними групами (критерій Вілкоксона-Манна-Уїтні, $p > 0,05$) (рис. 3.1.1., табл. 3.1.1.). Це має принципове значення, оскільки вік може впливати на вираженість дегенеративних змін, швидкість функціонального відновлення, ризик рецидиву та частоту післяопераційного больового синдрому. Відсутність значущої різниці за віком дозволила інтерпретувати подальші міжгрупові відмінності переважно у зв'язку з типом оперативного втручання, а не з віковою неоднорідністю вибірок.

Таблиця 3.1.1. Загальна клініко-демографічна характеристика пацієнтів у групах мікродискектомії без кейджа та мікродискектомії з міжстіловою стабілізацією.

Показник	Мікродискектомія без кейджа (n=200)	Мікродискектомія з кейджем (n=200)
Вік, $M \pm SD$	$43,9 \pm 11,3$	$44,6 \pm 13,2$
Вік, Me (Q1–Q3)	42,0 (36,0–51,0)	43,0 (34,8–52,0)
Чоловіки	133 (66,5 %)	115 (57,5 %)
Жінки	67 (33,5 %)	85 (42,5 %)
Рівень L4-L5	101 (50,5 %)	69 (34,5 %)
Рівень L5-S1	99 (49,5 %)	131 (65,5 %)

Примітка. Дані наведено як $M \pm SD$, Me (Q1–Q3) або як абсолютну кількість пацієнтів та відсоток у відповідній групі. Порівняння віку між двома групами проводили за критерієм Манна–Уїтні ($p > 0,05$), розподіл за статтю та рівнем операції — за χ^2 -критерієм Пірсона; для статі $p > 0,05$, для рівня операції $p < 0,001$.

За статтю групи також не мали статистично значущого дисбалансу (χ^2 -критерій Пірсона, $p>0,05$), хоча частка жінок у групі кейджа була дещо більшою (табл. 3.1.1.). Водночас розподіл за рівнем операції відрізнявся: у групі кейджа частіше оперували рівень L5-S1, тоді як у групі мікродискектомії без кейджа рівні L4-L5 і L5-S1 були представлені майже однаково (χ^2 -критерій Пірсона, $p<0,001$) (табл. 3.1.1.).

У групі мікродискектомії без кейджа рівні L4-L5 та L5-S1 були представлені майже однаково: 101 та 99 випадків відповідно. У групі кейджа частіше оперували рівень L5-S1; відмінність у розподілі рівнів була статистично значущою (χ^2 -критерій Пірсона, $p<0,001$) (табл. 3.1.1.). Це було пов'язано з більшою частотою механічного компонента ураження, потребою у відновленні міжтілової висоти та стабілізації попереково-крижового сегмента.

Для результатів розділу важливо, що подальше порівняння груп не обмежувалося лише аналізом середніх значень ODI або ВАШ. Окремо оцінювалися якісні клінічні наслідки, зокрема нестабільність, залишковий локальний біль, радикулярний біль, а також інтегральні шкали MacNab і Prolo. Такий підхід дозволив не зводити результат операції лише до одного показника, а оцінити його як комплексний клініко-функціональний профіль.

3.2. Клініко-функціональні результати ізольованої мікродискектомії

У групі ізольованої мікродискектомії основними кількісними показниками були ODI, загальний ВАШ, локальний попереково-крижовий ВАШ та радикулярний ВАШ. Усі ці показники оцінювали до операції та через 12 місяців після втручання, що дозволило визначити не лише післяопераційний стан, але й індивідуальну величину клінічного покращення.

До операції функціональні обмеження були вираженими: медіана ODI становила 62,0 % (58,0–64,0). Через 12 місяців після мікродискектомії цей показник знизився до 20,0 % (14,0–31,0), а медіана покращення становила 39,0 відсоткових пунктів (32,0–45,25). Зменшення індексу непрацездатності було

статистично значущим (критерій Вілкоксона для залежних вибірок, $p < 0,001$), що свідчило про істотне функціональне відновлення після декомпресійного втручання (рис. 3.2.1., табл. 3.2.1.).

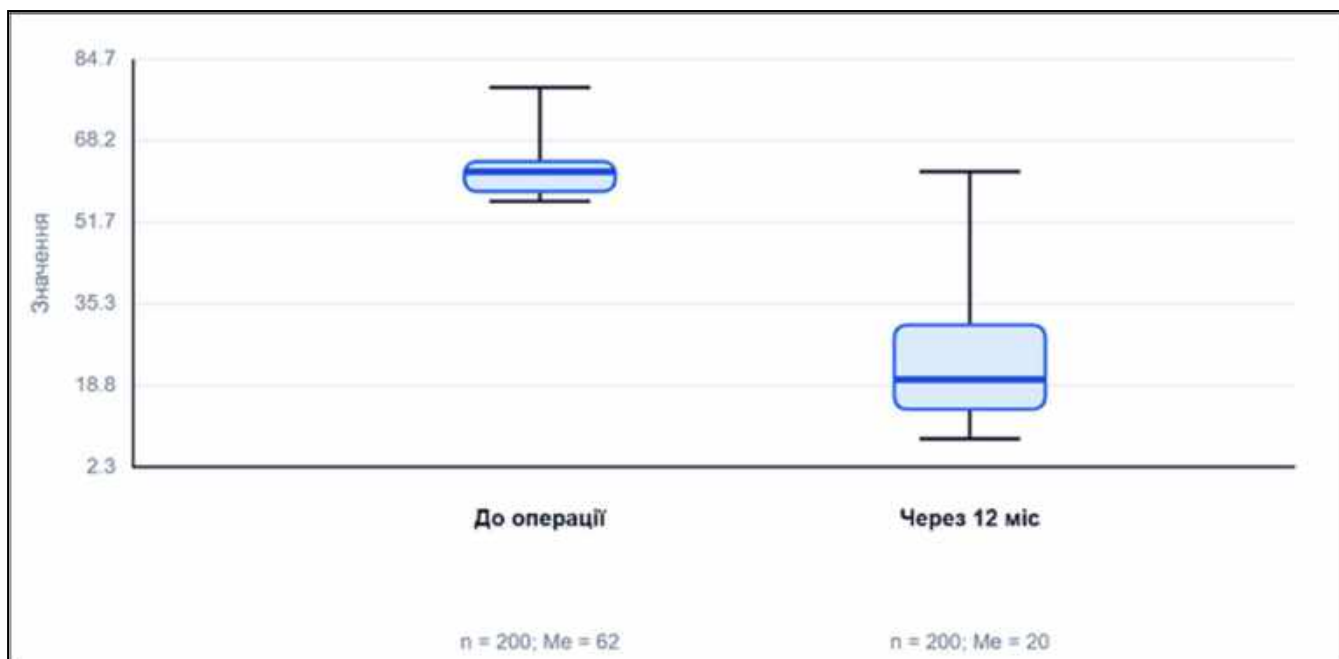


Рисунок 3.2.1. Динаміка індексу непрацездатності Освестрі (ODI, %) у групі мікродискектомії без кейджа до операції та через 12 місяців після хірургічного лікування.

Примітка. Значення показника для кожного періоду і статистично значуща відмінність між ними вказані в тексті і у табл. 3.2.1.

Статистична значущість зменшення ODI підтверджувала, що функціональне покращення після мікродискектомії не було випадковим коливанням, а відображало закономірний післяопераційний ефект декомпресії (критерій Вілкоксона для залежних вибірок, $p < 0,001$) (рис. 3.2.1., табл. 3.2.1.). З клінічного погляду перехід від вираженого порушення життєдіяльності до помірного або мінімального обмеження означав відновлення здатності пацієнта до більшості повсякденних дій.

Аналогічно статистично значущою була динаміка всіх компонентів больового синдрому за ВАШ (критерій Вілкоксона для залежних вибірок, $p < 0,001$) (рис. 3.3.1., табл. 3.2.1.). Загальний ВАШ зменшився з 8,4 бала (7,9–

8,8) до 2,6 бала (1,8–4,0), медіана покращення становила 5,6 бала (4,4–6,33) (рис. 3.3.1., табл. 3.2.1.). Локальний попереково-крижовий ВАШ знизився з 8,3 бала (8,1–8,6) до 3,25 бала (2,8–3,9), медіана покращення становила 4,6 бала (4,6–5,2) (рис. 3.3.1., табл. 3.2.1.). Радикулярний ВАШ зменшився з 9,0 бала (8,7–9,2) до 2,2 бала (1,68–2,8), а медіана покращення становила 6,75 бала (6,4–7,1) (рис. 3.3.1., табл. 3.2.1.). Найбільше зменшення радикулярного болю відповідало основній меті мікродискектомії — усуненню компресії нервового корінця. Менша, але також значуща динаміка локального болю вказувала на те, що частина попереково-крижового болю могла мати не лише компресійне, а й механічне або дискогенне походження.

Водночас збереження певного рівня локального попереково-крижового болю у частини хворих свідчило про те, що ізолювана декомпресія не завжди усуває механічний або дискогенний компонент больового синдрому. Це положення є важливим для подальшої порівняльної оцінки з групою міжтілової стабілізації, у якій очікуваний ефект операції пов'язаний не лише з декомпресією, а й із відновленням опорної функції сегмента.

Таблиця 3.2.1. Динаміка функціонального стану та больового синдрому до операції і через 12 місяців після ізолюваної мікродискектомії.

Показник	До операції, Me (Q1–Q3)	Через 12 міс, Me (Q1–Q3)	Зміна, Me (Q1–Q3)	p
ODI, %	62,0 (58,0–64,0)	20,0 (14,0–31,0)	39,0 (32,0–45,25)	<0,001
Загальний ВАШ, бали	8,4 (7,9–8,8)	2,6 (1,8–4,0)	5,6 (4,4–6,33)	<0,001
Локальний ВАШ, бали	8,3 (8,1–8,6)	3,25 (2,8–3,9)	4,6 (4,6–5,2)	<0,001
Радикулярний ВАШ, бали	9,0 (8,7–9,2)	2,2 (1,68–2,8)	6,75 (6,4–7,1)	<0,001

Примітка. Дані наведено як медіана та міжквартильний діапазон — Me (Q1–Q3). Для парного порівняння показників до операції та через 12 місяців після втручання застосовано критерій Вілкоксона для залежних вибірок; для ODI, загального ВАШ, локального ВАШ та радикулярного ВАШ різниця була статистично значущою, $p < 0,001$.

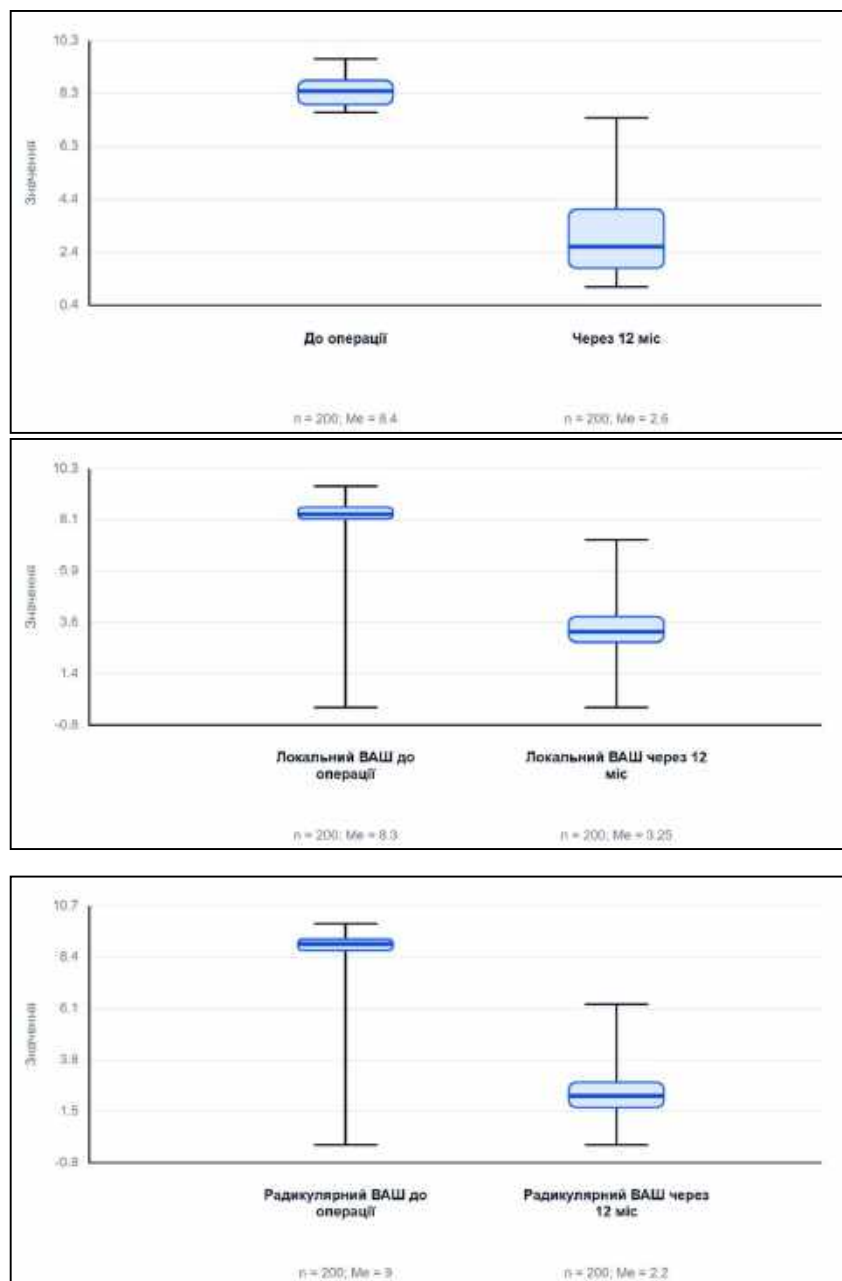


Рисунок 3.3.1. Динаміка загального, локального та радикулярного болю за ВАШ до операції та через 12 місяців після ізольованої мікродискектомії.

Примітка. Показники кожного компонента больового синдрому підписані у відповідному графіку порівняння і розміщені послідовно згори донизу – загальний, локальний і радикулярний. Значення показника для кожного періоду і статистично значуща відмінність між ними вказані в тексті і в табл. 3.2.1.

Залишковий локальний біль після декомпресії має іншу клінічну природу, ніж радикулярний біль. Якщо регрес радикулярного компонента безпосередньо

пов'язаний із вивільненням нервового корінця, то локальний біль може зберігатися за наявності дискогенної дегенерації, фасеткового перевантаження, зниження висоти диска або мікронестабільності. Саме тому цей показник був окремо винесений у подальші таблиці якісних результатів.

У подальшому саме різниця між локальним і радикулярним компонентами стала важливою для оцінки переваг міжтілової стабілізації. Якщо додавання кейджа зменшувало частоту локального болю, це могло свідчити про клінічне значення відновлення міжтілової опори, висоти диска та стабільності сегмента.

3.3. Якісні клінічні результати після мікродискектомії без кейджа

Якісні клінічні ознаки після ізольованої мікродискектомії відображали частоту несприятливих або залишкових проявів у віддаленому післяопераційному періоді. Рецидив грижі диска було зареєстровано у 30 пацієнтів, що становило 15,0 %. Загальна частота сегментарної нестабільності становила 55 випадків (27,5 %) (*табл. 3.3.1.*).

На відміну від кількісних шкал, які показують середній рівень болю або функціонального обмеження, якісні ознаки дозволяли оцінити частку пацієнтів із конкретними клінічно значущими подіями. Саме тому рецидив, сегментарна нестабільність, локальний біль і радикулярний біль розглядалися окремо. Такий підхід був необхідним, оскільки навіть при суттєвому середньому покращенні в групі може залишатися підгрупа хворих із несприятливим перебігом.

Рецидив грижі диска після мікродискектомії становив 15,0 % (*табл. 3.3.1.*). Цей показник відображав частоту повторної клінічно значущої грижі на оперованому рівні протягом періоду спостереження. Наявність рецидивів мала значення для оцінки стійкості декомпресійного результату та для обґрунтування подальшого аналізу механічних чинників, які можуть підтримувати ризик повторного грижового випинання.

Поєднання кількісного та якісного аналізу дало змогу уникнути спрощеної оцінки результату. З одного боку, ODI та ВАШ статистично значуще покращилися (критерій Вілкоксона, $p < 0,001$) (рис. 3.2.1. і 3.3.1., табл. 3.2.1.), з іншого — у частини пацієнтів залишалися клінічні ознаки, які мали значення для довготривалої якості життя (табл. 3.3.1.). Саме ці показники стали ключовими для порівняння із групою мікродискектомії з кейджем; а така різниця між середнім покращенням і залишковою частотою симптомів є характерною для результатів декомпресійних втручань.

Отже, результати мікродискектомії без кейджа свідчили про високу ефективність методу щодо зменшення корінцевого болю і функціонального обмеження, але одночасно виявили групу пацієнтів із механічними або залишковими клінічними проявами. Ця обставина обґрунтовує подальше порівняння з групою міжтілової стабілізації.

Таблиця 3.3.1. Частота якісних клінічних ознак та залишкових проявів після ізольованої мікродискектомії.

Показник	Кількість випадків	Частка, %
Рецидив грижі диска	30	15,0
Загальна сегментарна нестабільність	55	27,5
Нестабільність зросла	20	10,0
Нова нестабільність	8	4,0
Зменшення нестабільності	50	25,0
Локальний біль (будь-який)	191	95,5
Радикулярний біль	195	97,5

Примітка. Дані наведено як абсолютну кількість випадків та частку від загальної кількості пацієнтів групи.

3.4. Післяопераційна оцінка результатів за MacNab і Prolo у групі мікродискектомії

Суб'єктивна оцінка результату за шкалою MacNab засвідчила переважання відмінних і добрих результатів. Категорії Excellent і Good сумарно були зареєстровані у 156 пацієнтів (78,0 %). Недостатні результати, представлені категоріями Fair і Poor, становили 44 випадки (22,0 %) (табл. 3.4.1.).

За шкалою Prolo, яка відображала функціонально-економічний результат, сприятливий результат також переважав. Сума категорій Excellent і Good становила 154 випадки (77,0 %), що узгоджувалося зі зниженням ODI та ВАШ через 12 місяців після втручання (табл. 3.4.1.).

Таблиця 3.4.1. Розподіл післяопераційних результатів за шкалами MacNab і Prolo у групі ізольованої мікродискектомії.

Категорія	MacNab, n (%)	Prolo, n (%)
Excellent	92 (46,0 %)	84 (42,0 %)
Good	64 (32,0 %)	70 (35,0 %)
Fair	28 (14,0 %)	30 (15,0 %)
Poor	16 (8,0 %)	16 (8,0 %)
Excellent + Good	156 (78,0 %)	154 (77,0 %)

Примітка. Дані наведено як n (%). MacNab використовували для суб'єктивної клінічної оцінки результату, Prolo — для функціонально-економічної оцінки. Excellent + Good трактували як сприятливий результат, Fair + Poor — як недостатній. Статистичне порівняння між шкалами не проводили.

Оцінка MacNab і Prolo доповнювала аналіз ODI та ВАШ, оскільки ці шкали характеризують не лише числову динаміку болю або інвалідизації, а й підсумкове сприйняття результату лікування, рівень функціональної активності та можливість повернення до звичного способу життя. У цьому сенсі інтегральні шкали були важливими для переходу від суто клінічних показників до комплексної оцінки успішності операції.

Сприятливий результат за MacNab, визначений як сума категорій Excellent і Good, становив 78,0 % (табл. 3.4.1.). За Prolo відповідний показник був близьким — 77,0 % (табл. 3.4.1.). Узгодженість цих двох шкал підвищувала достовірність клінічного висновку про те, що більшість пацієнтів після мікродискектомії досягали прийнятного функціонального та суб'єктивного результату.

Таким чином, за інтегральними клінічними шкалами мікродискектомія забезпечувала переважно сприятливий результат, однак частка пацієнтів із Fair/Poor залишалася клінічно значущою. Це підтверджувало необхідність пошуку критеріїв диференційованого вибору між ізольованою декомпресією та декомпресією, доповненою стабілізацією.

3.5. Результати мікродискектомії з міжтіловою стабілізацією кейджем

У групі мікродискектомії з міжтіловою стабілізацією було використано чотири типи кейджів: прямокутний або трапецієподібний, бананоподібний, півмісяцевий та круглий. Кожен тип імпланта був представлений однаковою кількістю випадків — по 50 пацієнтів (табл. 3.5.1.), що створювало умови для зіставлення клініко-рентгенологічних результатів залежно від геометрії імпланта і без вираженого чисельного дисбалансу.

Аналіз типів кейджа був проведений окремо від загального порівняння “мікродискектомія без кейджа — мікродискектомія з кейджем”, оскільки форма імпланта могла самостійно впливати на рентгенологічний результат.

У цій частині результатів важливо розрізняти загальний ефект встановлення кейджа та ефект конкретного типу імпланта. Загальний ефект відображав роль міжтілової стабілізації як такої, тоді як аналіз типів кейджа демонстрував, що не всі форми імплантів однаково впливають на відновлення лордозу, висоти диска, міжхребцевого отвору та частоту міграції.

У групі кейджа частота загальної сегментарної нестабільності становила 8 випадків (4,0 %), локальні болі були зареєстровані у 16 пацієнтів (8,0 %),

радикулярні болі — у 6 пацієнтів (3,0 %), а радикулярна неврологічна симптоматика — у 16 випадках (8,0 %) (табл. 3.5.1.). Такий профіль результатів свідчив про низьку частоту залишкових клінічних проявів після мікродискектомії з кейджем; відповідає очікуваному механічному ефекту кейджа, який полягає у відновленні міжтілової опори, зменшенні патологічної мікрорухливості та стабілізації оперованого сегмента. А локальний попереково-крижовий біль часто пов'язаний не лише з компресією нервового корінця, а також із механічними чинниками.

Таблиця 3.5.1. Структура групи мікродискектомії з кейджем та частота основних післяопераційних несприятливих клінічних проявів.

Показник	Кількість	Частка, %
Прямокутний / трапецієподібний кейдж	50	25,0
Бананоподібний кейдж	50	25,0
Півмісяцевий кейдж	50	25,0
Круглий кейдж	50	25,0
Загальна сегментарна нестабільність	8	4,0
Зростання сегментарної нестабільності	0	0,0
Зменшення сегментарної нестабільності	8	4,0
Нова сегментарна нестабільність	0	0,0
Локальний біль (будь-який)	16	8,0
Радикулярні болі	6	3,0

Примітка. Дані наведено як абсолютну кількість випадків та частку від загальної кількості пацієнтів групи — *n* (%). Рядки, що відображають типи кейджів, характеризують структуру групи і не потребують статистичного порівняння.

3.6. Клініко-рентгенологічні результати залежно від типу кейджа

Окремий аналіз типів кейджа показав, що форма імпланта асоціювалася з різними клініко-рентгенологічними профілями. Найкращі сумарні результати спостерігалися у групі прямокутного / трапецієподібного кейджа, для якого були характерні найнижча частота міграції, найбільш виражене відновлення лордозу, збільшення висоти диска та розширення міжхребцевого отвору (табл. 3.6.1.). Приклади рентгенологічної візуалізації імплантів наведено на *рис. 3.6.1.*

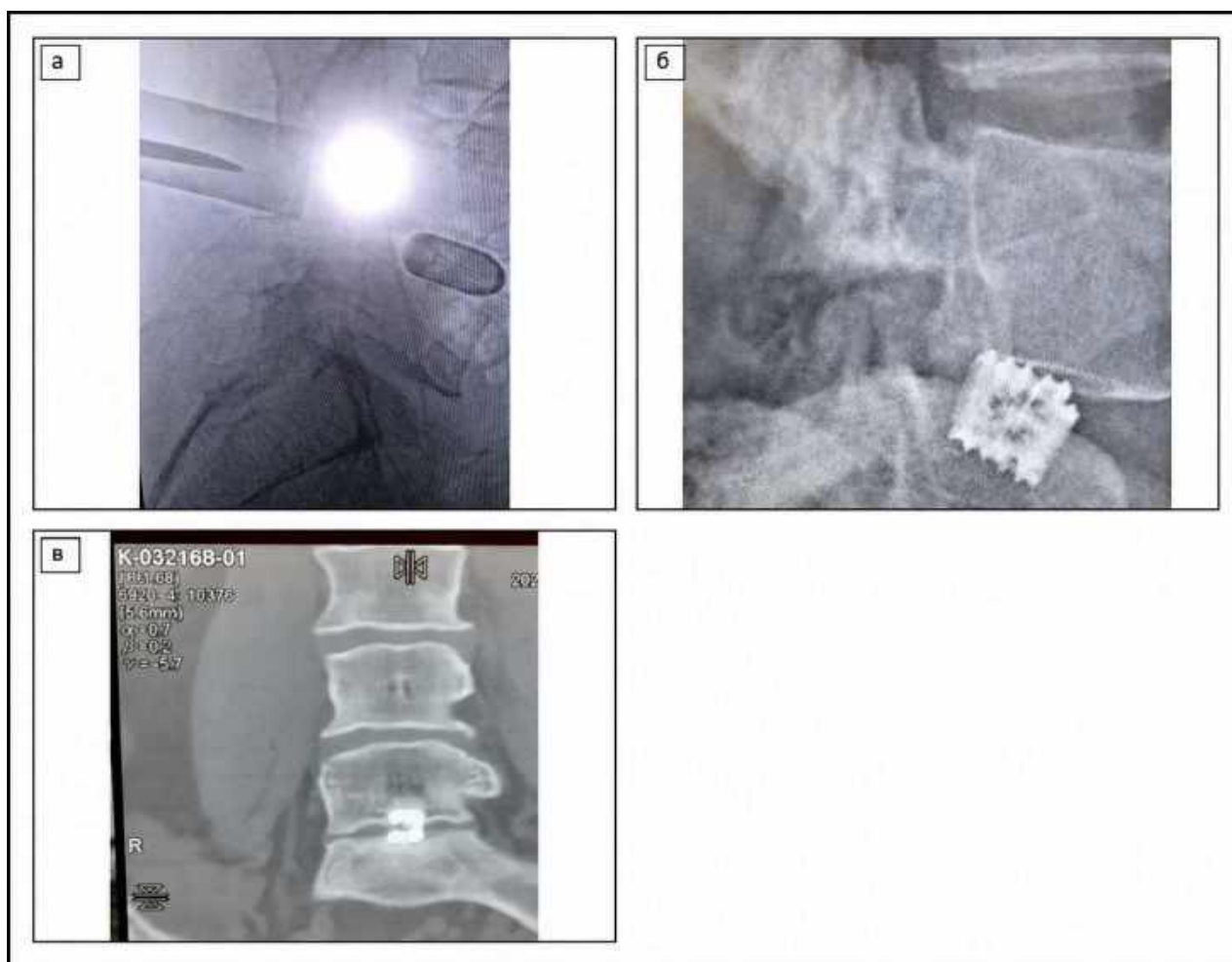


Рисунок 3.6.1. Приклади рентгенологічної візуалізації міжтілових кейджів різної геометрії у різних пацієнтів: а–в — окремі клінічні випадки.

Статистично значущі відмінності між типами кейджів були встановлені для більшості рентгенологічних показників: відновлення лордозу, збільшення висоти диска та розширення міжхребцевого отвору відрізнялися між

підгрупами (χ^2 -критерій Пірсона / Monte Carlo, $p < 0,001$) (табл. 3.6.1.). Це свідчить про те, що геометрія імпланта має безпосереднє значення для реконструкції оперованого сегмента.

Для локального болю також встановлено статистично значущу різницю між типами кейджів (χ^2 -критерій Пірсона, $p < 0,01$) (табл. 3.6.1.). Найнижча частота локального болю була характерна для прямокутного / трапецієподібного кейджа, тоді як найвища — для півмісяцевого (табл. 3.6.1.).

Прямокутний / трапецієподібний кейдж мав найсприятливіший рентгенологічний профіль: відновлення лордозу становило 95,0 %, збільшення висоти диска — 80,0 %, розширення міжхребцевого отвору — 72,0 %, а частота міграції становила лише 2,0 % (табл. 3.6.1.). Відмінності між типами кейджа за відновленням лордозу, висоти диска та міжхребцевого отвору були статистично значущими (χ^2 -критерій Пірсона / Monte Carlo, $p < 0,001$) (табл. 3.6.1.). Натомість півмісяцевий кейдж характеризувався найменш сприятливим поєднанням показників: нижчими частотами відновлення лордозу, висоти диска та отвору, а також більшою частотою локального болю і сегментарної нестабільності (табл. 3.6.1.).

Бананоподібний кейдж забезпечував відносно добре відновлення лордозу, однак супроводжувався більшою частотою міграції та сегментарної нестабільності. Круглий кейдж демонстрував низьку частоту сегментарної нестабільності, проте поступався прямокутному / трапецієподібному кейджу за відновленням лордозу. За сегментарною нестабільністю різниця між типами кейджа була статистично значущою (χ^2 -критерій Пірсона / Monte Carlo, $p < 0,001$) (табл. 3.6.1.), тоді як за міграцією кейджа статистично значущої різниці не встановлено (точний критерій / Monte Carlo, $p > 0,05$) (табл. 3.6.1.). Таким чином, тип імпланта мав значення не лише для рентгенологічного результату, а й для клінічного перебігу післяопераційного періоду.

Частота міграції кейджа між підгрупами не досягала статистичної значущості (χ^2 -критерій Пірсона / точний підхід, $p > 0,05$) (табл. 3.6.1.), однак клінічно вона була різною. Найвищі відсотки міграції були у бананоподібного

та півмісяцевого кейджів, тоді як прямокутний / трапецієподібний імплант мав найнижчий показник.

Таблиця 3.6.1. Клініко-рентгенологічні показники результатів лікування залежно від типу використаного кейджа.

Показник	Бананоподібний	Прямокутний / трапецієподібний	Півмісяцевий	Круглий	p
Міграція кейджа	18,0 %	2,0 %	15,0 %	5,0 %	p>0,05
Відновлення лордозу	80,0 %	95,0 %	14,0 %	10,0 %	p<0,001
Збільшення висоти диска	26,0 %	80,0 %	8,0 %	65,0 %	p<0,001
Розширення міжхребцевого отвору	21,0 %	72,0 %	7,0 %	55,0 %	p<0,001
Локальний біль (будь-який)	20,0 %	5,0 %	32,0 %	11,0 %	p<0,01
Радикулярний біль	4,0 %	1,0 %	8,0 %	5,0 %	p>0,05
Сегментарна нестабільність	45,0 %	2,0 %	36,0 %	1,0 %	p<0,001

Примітка. Порівняння виконано між чотирма типами кейджа за χ^2 -критерієм Пірсона для таблиць спряженості; за малих очікуваних частот застосовували точний підхід Фішера або Monte Carlo. Відсотки наведено від кількості пацієнтів у відповідній підгрупі; статистично значущими вважали p<0,05.

Прямокутний / трапецієподібний кейдж виявився найбільш збалансованим за сукупністю показників: низька міграція, високі частоти відновлення лордозу, висоти диска та міжхребцевого отвору, а також низька частота локального і радикулярного болю. Такий профіль робить цей тип

імпланта найбільш переконливим у контексті диференційованого вибору кейджа (*табл. 3.6.1.*).

З практичної точки зору бананоподібний кейдж може розглядатися за можливості його проведення криволінійною траєкторією та переднього або передньобоківого розміщення в дисковому просторі. Півмісяцевий кейдж може бути доцільним в окремих випадках, коли його контур краще відповідає анатомії міжтілового проміжку та забезпечує периферичну опору без надмірного розширення операційного доступу. Круглий кейдж може застосовуватися за відносно вузького операційного коридору, збережених замикальних пластинок і відсутності потреби у значній корекції сегментарного лордозу. Ці положення слід розглядати як анатомічно й технічно обумовлені орієнтири, а не як окремо доведені показання до кожної форми імпланта.

3.7. Порівняльна оцінка мікродискектомії без кейджа та мікродискектомії з кейджем

Безпосереднє порівняння двох хірургічних підходів показало, що мікродискектомія з міжтіловою стабілізацією мала переваги щодо частоти сегментарної нестабільності та залишкового больового синдрому. Найбільш виражена різниця спостерігалася за показниками локального та радикулярного болю, що відображало роль стабілізуючого компонента у зменшенні як механічного, так і корінцевого компонента післяопераційної симптоматики.

Порівняння ключових бінарних результатів виконували за χ^2 -критерієм Пірсона, оскільки обидві групи були незалежними, а показники мали формат “наявність/відсутність ознаки”. Для сегментарної нестабільності, локального болю та радикулярного болю відмінності між групами були статистично значущими (χ^2 -критерій Пірсона, $p < 0,001$) (*табл. 3.7.1.*).

Найбільша абсолютна різниця була за частотою радикулярного болю. Водночас цей показник потребує клінічної інтерпретації з урахуванням того, що бінарна ознака “наявність болю” може включати різну інтенсивність

симптомів. Тому результати табл. 3.7.1 слід розглядати разом із кількісною динамікою ВАШ, наведеною раніше.

Частота сегментарної нестабільності у групі ізольованої мікродискектомії була у 6,88 раза вищою, ніж у групі кейджа (табл. 3.7.1.). Це означає, що механічна неспроможність оперованого сегмента після ізольованої декомпресії реєструвалася суттєво частіше. Оскільки 95 % довірчий інтервал не включав 1,00 (табл. 3.7.1.), отриманий результат мав не лише статистичну значущість, а й стійку клінічну спрямованість. Абсолютна різниця становила 23,5 відсоткових пункти, що мало не лише статистичне, а й клінічне значення (χ^2 -критерій Пірсона, $p < 0,001$) (табл. 3.7.1.).

Таблиця 3.7.1. Порівняння частоти ключових несприятливих результатів після мікродискектомії без кейджа та мікродискектомії з кейджем.

Показник	Мікродискекто мія без кейджа	Мікродискектомія з кейджем	Абсолютна різниця, %	RR (95 % ДІ)	p
Сегментарна нестабільність	55 (27,5 %)	8 (4,0 %)	23,5	6,88 (3,36– 14,06)	<0,001
Локальний біль (будь- який)	191 (95,5 %)	16 (8,0 %)	87,5	11,94 (7,45– 19,12)	<0,001
Радикальний біль	195 (97,5 %)	6 (3,0 %)	94,5	32,50 (14,77– 71,49)	<0,001

Примітка. RR наведено для частоти ознаки у групі мікродискектомії без кейджа порівняно з групою мікродискектомії з кейджем. Порівняння бінарних ознак виконано за χ^2 -критерієм Пірсона; для всіх наведених показників $p < 0,001$.

Аналогічно, залишковий локальний і радикальний біль значно частіше реєструвалися після ізольованої мікродискектомії (χ^2 -критерій Пірсона, $p < 0,001$ для обох показників) (табл. 3.7.1.). Такі результати підтверджують, що у пацієнтів із механічними передумовами нестабільності або зниженням

міжтілової висоти доповнення декомпресії стабілізуючим етапом може покращувати віддалений клінічний результат.

Клінічно найбільш важливим є те, що перевага кейджа проявлялася одночасно у трьох напрямках: зменшення нестабільності, зменшення локального болю і зменшення радикулярного болю. Така узгодженість результатів підтримує уявлення про те, що міжтілова стабілізація впливає не лише на рентгенологічний стан сегмента, а й на віддалений клінічний перебіг.

3.8. Порівняльна оцінка результатів мікродискектомії та мікродискектомії з міжтіловою стабілізацією при травматичних і дегенеративних грижах

Матеріали цього підрозділу відображають окремий порівняльний блок, у якому оцінювали результати мікродискектомії та мікродискектомії з міжтіловою стабілізацією у пацієнтів із травматичними і дегенеративними грижами міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта. У дослідження було залучено 120 пацієнтів, розподілених на чотири підгрупи по 30 хворих: травматичні грижі з ізольованою мікродискектомією (Травматичні грижі, MD), травматичні грижі з мікродискектомією і кейджем (Травматичні грижі, MD + Cage), дегенеративні грижі з ізольованою мікродискектомією (Дегенеративні грижі, MD) та дегенеративні грижі з мікродискектомією і кейджем (Дегенеративні грижі, MD + Cage).

Клінічні результати оцінювали через 12 місяців після операції за ВАШ, ODI, шкалами MacNab і Prolo, частотою рецидиву, сегментарної нестабільності та рентгенологічними показниками стабільності імпланта. Така структура дозволила не лише порівняти два хірургічні підходи, але й визначити, чи залежить ефективність стабілізації від етіології грижі диска.

Віковий розподіл підтвердив відмінності між пацієнтами з травматичними та дегенеративними грижами міжхребцевих дисків у досліджуваних клінічних підгрупах (табл. 3.8.1.). У групах травматичних уражень переважали пацієнти молодшого віку, тоді як у групах дегенеративних

гриж частіше були представлені хворі старших вікових категорій. Найбільш виражені міжгрупові відмінності встановлено для вікових категорій 18–39 років та ≥ 60 років (χ^2 -критерій Пірсона / точний критерій Фішера, $p < 0,001$), тоді як у віковій групі 40–59 років статистично значущих відмінностей не виявлено ($p > 0,05$) (табл. 3.8.1.). Це відповідало різним патогенетичним механізмам формування травматичних і дегенеративних ушкоджень диска.

Таблиця 3.8.1. Вікова структура пацієнтів із травматичними та дегенеративними грижами міжхребцевих дисків у досліджуваних клінічних підгрупах.

Вікова група, роки	Травматичні грижі, MD (n=30)	Травматичні грижі, MD + Cage (n=30)	Дегенеративні грижі, MD (n=30)	Дегенеративні грижі, MD + Cage (n=30)	p
18–39	18 (60,0 %)	14 (46,7 %)	6 (20,0 %)	3 (10,0 %)	$< 0,001$
40–59	9 (30,0 %)	11 (36,7 %)	14 (46,7 %)	12 (40,0 %)	$> 0,05$
≥ 60	3 (10,0 %)	5 (16,7 %)	10 (33,3 %)	15 (50,0 %)	$< 0,001$

Примітка. Дані наведено як n (%). Порівняння частоти пацієнтів відповідної вікової групи між підгрупами виконували за χ^2 -критерієм Пірсона або точним критерієм Фішера залежно від очікуваних частот.

Через 12 місяців після операції найнижчі показники болю були зареєстровані у пацієнтів із травматичними грижами після MD + Cage: $1,2 \pm 0,8$ бала за ВАШ (табл. 3.8.2.). За результатами міжгрупового порівняння чотирьох клінічних підгруп ці відмінності були статистично значущими (ANOVA, $p < 0,001$). Найбільше зниження болю також спостерігалось у цій підгрупі — $8,0 \pm 1,0$ бала, при статистично значущій міжгруповій різниці за величиною зміни ВАШ (ANOVA, $p < 0,001$) (табл. 3.8.2.). У пацієнтів із дегенеративними грижами застосування кейджа також супроводжувалося кращим клінічним результатом порівняно з ізольованою мікродискектомією: ВАШ через 12 місяців становив $1,8 \pm 1,0$ бала проти $3,4 \pm 1,3$ бала відповідно, на тлі

статистично значущих загальних міжгрупових відмінностей за цим показником між чотирма клінічними підгрупами (ANOVA, $p < 0,001$; табл. 3.8.2.).

Таблиця 3.8.2. Динаміка больового синдрому та функціональної неспроможності у пацієнтів із травматичними й дегенеративними грижами міжхребцевих дисків у досліджуваних клінічних підгрупах до операції і через 12 міс.

Показник	Травматичні MD	Травматичні MD + Cage	Дегенеративні MD	Дегенеративні MD + Cage	p, ANOVA
ВАШ до операції, бали	$9,1 \pm 0,7$	$9,2 \pm 0,6$	$8,4 \pm 0,9$	$8,5 \pm 0,8$	$<0,05$
ВАШ через 12 міс, бали	$2,6 \pm 1,1$	$1,2 \pm 0,8$	$3,4 \pm 1,3$	$1,8 \pm 1,0$	$<0,001$
Зміна ВАШ	$6,5 \pm 1,2$	$8,0 \pm 1,0$	$5,0 \pm 1,5$	$6,7 \pm 1,3$	$<0,001$
ODI до операції, %	72 ± 9	74 ± 8	68 ± 11	70 ± 10	$<0,05$
ODI через 12 міс, %	26 ± 8	16 ± 6	34 ± 10	22 ± 8	$<0,001$
Зміна ODI, %	46 ± 10	58 ± 9	34 ± 12	48 ± 11	$<0,001$

Примітка. Дані наведено як $M \pm SD$. Порівняння кількісних показників між чотирма клінічними підгрупами виконували за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA).

Аналогічна закономірність була встановлена за ODI. У підгрупі травматичних гриж після MD + Cage ODI через 12 місяців становив 16 ± 6 %, тоді як після ізольованої мікродискектомії — 26 ± 8 %. У підгрупі дегенеративних гриж відповідні значення становили 22 ± 8 % та 34 ± 10 %. За результатами міжгрупового порівняння чотирьох клінічних підгруп відмінності за ODI через 12 місяців були статистично значущими (ANOVA, $p < 0,001$) (табл. 3.8.2.). Величина зниження ODI також статистично значуще відрізнялася між

підгрупами (ANOVA, $p < 0,001$), що свідчило про різну вираженість функціонального відновлення залежно від клінічної підгрупи (табл. 3.8.2.). Отже, у підгрупах із застосуванням стабілізуючого компонента операції спостерігали нижчі післяопераційні значення ODI та більшу величину його зниження як при травматичних, так і при дегенеративних грижах.

Таблиця 3.8.3. Частота рецидивів та їх поєднання з ознаками нестабільності й Modic I–II у пацієнтів із травматичними та дегенеративними грижами міжхребцевих дисків у досліджуваних клінічних підгрупах.

Показник	Травматичні MD	Травматичні MD + Cage	Дегенеративні MD	Дегенеративні MD + Cage	p
Рецидив	4 (13,3 %)	1 (3,3 %)	7 (23,3 %)	2 (6,7 %)	$<0,05$
Без рецидиву	26 (86,7 %)	29 (96,7 %)	23 (76,7 %)	28 (93,3 %)	—
Рецидив + нестабільність	3 (10,0 %)	1 (3,3 %)	6 (20,0 %)	2 (6,7 %)	$<0,05$
Рецидив + Modic I–II	2 (6,7 %)	1 (3,3 %)	5 (16,7 %)	2 (6,7 %)	$<0,05$

Примітка. Дані наведено як абсолютну кількість пацієнтів і частку в межах відповідної клінічної підгрупи — n (%). Порівняння частоти рецидивів та їх поєднання з сегментарною нестабільністю або змінами Modic I–II між чотирма клінічними підгрупами виконували за χ^2 -критерієм Пірсона або точним критерієм Фішера залежно від очікуваних частот. Рядок «без рецидиву» наведено як комплементарний до показника «рецидив» і окремо статистично не аналізувався.

Найвищу частоту рецидиву було виявлено у підгрупі дегенеративних гриж після ізольованої мікродискектомії — 7 випадків, або 23,3 % (табл. 3.8.3.). У травматичній групі після ізольованої мікродискектомії рецидиви становили 13,3 %, тоді як після мікродискектомії з кейджем їх частота знижувалася до 3,3 % при травматичних грижах і до 6,7 % при дегенеративних. Міжгрупові відмінності за частотою рецидивів були статистично значущими (χ^2 -критерій Пірсона / точний критерій Фішера, $p < 0,05$; табл. 3.8.3.). Рецидиви частіше поєднувалися з сегментарною нестабільністю та змінами Modic I–II,

особливо у підгрупі дегенеративних уражень без стабілізації; для показників «рецидив + нестабільність» і «рецидив + Modic I–II» також встановлено статистично значущі міжгрупові відмінності (χ^2 -критерій Пірсона / точний критерій Фішера, $p < 0,05$; табл. 3.8.3.).

Таблиця 3.8.4. Розподіл результатів лікування за шкалою MacNab у пацієнтів із травматичними та дегенеративними грижами міжхребцевих дисків у досліджуваних клінічних підгрупах.

Результат MacNab	Травматичні MD	Травматичні MD + Cage	Дегенеративні MD	Дегенеративні MD + Cage	p
Відмінний	18 (60,0 %)	22 (73,3 %)	12 (40,0 %)	18 (60,0 %)	—
Добрий	8 (26,7 %)	6 (20,0 %)	10 (33,3 %)	8 (26,7 %)	—
Задовільний	3 (10,0 %)	2 (6,7 %)	6 (20,0 %)	3 (10,0 %)	—
Поганий	1 (3,3 %)	0 (0 %)	2 (6,7 %)	1 (3,3 %)	—
Відмінний + добрий	26 (86,7 %)	28 (93,3 %)	22 (73,3 %)	26 (86,7 %)	<0,05

Примітка. Дані наведено як абсолютну кількість пацієнтів і частку в межах відповідної клінічної підгрупи — n (%). Категорії «відмінний» і «добрий» об'єднували як сприятливий клінічний результат. Міжгрупове порівняння частки сприятливих результатів за шкалою MacNab між чотирма клінічними підгрупами виконували за χ^2 -критерієм Пірсона або точним критерієм Фішера залежно від очікуваних частот. Окремі категорії MacNab наведено описово.

Результати за шкалами MacNab і Prolo підтвердили вищу частку сприятливих післяопераційних результатів у підгрупах із застосуванням міжтілової стабілізації. За шкалою MacNab найвища частка відмінних і добрих результатів була зареєстрована у травматичній підгрупі MD + Cage — 93,3 %, а за шкалою Prolo — 96,7 % (табл. 3.8.4., 3.8.5.). Міжгрупове порівняння частки сприятливих результатів за MacNab між чотирма клінічними підгрупами показало статистично значущі відмінності (χ^2 -критерій Пірсона / точний критерій Фішера, $p < 0,05$; табл. 3.8.4.). Аналогічно, за шкалою Prolo частка результатів «відмінний + добрий» також статистично значуще відрізнялася між

підгрупами (χ^2 -критерій Пірсона / точний критерій Фішера, $p < 0,05$; табл. 3.8.5.). У пацієнтів із дегенеративними грижами стабілізація також супроводжувалася більшою часткою сприятливих результатів: за MacNab вона становила 86,7 % проти 73,3 % після ізольованої мікродискектомії, а за Prolo — 90,0 % проти 80,0 % відповідно.

Таблиця 3.8.5. Розподіл результатів лікування за шкалою Prolo у пацієнтів із травматичними та дегенеративними грижами міжхребцевих дисків у досліджуваних клінічних підгрупах.

Результат Prolo	Травматичні MD	Травматичні MD + Cage	Дегенеративні MD	Дегенеративні MD + Cage	p
Відмінний	20 (66,7 %)	24 (80,0 %)	14 (46,7 %)	20 (66,7 %)	—
Добрий	7 (23,3 %)	5 (16,7 %)	10 (33,3 %)	7 (23,3 %)	—
Задовільний	2 (6,7 %)	1 (3,3 %)	4 (13,3 %)	2 (6,7 %)	—
Поганий	1 (3,3 %)	0 (0 %)	2 (6,7 %)	1 (3,3 %)	—
Відмінний + добрий	27 (90,0 %)	29 (96,7 %)	24 (80,0 %)	27 (90,0 %)	<0,05

Примітка. Дані наведено як абсолютну кількість пацієнтів і частку в межах відповідної клінічної підгрупи — n (%). Категорії «відмінний» і «добрий» об'єднували як сприятливий функціонально-економічний результат. Міжгрупове порівняння частки сприятливих результатів за шкалою Prolo між чотирма клінічними підгрупами виконували за χ^2 -критерієм Пірсона або точним критерієм Фішера залежно від очікуваних частот. Окремі категорії Prolo наведено описово.

Парні порівняння доопераційних та післяопераційних показників підтвердили статистично значуще покращення у всіх чотирьох клінічних підгрупах за VAS та ODI (критерій Вілкоксона для залежних вибірок, $p < 0,001$; табл. 3.8.6.). Водночас у підгрупах із використанням кейджа величина ефекту була дещо більшою, що свідчило про більш виражену позитивну динаміку больового синдрому та функціонального стану після мікродискектомії, доповненої міжтіловою стабілізацією (табл. 3.8.6.).

Таблиця 3.8.6. Результати парного порівняння показників ВАШ та ODI до операції і через 12 місяців у досліджуваних клінічних підгрупах.

Група	Показник	N	W	p	Ефект, r	Інтерпретація
Травматичні MD	ВАШ, до-після	30	435	<0,001	0,60	значне зниження болю
Травматичні MD	ODI, до-після	30	430	<0,001	0,59	поліпшення функціонального стану
Травматичні MD + Cage	ВАШ, до-після	30	450	<0,001	0,63	виразне зниження болю
Травматичні MD + Cage	ODI, до-після	30	448	<0,001	0,62	суттєве функціональне поліпшення
Дегенеративні MD	ВАШ, до-після	30	420	<0,001	0,57	помірне зниження болю
Дегенеративні MD	ODI, до-після	30	415	<0,001	0,56	помірне функціональне поліпшення
Дегенеративні MD + Cage	ВАШ, до-після	30	440	<0,001	0,61	виразне зниження болю
Дегенеративні MD + Cage	ODI, до-після	30	438	<0,001	0,60	суттєве функціональне поліпшення

Примітка. Дані наведено для парного порівняння показників до операції та через 12 місяців у межах кожної клінічної підгрупи. Для оцінки динаміки ВАШ та ODI використовували критерій Вілкоксона для залежних вибірок; W — статистика критерію Вілкоксона, що відображає суму рангів парних відмінностей. Величину ефекту наведено як r. У всіх клінічних підгрупах встановлено статистично значуще зниження інтенсивності больового синдрому за ВАШ та покращення функціонального стану за ODI ($p < 0,001$).

Рентгенологічні показники в підгрупах із кейджем засвідчили переважно стабільне положення імпланта. Статистично значущих відмінностей між підгрупами травматичних і дегенеративних гриж після MD + Cage щодо

міграції кейджа, клінічно значущої міграції, просідання понад 3 мм, стабільного положення кейджа та ознак сегментарної стабільності не встановлено (χ^2 -критерій Пірсона / точний критерій Фішера, $p > 0,05$; табл. 3.8.7.). Це свідчило про зіставну рентгенологічну стабільність імпланта в обох етіологічних підгрупах за умови коректного відбору пацієнтів і належної техніки встановлення кейджа.

Таблиця 3.8.7. Рентгенологічні показники положення та стабільності кейджа у пацієнтів із травматичними й дегенеративними грижами міжхребцевих дисків після MD + Cage.

Показник	Травматичні грижі MD + Cage (n=30)	Дегенеративні грижі MD + Cage (n=30)	p
Міграція кейджа, будь-яка	2 (6,7 %)	3 (10,0 %)	$>0,05$
Клінічно значуща міграція	0 (0 %)	1 (3,3 %)	$>0,05$
Просідання >3 мм	3 (10,0 %)	4 (13,3 %)	$>0,05$
Стабільне положення кейджа	28 (93,3 %)	27 (90,0 %)	$>0,05$
Ознаки сегментарної стабільності	29 (96,7 %)	28 (93,3 %)	$>0,05$

Примітка. Дані наведено як абсолютну кількість пацієнтів і частку в межах відповідної підгрупи — n (%). Порівняння частоти рентгенологічних ознак між підгрупами травматичних і дегенеративних гриж після MD + Cage виконували за χ^2 -критерієм Пірсона або точним критерієм Фішера залежно від очікуваних частот.

Узагальнене порівняння ключових кінцевих точок показало, що у підгрупах MD + Cage спостерігали нижчу частоту рецидиву грижі та сегментарної нестабільності, а також вищу частку сприятливих результатів за MacNab і Prolo порівняно з відповідними підгрупами ізольованої мікродискектомії. Міжгрупові відмінності за всіма наведеними показниками були статистично значущими (χ^2 -критерій Пірсона / точний критерій Фішера,

$p < 0,05$; табл. 3.8.8.). Найбільш несприятливий профіль був характерний для дегенеративних гриж після ізольованої мікродискектомії, що узгоджувалося з уявленням про роль дегенерації диска і нестабільності рухового сегмента у формуванні повторного больового синдрому та рецидиву.

Таблиця 3.8.8. Порівняльна характеристика ключових післяопераційних клінічних результатів у пацієнтів із травматичними та дегенеративними грижами міжхребцевих дисків у досліджуваних клінічних підгрупах.

Показник	Травматичні MD	Травматичні MD + Cage	Дегенеративні MD	Дегенеративні MD + Cage	p
Рецидив грижі	4 (13,3 %)	1 (3,3 %)	7 (23,3 %)	2 (6,7 %)	$<0,05$
Сегментарна нестабільність	4 (13,3 %)	0 (0 %)	5 (16,7 %)	1 (3,3 %)	$<0,05$
Сприятливий результат за MacNab	24 (80,0 %)	28 (93,3 %)	22 (73,3 %)	27 (90,0 %)	$<0,05$
Високий результат за Prolo	23 (76,7 %)	28 (93,3 %)	21 (70,0 %)	26 (86,7 %)	$<0,05$

Примітка. Дані наведено як абсолютну кількість пацієнтів і частку в межах відповідної клінічної підгрупи — n (%). Порівняння частоти рецидиву грижі, сегментарної нестабільності, сприятливого результату за MacNab та високого результату за Prolo між чотирма клінічними підгрупами виконували за χ^2 -критерієм Пірсона або точним критерієм Фішера залежно від очікуваних частот.

3.9. Узагальнення результатів розділу

Проведений аналіз показав, що ізольована мікродискектомія забезпечує значуще зменшення больового синдрому та покращення функціонального стану, особливо за рахунок регресу радикарного компонента. У групі мікродискектомії без кейджа ODI знизився з 62,0 до 24,0 %, загальний ВАШ —

з 8,4 до 3,1 бала, а радикальний ВАШ — з 8,8 до 2,6 бала. Водночас у частини пацієнтів залишалися ознаки локального болю, рецидиву або сегментарної нестабільності, що обмежувало повноту віддаленого результату (*рис. 3.2.1, 3.3.1; табл. 3.2.1, 3.3.1*).

Узагальнюючи результати ізольованої мікродискектомії, можна зазначити, що цей метод залишався ефективним передусім щодо декомпресійного завдання. Найбільш виражене зниження спостерігалось за радикальним ВАШ, що відповідає патогенетичній спрямованості втручання. Статистична значущість динаміки ODI та всіх компонентів ВАШ підтверджувалася критерієм Вілкоксона для залежних вибірок ($p < 0,001$) (*рис. 3.2.1, 3.3.1; табл. 3.2.1*).

Мікродискектомія з міжтіловою стабілізацією кейджем характеризувалася нижчою частотою сегментарної нестабільності, локального та радикального болю. Порівняно з ізольованою мікродискектомією, частота сегментарної нестабільності була меншою на 23,5 відсоткових пункти, що вказує на клінічну значущість стабілізуючого компонента операції. Найкращі результати серед типів кейджів продемонстрував прямокутний / трапецієподібний імплант, який поєднував найнижчу частоту міграції з найкращим відновленням лордозу, висоти диска та міжхребцевого отвору (*табл. 3.5.1–3.7.1*).

За ключовими якісними показниками група мікродискектомії з кейджем мала статистично значущі переваги над ізольованою мікродискектомією: для сегментарної нестабільності, локального болю та радикального болю $p < 0,001$ за χ^2 -критерієм Пірсона. З клінічної точки зору це означає, що стабілізуючий компонент операції не лише змінював рентгенологічну конфігурацію сегмента, а й супроводжувався меншою частотою несприятливих симптомних проявів (*табл. 3.7.1*).

Порівняння типів кейджа додатково показало, що найбільш сприятливий профіль мав прямокутний / трапецієподібний імплант. Для відновлення лордозу, збільшення висоти диска, розширення міжхребцевого отвору та

сегментарної нестабільності між типами кейджів встановлено статистично значущі відмінності (χ^2 -критерій Пірсона / Monte Carlo, $p < 0,001$) (табл. 3.6.1).

Окремий аналіз травматичних і дегенеративних гриж підтвердив, що ефективність стабілізуючого компонента проявлялася в обох етіологічних групах. Найбільший ефект за VAS, ODI, MacNab і Prolo спостерігався у підгрупах MD + Cage, тоді як найвищу частоту рецидиву та сегментарної нестабільності мали пацієнти з дегенеративними грижами після ізольованої мікродискектомії. Отримані результати свідчать про доцільність диференційованого вибору хірургічної тактики з урахуванням не лише факту компресії нервового корінця, а й механічного стану оперованого сегмента, рентгенологічних ознак нестабільності та очікуваної потреби у відновленні міжтілової опори (табл. 3.8.2–3.8.8).

Таким чином, мікродискектомія залишається ефективним методом декомпресії при грижах поперекового диска, однак у пацієнтів із клініко-рентгенологічними передумовами нестабільності, зниженням висоти диска, механічним компонентом болю або підвищеним ризиком рецидиву мікродискектомія з міжтіловою стабілізацією кейджем може забезпечувати більш повний і стійкий клініко-функціональний результат (табл. 3.6.1, 3.7.1, 3.8.2–3.8.8).

З практичної позиції результати розділу дозволяють сформулювати принципову відмінність між двома хірургічними підходами. Мікродискектомія вирішує переважно завдання прямої декомпресії нервового корінця, тоді як мікродискектомія з кейджем поєднує декомпресію з відновленням міжтілової опори. Саме тому перевага стабілізації найбільш очевидна у тих показниках, які пов'язані з механічною поведінкою сегмента (табл. 3.6.1, 3.7.1, 3.8.7, 3.8.8).

Результати також підкреслюють, що статистично значуща різниця повинна оцінюватися разом із клінічним змістом показника. Для частоти нестабільності, локального та радикарного болю різниця між групами була не лише статистично значущою (χ^2 -критерій Пірсона, $p < 0,001$), але й достатньо

великою за абсолютною величиною, щоб мати практичне значення для вибору тактики лікування (*табл. 3.7.1*).

У межах дисертаційної роботи ці результати підтверджують доцільність не універсального, а диференційованого застосування стабілізуючого компонента. Мікродискектомія без кейджа залишається раціональною у пацієнтів із домінуючим корінцевим синдромом і відсутністю ознак механічної неспроможності сегмента. Натомість мікродискектомія з кейджем є більш обґрунтованою за наявності передумов нестабільності, зниження висоти диска, механічного болю або підвищеного ризику рецидиву (*табл. 3.6.1, 3.7.1, 3.8.3, 3.8.7, 3.8.8*).

РОЗДІЛ 4. ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

Загальна логіка інтерпретації отриманих результатів

Отримані у дисертаційній роботі результати доцільно розглядати не як просте зіставлення двох технічних варіантів операції, а як клініко-біомеханічну модель вибору хірургічної тактики при грижах попереково-крижового відділу хребта. Центральним положенням цієї моделі є те, що однакова за морфологічним визначенням грижа міжхребцевого диска може мати різну клінічну, функціональну та механічну основу. В одних пацієнтів провідним механізмом симптоматики є компресія нервового корінця, у других — поєднання компресійного компонента з дискогенним або механічним попереково-крижовим болем, зниженням висоти диска, форамінальним стенозом чи нестабільністю рухового сегмента. Саме тому оцінка результатів не може обмежуватися тільки фактом видалення грижі або регресом радикулопатії.

У цьому контексті ізольована мікродискектомія зберігає роль ефективного декомпресійного втручання, особливо у пацієнтів із чітким корінцевим синдромом і відсутністю виражених ознак механічної неспроможності сегмента. Водночас результати роботи демонструють, що у частини хворих після ізольованої декомпресії зберігаються або формуються несприятливі прояви, які не можуть бути повністю пояснені лише початковою компресією корінця. До таких проявів належать залишковий локальний біль, рецидив грижі, сегментарна нестабільність і недостатній результат за інтегральними шкалами. Ці дані підтверджують необхідність більш широкого клінічного бачення, у якому операція розглядається як втручання не лише на фрагменті грижі, а на усьому функціональному сегменті.

Мікродискектомія, доповнена міжтіловою стабілізацією кейджем, у представленому дослідженні виступає не як універсальна альтернатива стандартній декомпресії, а як метод для пацієнтів із відповідними клініко-рентгенологічними передумовами. Її потенційні переваги пов'язані з відновленням міжтілової опори, збільшенням висоти диска, непрямою форамінальною декомпресією та зменшенням патологічної мікрорухливості. Водночас клінічне значення цих переваг проявляється переважно тоді, коли у формуванні больового синдрому бере участь не лише компресія нервового корінця, а також механічна неспроможність диска або рухового сегмента. Отже, головний висновок дослідження полягає не в простому протиставленні двох операцій, а в обґрунтуванні диференційованого їх застосування.

Важливим методологічним аспектом роботи було поєднання кількісних і якісних показників. Показники ВАШ та ODI дозволяють оцінити вираженість болю й функціональної неспроможності в динаміці, однак вони не завжди достатньо характеризують причину залишкових симптомів. Наприклад, однаковий рівень післяопераційного болю може бути зумовлений рубцевими змінами, збереженою компресією, нестабільністю, форамінальним стенозом або дискогенним механізмом. Тому до аналізу були включені рецидив, сегментарна нестабільність, локальний і радикальний біль, MacNab, Prolo та рентгенологічні параметри, які разом формують більш повну картину віддаленого результату.

Статистична значущість виявлених відмінностей має інтерпретуватися разом із клінічною спрямованістю результату. Для хірургії хребта особливо важливо, щоб статистично достовірні відмінності мали зрозумілий патофізіологічний зміст. У представленій роботі зниження частоти нестабільності, локального болю та рецидиву після втручань зі стабілізуючим компонентом логічно узгоджується з механічною дією кейджа. Так само відмінності між типами кейджів відповідають очікуваному впливу геометрії імпланта на площу опори, відновлення сагітального

профілю та ризик міграції. Саме ця відповідність між статистикою, клінікою та біомеханікою підсилює доказову вагу отриманих результатів.

Додаткового значення в цьому блоці набуває розмежування безпосереднього декомпресійного ефекту та віддаленого клініко-біомеханічного результату. Безпосередній ефект операції найчастіше проявляється регресом радикулярного болю, зменшенням неврологічної симптоматики та покращенням повсякденної активності. Натомість віддалений результат через 12 місяців відображає не лише адекватність видалення фрагмента грижі, а й те, чи залишився оперований сегмент функціонально спроможним після втручання.

Саме тому обговорення результатів потребує не лінійного опису показників, а послідовного зіставлення клінічних, функціональних і рентгенологічних даних. Зниження інтенсивності болю за ВАШ саме по собі не пояснює, чому в одних пацієнтів формується стійке відновлення, а в інших зберігаються локальні болі, нестабільність або рецидив грижі. Для такої інтерпретації необхідно враховувати морфологічний стан диска, висоту міжтілового проміжку, форамінальний простір і ступінь вихідної механічної неспроможності.

Отже, загальна інтерпретаційна рамка розділу ґрунтується на принципі відповідності методу провідному патогенетичному механізму. Якщо операція усуває саме той механізм, який підтримує біль і функціональні обмеження, результат є більш прогнозованим. Якщо ж втручання усуває лише компресію, але залишає нестабільність або дискогенно-механічну неспроможність, клінічне покращення може бути неповним навіть за технічно правильно виконаної декомпресії.

Обговорення даних огляду літератури і місця дослідження у сучасній проблемі хірургії диска

Огляд літератури, представлений у першому розділі, сформував теоретичну основу для інтерпретації власних клінічних даних. У сучасній нейрохірургії грижа поперекового міжхребцевого диска розглядається не лише як локальне випинання дискового матеріалу, а як прояв складного дегенеративного або травматично-дегенеративного процесу, що охоплює диск, замикальні пластинки, фасеткові суглоби, зв'язковий апарат і нервові структури. Такий підхід є особливо важливим для вибору між ізольованою декомпресією та декомпресивно-стабілізуючим втручанням.

Літературні дані підтверджують, що мікродискектомія залишається стандартним методом лікування симптомної радикулопатії, спричиненої компресією нервового корінця. Її ефективність пояснюється прямим видаленням фрагмента грижі, швидким усуненням механічного тиску на корінець і відносно малою травматичністю доступу. Однак стандартна мікродискектомія не відновлює висоту диска, не усуває дегенерацію пульпозного ядра, не закриває дефект фіброзного кільця та не стабілізує руховий сегмент. Саме ці чинники в літературі розглядаються як потенційні передумови рецидиву, залишкового аксіального болю та післяопераційної нестабільності.

У цьому сенсі власні результати дисертаційної роботи добре узгоджуються з літературними положеннями. Ізольована мікродискектомія забезпечила суттєве зниження ВАШ та ODI, що підтверджує її декомпресійну ефективність. Водночас виявлення клінічно значущої частки пацієнтів із рецидивом, нестабільністю та залишковим болем підтверджує, що декомпресія не завжди вирішує біомеханічну проблему диска і сегмента. Це положення є ключовим для практичної нейрохірургії, оскільки воно дозволяє уникнути як недооцінки стабілізації, так і її необґрунтованого рутинного застосування.

Міжтіловий корпородез із використанням кейджа у літературі трактується як метод, спрямований на відновлення міжтілової опори, стабілізацію сегмента та створення умов для формування кісткового блоку. Проте разом із потенційними перевагами він має й обмеження: більший обсяг втручання, потребу в підготовці дискового простору, ризик міграції або просідання імпланта та можливий вплив на суміжні рівні. Тому власне дослідження не підтримує ідею універсальної стабілізації при кожній грижі диска, а навпаки — підкреслює потребу у відборі пацієнтів за клініко-рентгенологічними критеріями.

Особливого значення набуває аналіз травматичних і дегенеративних гриж. Травматичні ураження частіше асоціюються з молодшим віком і гострішим механізмом виникнення, тоді як дегенеративні грижі частіше формуються на тлі хронічних змін диска, зниження його висоти, фасеткового перевантаження й Modic-змін. Саме тому однаковий технічний обсяг операції може давати різний клінічний ефект у цих етіологічних підгрупах. Отримані дані підтверджують, що у дегенеративних грижах ізольована мікродискектомія має відносно менш сприятливий профіль, тоді як додавання стабілізації може зменшувати вираженість несприятливих кінцевих точок.

Літературні дані щодо типів кейджів також мають пряме значення для інтерпретації власних результатів. Форма, площа контакту, висота, кутова конфігурація та положення імпланта визначають його здатність відновлювати дискову висоту, підтримувати лордоз і протидіяти міграції. Власне порівняння типів кейджів демонструє, що клініко-рентгенологічні результати не можна пояснювати лише фактом встановлення імпланта; важливим є те, який саме імплант застосовано і наскільки він відповідає анатомо-біомеханічним умовам конкретного сегмента.

Літературний огляд також показує, що сучасне розуміння попереково-крижової грижі поступово зміщується від суто морфологічного опису до функціонально-біомеханічного аналізу. Важливим є не тільки розмір або

локалізація випинання, а також стан суміжних структур: фасеткових суглобів, зв'язкового апарату, замикальних пластинок, міжхребцевого отвору та м'язово-зв'язкового балансу. Саме ці компоненти визначають, чи буде проста декомпресія достатньою для стійкого результату.

У цьому контексті власне дослідження займає проміжну позицію між традиційною концепцією мікродискектомії як стандарту лікування радикулопатії та ширшою концепцією реконструкції рухового сегмента. Отримані дані не заперечують ролі мікродискектомії, а навпаки уточнюють її оптимальне місце. Водночас результати демонструють, що у частини пацієнтів декомпресія має бути доповнена стабілізуючим компонентом, якщо клінічна картина виходить за межі ізолюваного корінцевого синдрому.

Порівняння з літературними положеннями дає змогу пояснити різницю між травматичними та дегенеративними грижами. При травматичному механізмі вирішальним може бути гостре зміщення дискового фрагмента, тоді як при дегенеративному процесі грижа часто є лише одним із проявів тривалої неспроможності дисково-фасеткового комплексу. Тому однакова за назвою операція в цих двох ситуаціях має різне патогенетичне навантаження і різний прогноз.

Важливо, що дисертаційні результати доповнюють літературні дані не лише за рахунок порівняння двох оперативних підходів, а також через оцінку конкретних кінцевих точок. Частота рецидиву, сегментарної нестабільності, локального і радикулярного болю, а також результати за MacNab і Prolo дозволяють перейти від загального твердження про «ефективність» до більш диференційованого розуміння якості віддаленого результату.

Методологічне значення дизайну дослідження та обраних критеріїв оцінки

Матеріали і методи дослідження мають важливе значення для правильного тлумачення результатів. Робота була побудована як

порівняльний клініко-інструментальний аналіз двох основних груп: пацієнтів після мікродискектомії та пацієнтів після мікродискектомії з міжтіловою стабілізацією. Такий дизайн відповідав меті дослідження, оскільки дозволяв не лише описати результати кожного підходу, а також зіставити їх за однаковими клінічними, функціональними та рентгенологічними критеріями.

Методологічна цінність роботи полягає в тому, що оцінка результату не була обмежена одним показником. У хірургії попереково-крижового відділу хребта такий підхід є принциповим, оскільки біль, функціональна неспроможність, неврологічні прояви та рентгенологічна стабільність можуть змінюватися не синхронно. Наприклад, радикальний біль може суттєво зменшитися, але локальний біль може зберігатися через механічну неспроможність сегмента.

Контрольний термін у 12 місяців має особливу інтерпретаційну вагу. Ранні результати після декомпресії часто виглядають сприятливо, оскільки основна компресійна симптоматика регресує швидко. Проте саме через рік стають помітними наслідки зниження висоти диска, нестабільності, рецидиву грижі або поведінки імплантата. Тому 12-місячний контроль дає змогу оцінити не лише первинну ефективність, а й стійкість досягнутого результату.

Доцільним було розділення кількісних і якісних результатів. Кількісні показники, зокрема ВАШ і ODI, дозволяли оцінити величину клініко-функціонального покращення. Якісні ознаки, такі як рецидив, нестабільність, наявність локального або радикального болю, характеризували частоту конкретних клінічно значущих подій. Такий поділ важливий тому, що середнє покращення за шкалою не завжди виключає наявність підгрупи пацієнтів із незадовільним результатом.

Використання шкал MacNab і Prolo доповнило аналіз, оскільки ці шкали відображають не лише окремі числові параметри, а загальний клінічний та функціонально-економічний результат. MacNab є зручним інструментом для суб'єктивно-клінічної оцінки результату операції, тоді як Prolo дозволяє врахувати функціональну активність і соціально-професійний

компонент відновлення. Їх поєднання забезпечило ширшу оцінку успішності втручання, ніж окремий аналіз ВАШ або ODI.

Статистична методологія була узгоджена з типом даних і відповідла структурі клінічного питання. Для парного порівняння показників до операції та через 12 місяців (з метою виявлення динаміки після конкретного втручання) застосовували критерії для залежних вибірок, для міжгрупових порівнянь (дозволяє оцінити, в яких умовах один підхід має перевагу над іншим) якісних ознак — критерії таблиць спряженості; кількісних показників між кількома підгрупами — дисперсійний або непараметричний підхід залежно від характеру розподілу. Така структура статистичного аналізу зменшує ризик некоректної інтерпретації результатів і дозволяє чітко розмежувати внутрішньогрупову динаміку та міжгрупові відмінності.

Окремої уваги заслуговує підгруповий аналіз травматичних і дегенеративних гриж. Він не замінює основного порівняння двох хірургічних підходів, а поглиблює його, показуючи, що етіологія ураження диска може модифікувати клінічний ефект втручання. Розподіл на чотири підгрупи по 30 пацієнтів дозволив порівняти не лише MD і MD + Cage, але й взаємодію між характером грижі та застосуванням стабілізуючого компонента.

Інтерпретація результатів ізолюваної мікродискектомії

Результати ізолюваної мікродискектомії підтвердили її високу ефективність щодо зменшення корінцевого болю і функціональних обмежень. Значуще зниження ODI та всіх компонентів ВАШ через 12 місяців свідчить про те, що видалення фрагмента грижі і декомпресія нервового корінця забезпечують стійкий клінічний ефект у більшості пацієнтів. Особливо показовою була динаміка радикулярного ВАШ, оскільки саме радикулопатія є головною мішенню мікродискектомії.

Зменшення інтенсивності радикулярного болю є очікуваним результатом і найбільш переконливим аргументом на користь прямої

декомпресії. Після усунення механічного тиску на корінець — видалення фрагмента грижі, що чинить безпосередній механічний та запально-іритативний вплив на корінець, — зменшується іритация нервової структури, покращується мікроциркуляція, знижується запальна реакція та поступово відновлюється функція корінця. Тому значний регрес радикулопатії підтверджує раціональність і клінічну виправданість показань до мікродискектомії, як менш травматичного методу, у пацієнтів із домінуючим корінцевим синдромом і стабільним сегментом.

Водночас динаміка локального попереково-крижового болю була менш однозначною, так як має іншу природу. Локальний біль не завжди є прямим наслідком компресії корінця; він може бути пов'язаний із дегенерацією диска, змінами замикальних пластинок, фасетковими суглобами, зниженням висоти міжхребцевого проміжку, порушенням розподілу навантаження та мікронестабільністю. Якщо ці чинники не були враховані до операції, пацієнт може мати добрий неврологічний результат, але недостатнє суб'єктивне відновлення через збереження попереково-крижового болю. Саме тому ізольована декомпресія здатна зменшити радикулопатію, але не завжди повністю усуває механічний компонент болю. Цей результат має важливе значення для диференційованого вибору тактики.

Якісні клінічні результати після мікродискектомії без кейджа показали наявність групи пацієнтів із рецидивом, сегментарною нестабільністю та залишковими больовими проявами. Ці дані не заперечують ефективності мікродискектомії, але демонструють межі її застосування. Якщо початково у пацієнта є ознаки нестабільності, значного зниження висоти диска або механічного болю, проста декомпресія може залишити незмінним патогенетичний механізм, який підтримує біль або сприяє рецидиву.

Частота рецидиву грижі та сегментарної нестабільності після мікродискектомії без кейджа має розглядатися як сигнал до ретельнішої доопераційної стратифікації. Вона не означає неефективності методу, але показує, що існує підгрупа хворих, у яких диск і руховий сегмент мають

більший ступінь механічної вразливості. Для цих пацієнтів проста декомпресія може бути лише частковим вирішенням проблеми.

Розподіл результатів за MacNab і Prolo також підтверджує переважно сприятливий результат мікродискектомії, але водночас демонструє частку пацієнтів із задовільними або поганими наслідками. Саме ця частка має найбільше значення для практичної хірургії, оскільки вона вказує на групу ризику, у якій стандартна декомпресія може бути недостатньою. У таких пацієнтів доопераційна стратифікація має включати не лише МРТ-ознаки компресії, але й функціональні рентгенограми, оцінку висоти диска, форамінального простору, Modic-змін і характеру больового синдрому.

Отже, ізольована мікродискектомія має залишатися методом вибору при переважно компресійній радикулопатії, стабільному сегменті та відсутності значущого механічного больового компонента. Так як, отримані результати щодо ізольованої мікродискектомії мають подвійне значення. З одного боку, вони підтверджують її високу ефективність як методу прямої декомпресії нервового корінця. Проте, з іншого боку, результати дослідження чітко окреслюють межі цієї ефективності і вказують, що при клініко-рентгенологічних ознаках механічної неспроможності сегмента доцільно розглядати розширення операції до декомпресивно-стабілізуючого втручання, оскільки декомпресія не є методом відновлення міжтілової опори, стабілізації сегмента або корекції форамінального звуження, якщо ці зміни вже були клінічно значущими до операції.

Інтерпретація результатів мікродискектомії з міжтіловою стабілізацією

У групі мікродискектомії з кейджем було зафіксовано нижчу частоту основних залишкових клінічних проявів. Цей результат має патогенетичне пояснення: кейдж не лише доповнює декомпресію, але також змінює механічні умови функціонування оперованого сегмента. Відновлення міжтілової опори може зменшувати патологічну мікрорухливість,

поліпшувати розподіл осьового навантаження та підтримувати висоту міжхребцевого отвору, що важливо для профілактики залишкового або рецидивного корінцевого компонента.

Низька частота загальної сегментарної нестабільності в групі кейджа свідчить про ефективність стабілізуючого компонента у відібраних пацієнтів. Водночас цей результат не означає, що кейдж повинен використовуватися у всіх випадках. Стабілізація має сенс тоді, коли вона усуває конкретний механічний чинник: нестабільність, зниження висоти диска, форамінальне звуження, рецидивну грижі або виражений аксіальний біль. Без цих передумов додавання імпланта може бути надлишковим.

Клінічне значення має також зменшення частоти локального болю. Особливо важливо, що зниження частоти локального болю в цій групі має біомеханічне пояснення. Локальний попереково-крижовий біль часто відображає не лише залишкову іритацію тканин після операції, а і стан диска та задніх опорних структур. Якщо біль зумовлений не тільки компресією корінця, а й порушенням опорної функції диска, стабілізація може впливати на джерело симптоматики більш повно, ніж ізольоване видалення фрагмента грижі. Так як після встановлення кейджа частота такого болю нижча, це може свідчити про роль відновлення стабільності та опорної функції сегмента. Саме цей аспект відрізняє стабілізуюче втручання від ізольованої декомпресії і пояснює, чому ефект кейджа не варто зводити лише до технічного доповнення операції.

Радиклопатичний компонент у групі кейджа також мав низьку частоту. Це може бути пов'язано як із прямою декомпресією, так і з непрямым ефектом відновлення форамінальної висоти. У пацієнтів із форамінальним стенозом або зниженням дискової висоти корінець може залишатися подразненим навіть після видалення основного фрагмента грижі, якщо форамінальний простір залишається звуженим, тому, в таких умовах як пряма, так і непряма форамінальна декомпресія при міжтіловій стабілізації

можуть мати додаткове значення. Однак цей ефект залежить від правильного розміру імпланта, його положення та збереження замикальних пластинок.

Рентгенологічна стабільність імпланта є критичною умовою клінічного успіху. Якщо кейдж мігрує, просідає або не забезпечує достатньої площі контакту, його стабілізуюча функція зменшується, а ризик болю або повторної компресії може зростати. Тому отримані результати щодо положення кейджа слід розглядати не як другорядний технічний показник, а як частину загального клінічного результату.

Таким чином, мікродискектомія з міжтіловою стабілізацією виявилася найбільш логічною у пацієнтів, у яких компресійний синдром поєднувався з ознаками механічної неспроможності сегмента. Вона розширює можливості стандартної декомпресії, але потребує чітких показань, технічної точності та післяопераційного контролю.

У групі стабілізуючого втручання клінічний ефект слід пояснювати не лише фактом декомпресії, а й реконструкцією опорної функції сегмента. Кейдж створює міжтілову підтримку, зменшує патологічну мікрорухливість і може відновлювати просторові співвідношення в дисковому проміжку. Саме тому його дія є найбільш значущою там, де до операції існували ознаки механічної неспроможності.

Разом із тим результати не дають підстав для рутинного застосування стабілізації. Будь-який імплант збільшує складність операції, потребує точного підбору розміру і правильного позиціонування. Тому переваги кейджа проявляються лише за наявності чітких показань, а не при кожній попереково-крижовій грижі. Такий підхід зберігає баланс між достатністю лікування і уникненням надмірного обсягу втручання.

Значення типу кейджа та геометрії імпланта

Окремий аналіз результатів залежно від типу кейджа має важливе практичне значення. Він показав, що міжтілова стабілізація не є однорідним

втручанням: її ефект залежить не лише від факту встановлення імпланта, а й від його геометрії, площі опори, висоти, форми та здатності відновлювати сагітальний профіль. Це принципово важливо, оскільки в клінічній практиці вибір кейджа часто визначається технічною доступністю або звичкою хірурга, тоді як результати дослідження підкреслюють необхідність анатомо-біомеханічного обґрунтування.

Прямокутний або трапецієподібний кейдж мав найсприятливіший сумарний профіль. Його переваги можуть бути пов'язані з більшою площею контакту із замикальними пластинками, кращою передбачуваністю позиціонування та здатністю підтримувати міжтілову висоту. Відновлення лордозу, збільшення висоти диска та розширення міжхребцевого отвору є взаємопов'язаними параметрами, які впливають як на рентгенологічну, так і на клінічну складову результату.

Бананоподібний кейдж демонстрував добрі можливості щодо відновлення лордозу, однак супроводжувався вищою частотою міграції і нестабільності. Це може бути наслідком особливостей його криволінійної форми, техніки заведення, площі опори та положення у дисковому просторі. Такий результат не означає непридатності цього типу імпланта, але вказує на необхідність точного позиціонування і ретельного підбору розміру.

Півмісяцевий кейдж мав менш сприятливий рентгенологічний і клінічний профіль, що може бути пов'язано з обмеженішою здатністю до відновлення висоти та лордозу або менш оптимальним розподілом навантаження. Вища частота локального болю і сегментарної нестабільності у цій підгрупі підкреслює, що недостатнє відновлення механіки сегмента може мати безпосередні клінічні наслідки.

Круглий кейдж демонстрував окремі позитивні характеристики, зокрема низьку частоту нестабільності, проте поступався прямокутному або трапецієподібному імпланту за відновленням лордозу. Це свідчить, що стабільність сама по собі не є єдиним критерієм успіху; важливим є також

відновлення просторової геометрії сегмента, висоти диска та форамінального простору.

Практичний висновок цього блоку полягає в тому, що вибір кейджа має бути індивідуалізованим. Необхідно враховувати рівень ураження, висоту диска, форму тіл хребців, стан замикальних пластинок, кутові параметри сегмента, ступінь форамінального стенозу та якість кісткової тканини. У такій моделі кейдж перестає бути стандартним імплантом і стає інструментом цілеспрямованої реконструкції рухового сегмента.

Аналіз геометрії кейджа підкреслює, що стабілізуючий компонент не можна розглядати як однорідну технічну дію. Імпланти різної форми по-різному контактують із замикальними пластинками, по-різному розподіляють навантаження і мають різний потенціал для відновлення лордозу. Тому клінічний результат залежить не лише від рішення встановити кейдж, а також від того, наскільки обраний імплант відповідає анатомії конкретного сегмента.

Прямокутний або трапецієподібний кейдж може бути більш передбачуваним через більшу площу опори і кращу можливість контролю положення. Така геометрія сприяє стабільнішому розподілу навантаження, що важливо для профілактики просідання, міграції та повторного форамінального звуження. Саме поєднання стабільності, підтримки висоти та впливу на сагітальний профіль формує його сприятливий сумарний профіль.

Водночас інші типи кейджів не слід розглядати як менш ефективні в абсолютному сенсі. Їх доцільність залежить від доступу, форми міжтілового проміжку, цільового відновлення лордозу, стану кісткової тканини та технічних можливостей безпечного позиціонування. Один і той самий імплант може бути оптимальним в одній анатомічній ситуації і менш доцільним в іншій.

Таким чином, результати щодо типів кейджів мають практичний наслідок: вибір імпланта повинен бути частиною передопераційного планування, а не лише інтраопераційним рішенням. Оцінка MPT, MCKT і

функціональної рентгенографії має використовуватися для прогнозування того, який тип опори потрібен сегменту, яку висоту необхідно відновити та який ризик міграції або просідання є найбільш імовірним.

Порівняльне значення травматичних і дегенеративних гриж

Підгруповий аналіз травматичних і дегенеративних гриж дозволив поглибити розуміння того, чому однаковий обсяг операції може мати різні наслідки у різних пацієнтів. Травматичні грижі частіше виявлялися у молодших пацієнтів, тоді як дегенеративні грижі були більш характерними для старших вікових груп. Ця вікова різниця відображає різні патогенетичні механізми: у травматичних ураженнях більшу роль може відігравати гостре механічне пошкодження диска, тоді як у дегенеративних — хронічне зношення дискового комплексу та опорних структур.

Динаміка ВАШ і ODI у чотирьох підгрупах підтвердила, що всі варіанти хірургічного лікування супроводжувалися клініко-функціональним покращенням. Водночас у підгрупах MD + Sage післяопераційні показники були кращими, а величина покращення — більшою. Це особливо показово для дегенеративних гриж, де вихідні механічні передумови несприятливого перебігу зазвичай виражені сильніше. У таких випадках стабілізуючий компонент може компенсувати не лише наслідки грижі, а й частину сегментарної неспроможності.

Найбільш несприятливий профіль за низкою кінцевих точок був характерний для дегенеративних гриж після ізольованої мікродискектомії. Це узгоджується з уявленням про те, що дегенеративний диск після видалення фрагмента грижі залишається біомеханічно вразливим. Збереження дефекту фіброзного кільця, зниження висоти диска, можливі Modic-зміни та фасеткове перевантаження можуть підтримувати ризик рецидиву, нестабільності та повторного больового синдрому.

У травматичних грижах різниця між MD і MD + Cage також мала значення, але її слід інтерпретувати з урахуванням менш вираженої дегенеративної основи у частини пацієнтів. Якщо травматична грижа виникає на відносно збереженому диску і сегмент стабільний, ізольована мікродискектомія може забезпечити достатній результат. Якщо ж травматичне пошкодження супроводжується порушенням опорної функції диска або нестабільністю, стабілізація стає більш обґрунтованою.

Результати за MacNab і Prolo підтвердили, що підгрупи з кейджем мали вищу частку сприятливих клінічних і функціонально-економічних результатів. Це важливо, оскільки пацієнта цікавить не лише числове зменшення болю, а також можливість повернення до повсякденної активності, роботи та прийнятної якості життя. Інтегральні шкали підкреслюють, що стабілізація може впливати не лише на рентгенологічні параметри, а й на загальне сприйняття результату лікування.

Рентгенологічні показники у підгрупах із кейджем не продемонстрували статистично значущих відмінностей між травматичними й дегенеративними грижами щодо стабільності імплантата. Це дозволяє припустити, що за правильного відбору пацієнтів і належної техніки встановлення кейджа стабільний рентгенологічний результат можливий в обох етіологічних групах. Водночас цей висновок не скасовує потреби індивідуального планування, оскільки дегенеративні зміни можуть впливати на якість кісткової опори і ризик просідання.

Порівняння травматичних і дегенеративних гриж має особливе значення, оскільки демонструє, що етіологія ураження впливає на очікувану відповідь на операцію. Травматична грижа може виникати на відносно збереженому диску, тоді як дегенеративна частіше є проявом тривалого порушення структури і функції рухового сегмента. Отже, однаковий морфологічний діагноз не означає однакової біомеханічної ситуації.

У травматичних грижах ізольована мікродискектомія може мати дуже добрий результат тоді, коли основним механізмом є гостра компресія корінця

без суттєвого зниження висоти диска або нестабільності. У таких умовах видалення фрагмента грижі усуває основну причину симптоматики. Якщо ж травматичне пошкодження супроводжується порушенням опорної функції, показання до стабілізації стають більш переконливими.

При дегенеративних грижах ситуація інша: сам факт випинання часто є лише найбільш помітним проявом хронічної перебудови диска. Зниження висоти, Modic-зміни, фасеткове перевантаження і форамінальне звуження можуть підтримувати біль незалежно від того, наскільки повно видалено фрагмент грижі. Саме тому у таких пацієнтів стабілізуючий компонент частіше має патогенетичне обґрунтування.

Підгруповий аналіз показує, що диференційований підхід має враховувати не лише тип операції, а й тип грижі. Це особливо важливо для практичного алгоритму: у молодшого пацієнта з травматичним епізодом і стабільним сегментом достатньою може бути декомпресія, тоді як у старшого пацієнта з дегенеративними змінами і механічним болем доцільно активніше розглядати міжтілову стабілізацію.

Клінічне значення рецидиву, нестабільності та залишкового болю

Рецидив грижі диска є одним із найважливіших показників стійкості хірургічного результату. У практичному аспекті рецидив означає не лише повторне випинання дискового матеріалу, а й повернення або збереження клінічно значущої симптоматики, потребу в повторній діагностиці, консервативному лікуванні або ревізійній операції. Тому зменшення частоти рецидиву має не тільки статистичне, але й важливе соціально-медичне значення.

Зв'язок рецидиву з сегментарною нестабільністю і Modic-змінами має логічне патогенетичне пояснення. Якщо диск є дегенеративно зміненим, фіброзне кільце має дефект, а сегмент зберігає патологічну рухливість, повторне зміщення дискового матеріалу стає більш імовірним. Modic-зміни

відображають реакцію замикальних пластинок і кісткового мозку на хронічне навантаження або запально-дегенеративний процес, що також може супроводжуватися болем і механічною неспроможністю.

Сегментарна нестабільність після декомпресії є особливо важливою проблемою, оскільки вона може бути як початково наявною, так і посиленою після видалення частини кістково-зв'язкових структур. Навіть мінімально інвазивна техніка не завжди запобігає прогресуванню нестабільності, якщо до операції вже існували дегенеративні передумови. Тому виявлення нестабільності до операції або її ризику повинно безпосередньо впливати на вибір обсягу втручання.

Залишковий локальний біль є показником, який часто недооцінюють у дослідженнях, зосереджених на радикулопатії. Однак саме локальний біль визначає довготривалу якість життя, здатність до фізичної активності та задоволеність операцією. Якщо після декомпресії корінцевий біль регресує, але зберігається виражений аксіальний біль, пацієнт може оцінювати результат як неповний. Це пояснює необхідність окремого аналізу локального і радикулярного компонентів.

Радикулярний біль після операції може бути пов'язаний із залишковою компресією, рубцевими змінами, форамінальним стенозом або рецидивом. У пацієнтів зі зниженням висоти диска непряма форамінальна декомпресія за рахунок кейджа може мати додатковий ефект. Таким чином, стабілізація може бути корисною не лише для механічного локального болю, але й для профілактики повторного корінцевого подразнення в умовах форамінального звуження.

Загалом рецидив, нестабільність, локальний і радикулярний біль слід розглядати не як ізольовані ускладнення, а як взаємопов'язані кінцеві точки і прояви недостатньої стабільності або неповного усунення патогенетичного механізму. Вони відображають різні прояви однієї проблеми — недостатньої біомеханічної або анатомічної стабільності оперованого сегмента після декомпресії: рецидив грижі може бути наслідком збереження дефекту

фіброзного кільця та патологічної рухливості, нестабільність може підтримувати локальний біль, а форамінальне звуження може сприяти повторному корінцевому подразненню. Саме тому їх одночасне зменшення в групах із кейджем має важливе значення для обґрунтування диференційованої стабілізуючої тактики.

З клінічної точки зору ці кінцеві точки мають більшу вагу, ніж ізольоване числове покращення за шкалами. Пацієнт може мати зниження ВАШ, але якщо зберігається нестабільність або формується рецидив, віддалений результат не може вважатися повністю сприятливим. Тому оцінка стійкості лікування повинна обов'язково включати частоту таких подій.

Особливе місце посідає локальний біль. На відміну від радикарного болю, він часто має багатофакторне походження і може відображати дискогенний, фасетковий, м'язово-тонічний або механічний компонент. Саме тому його збереження після успішної декомпресії повинно спонукати до аналізу того, чи був правильно визначений провідний механізм болю до операції.

Зменшення частоти рецидиву, нестабільності та залишкового больового синдрому у відібраних пацієнтів після стабілізації підтримує концепцію, що частина несприятливих результатів пов'язана не з недостатністю декомпресії, а з неврахованою біомеханічною проблемою. Це є одним із ключових аргументів на користь індивідуального, а не шаблонного вибору обсягу втручання.

Практичне значення отриманих результатів та алгоритм диференційованого вибору

Практичне значення дисертаційної роботи полягає у можливості формування алгоритму вибору між ізольованою мікродискектомією та мікродискектомією з кейджем. Такий алгоритм має починатися не з вибору імпланта, а з визначення провідного патогенетичного механізму болю. Якщо

основним є компресія корінця при стабільному сегменті, достатньою може бути ізолювана мікродиссектомія. Якщо ж компресія поєднується з механічним болем, нестабільністю, зниженням висоти диска або форамінальним стенозом, слід розглядати стабілізуючий компонент.

Клінічними ознаками, що посилюють аргументацію на користь стабілізації, є виражений аксіальний попереково-крижовий біль, рецидивний характер грижі, поєднання радикулопатії з механічною симптоматикою, недостатній ефект попередніх втручань або значне обмеження активності, яке не пояснюється тільки компресією корінця. Ці ознаки повинні оцінюватися разом із нейровізуалізаційними даними.

Рентгенологічними критеріями для розширення обсягу операції можуть бути зниження висоти диска, форамінальний стеноз, Modic-зміни, ретролістез, патологічна рухливість на функціональних рентгенограмах, фасеткова артропатія та ознаки сегментарної гіпермобільності. Важливо, що жоден із цих критеріїв не має розглядатися ізолювано; рішення має базуватися на їх поєднанні з клінікою.

Вибір типу кейджа повинен бути окремим етапом планування. Необхідно враховувати рівень ураження, форму дискового простору, висоту, яку потрібно відновити, очікуваний вплив на лордоз, якість замикальних пластинок і ризик міграції. Отримані результати підкреслюють, що прямокутний або трапецієподібний кейдж може мати більш збалансований профіль у багатьох клінічних ситуаціях, однак остаточний вибір має залишатися індивідуальним.

Практичний алгоритм також повинен містити етап післяопераційного контролю. Оцінка через 12 місяців має включати не лише ВАШ і ODI, але й наявність рецидиву, нестабільності, локального та радикулярного болю, результати за MacNab і Prolo, а у разі міжтілового корпорозу кейджем — положення імпланта, міграцію, просідання та ознаки сегментарної стабільності. Тільки комплексний контроль дозволяє оцінити не короточасний ефект, а справжню стійкість хірургічного результату.

Отримані дані можуть бути використані для оптимізації передопераційного консультування пацієнтів. Хворому необхідно пояснювати, що ізольована мікродискектомія ефективна для усунення корінцевого болю, але при наявності механічної неспроможності сегмента може залишатися ризик локального болю, нестабільності або рецидиву; метою операції є не тільки видалення фрагмента грижі, а й досягнення стійкого функціонального результату. У частини випадків для цього достатньо мікродискектомії, в інших — потрібна стабілізація. З іншого боку, стабілізація може зменшити ці ризики у відібраних пацієнтів, але є більш об'ємним втручанням і потребує імплантату. Така комунікація підвищує реалістичність очікувань і сприяє індивідуалізованому прийняттю пацієнтом рішення щодо вибору конкретного методу.

Практичне застосування результатів полягає у формуванні послідовної схеми прийняття рішення. На першому етапі необхідно визначити, чи є клінічна картина переважно корінцевою, чи вона включає значущий механічний попереково-крижовий компонент. На другому етапі оцінюються МРТ, МСКТ і функціональні рентгенограми. На третьому етапі зіставляються клінічні та рентгенологічні дані для вибору достатнього обсягу операції.

Такий алгоритм має перевагу над підходом, у якому рішення приймається лише за розміром грижі або фактом наявності компресії. Розмір випинання не завжди корелює з механічною неспроможністю сегмента, а невелика грижа на тлі вираженого форамінального стенозу і зниження висоти диска може мати складніший прогноз, ніж велика секвестрована грижа у стабільному сегменті.

Обмеження дослідження та перспективи подальших наукових розробок

Як і будь-яке клінічне дослідження, представлена робота має певні обмеження. Обмеження дослідження не знижують значення отриманих результатів, але визначають межі їх інтерпретації.

Насамперед результати слід інтерпретувати з урахуванням структури клінічних груп, критеріїв відбору та контрольного періоду спостереження. Хоча 12 місяців є достатнім терміном для оцінки основних клінічних і рентгенологічних результатів, довготривалі наслідки стабілізації, зокрема вплив на суміжні сегменти, потребують подальшого спостереження. Після стабілізації можливі зміни розподілу навантаження, які потребують подальшого вивчення в довших часових інтервалах. Це особливо актуально для пацієнтів молодого віку та хворих із багаторівневими дегенеративними змінами.

Другим обмеженням є складність прямого порівняння хірургічних підходів у реальній клінічній практиці. Найважливішим є те, що клінічні групи в реальній практиці не є абсолютно однаковими за вихідними характеристиками, оскільки пацієнти, яким встановлюють кейдж, часто мають більш виражені механічні або рентгенологічні передумови до стабілізації. Тому навіть при статистичному зіставленні груп важливо враховувати клінічну логіку відбору. Саме тому результати дослідження слід розглядати як доказ на користь диференційованого, а не універсального застосування кейджа.

Третім аспектом є багатокомпонентність больового синдрому. ВАШ дозволяє кількісно оцінити біль, але не завжди повністю розмежовує джерела симптоматики. Локальний і радикулярний біль були проаналізовані окремо, однак у подальших дослідженнях доцільно доповнити оцінку більш деталізованими шкалами якості життя, нейрофізіологічними методами та аналізом психосоціальних чинників, які також можуть впливати на результат.

Перспективним напрямом є створення прогностичної моделі, яка поєднуватиме клінічні дані, МРТ-ознаки, функціональну рентгенографію, параметри висоти диску, Modic-зміни, тип грижі, вік, професійне навантаження та результати попереднього лікування. Така модель може допомогти визначати ймовірність доброго результату після ізольованої мікродискектомії або потребу в стабілізуючому компоненті.

Ще одним перспективним напрямом є стандартизований аналіз геометрії кейджів. У майбутньому доцільно порівнювати не лише умовні типи імплантів, а й конкретні параметри: площу контакту, висоту, кут лордозу, матеріал, пористість, положення в дисковому просторі та співвідношення з площею замикальних пластинок. Це дозволить перейти від загальної категорії 'кейдж' до персоналізованого вибору імпланта для конкретного сегмента, за якого форма кейджа визначається не лише доступністю, а й конкретною біомеханічною задачею операції.

Перспективним є також розширення моделі прогнозування результату. До неї можуть бути включені не лише клінічні та рентгенологічні ознаки, але й професійне навантаження, рівень фізичної активності, тривалість симптомів, інтенсивність аксіального болю, тип грижі, ступінь дегенерації диска і характеристики замикальних пластинок. Така модель дозволила б більш точно визначати пацієнтів, яким потрібна стабілізація.

Таким чином, дисертаційна робота створює основу для подальшого розвитку диференційованої хірургічної тактики. Її результати підтверджують, що вибір операції має бути індивідуальним, патогенетично обґрунтованим і заснованим на поєднанні клінічної симптоматики, функціонального стану та рентгенологічної характеристики рухового сегмента.

Висновок до розділу 4

Обговорення результатів підтверджує, що отримані у роботі дані не зводяться до простого порівняння двох технічних варіантів операції. Їх слід розглядати як обґрунтування диференційованої клініко-біомеханічної моделі вибору хірургічної тактики при грижах попереково-крижового відділу хребта. Ізолювана мікродискектомія є ефективним методом прямої декомпресії нервового корінця у хворих із домінуючим корінцевим синдромом і стабільним руховим сегментом, однак вона не усуває всі

механічні передумови рецидиву, залишкового аксіального болю та післяопераційної нестабільності.

Ізольована мікродискектомія залишається базовим і достатнім методом у разі домінуючої радикулопатії без виражених ознак нестабільності. Мікродискектомія з міжтіловою стабілізацією має найбільшу цінність тоді, коли клінічна симптоматика і рентгенологічні ознаки вказують на поєднання компресійного та механічного компонентів. У таких умовах кейдж виконує не лише роль імпланта, а й стабілізуючо-реконструктивного компонента, який відновлює міжтілову опору, сприяє непрямій форамінальній декомпресії та зменшує патологічну мікрорухливість сегмента.

Узагальнення літературних даних, методології дослідження та власних результатів свідчить, що оптимальна тактика повинна визначатися не формальним діагнозом «грижа диска», а сукупністю клінічних, функціональних і рентгенологічних критеріїв. Саме поєднання оцінки ВАШ, ODI, MacNab, Prolo, частоти рецидиву, сегментарної нестабільності, локального й радикулярного болю, а також характеристик кейджа дозволяє обґрунтувати персоналізований вибір обсягу операції та підвищити прогнозованість віддаленого результату.

Підсумовуючи, отримані дані підтримують персоналізовану модель хірургії хребта, у якій оцінюють не тільки наявність грижі, а й функціональний стан усього рухового сегмента. Такий підхід дозволяє підвищити обґрунтованість операційного рішення, зменшити ризик рецидиву і нестабільності та зробити віддалений результат більш прогнозованим для конкретного пацієнта.

Таким чином, розділ обговорення дозволяє інтегрувати літературні передумови, методологічну логіку та результати власного клінічного матеріалу в єдину концепцію. Її сутність полягає в тому, що хірургічна тактика при попереково-крижових грижах має бути не стандартизованою для всіх пацієнтів, а диференційованою відповідно до провідного джерела симптомів і механічного стану сегмента.

РОЗДІЛ 5. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У ретроспективному одноцентровому нерандомізованому дослідженні 400 пацієнтів (200 після ізольованої мікродискектомії та 200 після мікродискектомії з міжтіловою стабілізацією кейджем) уточнено клініко-рентгенологічні критерії диференційованого вибору операції. Ізольована мікродискектомія є обґрунтованою при домінуючій радикулопатії, відповідності симптомів рівню компресії та стабільному руховому сегменті. Стабілізацію кейджем доцільно розглядати при патологічній рухливості, дегенеративному спондилолістезі або ретролістезі, рецидивній грижі, значному зниженні висоти диска з форамінальним стенозом, вираженому механічному поперековому болю чи прогнозованій дестабілізації після розширеної декомпресії. Окремі Modic-зміни, локальний біль або зниження висоти диска без інших ознак механічної неспроможності не є самостійними абсолютними показаннями до корпородезу.

2. Через 12 місяців після ізольованої мікродискектомії медіана ODI зменшилася з 62,0 % (58,0–64,0) до 20,0 % (14,0–31,0), загальний показник болю за 0–10-бальною шкалою — з 8,4 (7,9–8,8) до 2,6 (1,8–4,0), локальний — з 8,3 (8,1–8,6) до 3,25 (2,8–3,9), радикулярний — з 9,0 (8,7–9,2) до 2,2 (1,68–2,8); для всіх порівнянь $p < 0,001$. Сприятливі результати Excellent + Good становили 78,0 % за MacNab і 77,0 % за Prolo. Отже, ізольована мікродискектомія забезпечує виражене клініко-функціональне покращення передусім у пацієнтів із переважно компресійною радикулопатією та стабільним сегментом.

3. Межами ефективності ізольованої мікродискектомії були несприятливі 12-місячні кінцеві точки: рецидив грижі виявлено у 30 із 200 пацієнтів (15,0 %), сегментарну нестабільність — у 55 із 200 (27,5 %), її зростання — у 20 із 200 (10,0 %), нову нестабільність — у 8 із 200 (4,0 %). Ці результати обґрунтовують необхідність доопераційного виявлення пацієнтів

із механічною неспроможністю сегмента, у яких проста декомпресія може не забезпечити достатньо стійкого результату.

4. У групі мікродискектомії з міжтіловою стабілізацією через 12 місяців сегментарну нестабільність зареєстровано у 8 із 200 пацієнтів (4,0 %), локальний біль — у 16 із 200 (8,0 %), радикулярний біль — у 6 із 200 (3,0 %). Порівняно з ізольованою мікродискектомією частота нестабільності була нижчою — 4,0 % проти 27,5 %; відносний ризик для групи без кейджа становив 6,88 (95 % ДІ 3,36–14,06; $p < 0,001$). Міжгрупові відмінності за локальним і радикулярним болем також були статистично значущими ($p < 0,001$). З огляду на нерандомізований дизайн ці дані слід трактувати як асоціацію кращого 12-місячного профілю зі стабілізацією у клінічно відібраних пацієнтів, а не як безумовну перевагу кейджа для всіх хворих.

5. Геометрія міжтілового імпланта була пов'язана з клініко-рентгенологічним результатом. Прямокутний або трапецієподібний кейдж мав найбільш збалансований профіль; міграцію в цій підгрупі виявлено в 1 із 50 випадків (2,0 %). Між чотирма типами кейджів встановлено статистично значущі відмінності за відновленням сегментарного лордозу, збільшенням висоти диска, розширенням міжхребцевого отвору та сегментарною нестабільністю ($p < 0,001$), а також за локальним болем ($p < 0,01$); відмінності за міграцією не досягли статистичної значущості ($p > 0,05$). Тому вибір форми і розміру кейджа має бути індивідуальним та відповідати анатомо-біомеханічним потребам сегмента.

6. У підгруповому аналізі 120 пацієнтів (по 30 у чотирьох підгрупах) усі варіанти операції забезпечили статистично значуще покращення, проте після мікродискектомії з кейджем 12-місячні показники були нижчими. При травматичних грижах показник болю становив $1,2 \pm 0,8$ проти $2,6 \pm 1,1$ бала, а ODI — 16 ± 6 % проти 26 ± 8 %; при дегенеративних грижах — $1,8 \pm 1,0$ проти $3,4 \pm 1,3$ бала та 22 ± 8 % проти 34 ± 10 % відповідно (ANOVA, $p < 0,001$). Частка сприятливих результатів за MacNab становила 93,3 % проти 86,7 % при травматичних і 86,7 % проти 73,3 % при дегенеративних грижах

(загальне міжгрупове порівняння $p < 0,05$). Етіологія грижі модифікує прогноз, але сама по собі не є показанням до стабілізації без оцінки механічного стану сегмента.

7. На підставі отриманих результатів сформовано послідовний алгоритм диференційованої хірургічної тактики: підтвердити відповідність клініки даним нейровізуалізації; визначити домінуючий корінцевий або механічний компонент болю; оцінити стабільність сегмента, висоту диска, форамінальний простір, рецидив і обсяг запланованої декомпресії; обрати найменш інвазивне втручання, достатнє для усунення всіх клінічно значущих компонентів; за показань до стабілізації індивідуально підібрати геометрію кейджа. Отримані дані обґрунтовують персоналізоване, а не рутинне застосування корпорозеду. Результати характеризують 12-місячний період і потребують подальшої проспективної перевірки та тривалішого спостереження для оцінки пізньої субсиденції, формування кісткового блока й стану суміжних сегментів.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Перед вибором операції необхідно послідовно оцінити відповідність клінічних симптомів даним МРТ/МСКТ, тип больового синдрому, ступінь неврологічного дефіциту, рівень ураження, висоту диска, стан фасеткових суглобів, наявність форамінального стенозу, Modic-змін та ознак сегментарної нестабільності.

2. Ізольовану мікродискектомію доцільно обирати у пацієнтів із первинною грижею диска, домінуючим корінцевим болем, чіткою компресією корінця, збереженою стабільністю сегмента, відсутністю значущого колапсу диска та відсутністю вираженого механічного поперекового болю.

3. Мікродискектомію з міжтіловим корпородезом кейджем доцільно розглядати при поєднанні корінцевої компресії з механічним поперековим болем, рентгенофункціональною нестабільністю, значним зниженням висоти диска, форамінальним стенозом через колапс диска, рецидивною грижею або великим дефектом фіброзного кільця.

4. При виборі кейджа слід враховувати анатомію міжтілового проміжку, стан замикальних пластинок, ціль відновлення лордозу і висоти диска, ризик міграції та просідання. За відсутності анатомічних обмежень прямокутний / трапецієподібний кейдж може розглядатися як пріоритетний варіант для відновлення міжтілової опори та форамінального простору.

5. Бананоподібні, півмісяцеві або круглі кейджі доцільно застосовувати індивідуально з урахуванням доступу, форми дискового простору, площі контакту з замикальними пластинками та технічної безпеки встановлення.

6. У післяопераційному контролі слід окремо оцінювати кількісну інтенсивність болю за ВАШ і бінарну наявність будь-яких локальних або радикулярних скарг, оскільки ці показники мають різне клінічне значення.

7. Контрольний огляд через 12 місяців має включати ODI, ВАШ, MacNab, Prolo, оцінку рецидиву, сегментарної нестабільності, положення кейджа, висоти диска і міжхребцевого отвору.

8. У пацієнтів із високим ризиком рецидиву або нестабільності доцільно проводити мультифакторну оцінку з урахуванням віку, рівня операції, вихідного ODI/ВАШ, Modic-змін, стану фасеткових суглобів, висоти диска і типу грижі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. GBD 2021 Low Back Pain Collaborators. Global, regional, and national burden of low back pain, 1990–2020, its attributable risk factors, and projections to 2050: a systematic analysis of the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet Rheumatology*. 2023;5(6):e316–e329. [https://doi.org/10.1016/S2665-9913\(23\)00098-X](https://doi.org/10.1016/S2665-9913(23)00098-X)
2. Hartvigsen J, Hancock MJ, Kongsted A, et al. What low back pain is and why we need to pay attention. *The Lancet*. 2018;391(10137):2356–2367. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)30480-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)30480-X)
3. Pojskić M, Bisson E, Oertel J, Takami T, Zygourakis C, Costa F. Lumbar disc herniation: Epidemiology, clinical and radiologic diagnosis WFNS spine committee recommendations. *World Neurosurgery*: X. 2024;22:100279. <https://doi.org/10.1016/j.wnsx.2024.100279>
4. Deyo RA, Mirza SK. Herniated Lumbar Intervertebral Disk. *New England Journal of Medicine*. 2016;374(18):1763–1772. <https://doi.org/10.1056/NEJMcp1512658>
5. Peul WC, van Houwelingen HC, van den Hout WB, et al. Surgery versus prolonged conservative treatment for sciatica. *New England Journal of Medicine*. 2007;356(22):2245–2256. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa064039>
6. Weinstein JN, Tosteson TD, Lurie JD, et al. Surgical vs nonoperative treatment for lumbar disk herniation: The Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT): a randomized trial. *JAMA*. 2006;296(20):2441–2450. <https://doi.org/10.1001/jama.296.20.2441>
7. Lurie JD, Tosteson TD, Tosteson ANA, et al. Surgical versus nonoperative treatment for lumbar disc herniation: eight-year results for the Spine Patient Outcomes Research Trial. *Spine*. 2014;39(1):3–16. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000000088>
8. Zileli M, Oertel J, Sharif S, Zygourakis C. Lumbar disc herniation: Prevention and treatment of recurrence: WFNS spine committee recommendations. *World Neurosurgery*: X. 2024;22:100275. <https://doi.org/10.1016/j.wnsx.2024.100275>
9. Wang JC, Dailey AT, Mummaneni PV, et al. Guideline update for the performance of fusion procedures for degenerative disease of the lumbar spine. Part 8: lumbar fusion for disc herniation and radiculopathy. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2014;21(1):48–53. <https://doi.org/10.3171/2014.4.SPINE14271>
10. Lei F, Yanfang L, Shangxing W, Weihao Y, Wei L, Jing T. Spinal Fusion Versus Repeat Discectomy for Recurrent Lumbar Disc Herniation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *World Neurosurgery*. 2023;173:126–135.e5. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2022.12.091>
11. Mobbs RJ, Phan K, Malham G, Seex K, Rao PJ. Lumbar interbody fusion: techniques, indications and comparison of interbody fusion options including PLIF, TLIF, MI-TLIF, OLIF/ATP, LLIF and ALIF. *Journal of Spine Surgery*. 2015;1(1):2–18. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2414-469X.2015.10.05>
12. Fairbank JCT, Pynsent PB. The Oswestry Disability Index. *Spine*. 2000;25(22):2940–2952. <https://doi.org/10.1097/00007632-200011150-00017>
13. Urban JPG, Roberts S. Degeneration of the intervertebral disc. *Arthritis Research & Therapy*. 2003;5:120–130. <https://doi.org/10.1186/ar629>
14. Adams MA, Roughley PJ. What is intervertebral disc degeneration, and what causes it? *Spine*. 2006;31(18):2151–2161. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000231761.73859.2c>
15. Vergroesen PPA, Kingma I, Emanuel KS, et al. Mechanics and biology in intervertebral disc degeneration: a vicious circle. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2015;23(7):1057–1070. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2015.03.028>
16. Tomaszewski KA, Saganiak K, Gładysz T, Walocha JA. The biology behind the human intervertebral disc and its endplates. *Folia Morphologica*. 2015;74(2):157–168. <https://doi.org/10.5603/FM.2015.0026>

17. Fardon DF, Williams AL, Dohring EJ, Murtagh FR, Rothman SLG, Sze GK. Lumbar disc nomenclature: version 2.0. *The Spine Journal*. 2014;14(11):2525–2545. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2014.04.022>
18. Schroeder GD, Guyre CA, Vaccaro AR. The epidemiology and pathophysiology of lumbar disc herniations. *Seminars in Spine Surgery*. 2016;28(1):2–7. <https://doi.org/10.1053/j.semss.2015.08.003>
19. Goupille P, Jayson MIV, Valat JP, Freemont AJ. The role of inflammation in disk herniation-associated radiculopathy. *Seminars in Arthritis and Rheumatism*. 1998;28(1):60–71. [https://doi.org/10.1016/S0049-0172\(98\)80029-2](https://doi.org/10.1016/S0049-0172(98)80029-2)
20. Genevay S, Finckh A, Payer M, et al. Elevated levels of tumor necrosis factor-alpha in periradicular fat tissue in patients with radiculopathy from herniated disc. *Spine*. 2008;33(19):2041–2046. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e318183bb86>
21. 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. *New England Journal of Medicine*. 1994;331(2):69–73. <https://doi.org/10.1056/NEJM199407143310201>
22. Brinckmann P, Grootenboer H. Change of disc height, radial disc bulge, and intradiscal pressure from discectomy: an in vitro investigation on human lumbar discs. *Spine*. 1991;16(6):641–646. <https://doi.org/10.1097/00007632-199106000-00008>
23. Bostelmann R, Steiger HJ, Cornelius JF. Effect of annular defects on intradiscal pressures in the lumbar spine: an in vitro biomechanical study of discectomy and annular repair. *Journal of Neurological Surgery Part A: Central European Neurosurgery*. 2017;78(1):46–52. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1570344>
24. Miller LE, McGirt MJ, Garfin SR, Bono CM. Association of annular defect width after lumbar discectomy with risk of symptom recurrence and reoperation: systematic review and meta-analysis of comparative studies. *Spine*. 2018;43(5):E308–E315. <https://doi.org/10.1097/BRS.00000000000002501>
25. O'Connell GD, Leach JK, Klineberg EO. Tissue engineering a biological repair strategy for lumbar disc herniation. *BioResearch Open Access*. 2015;4(1):431–445. <https://doi.org/10.1089/biores.2015.0034>
26. Zeng ZL, Zhu R, Wu YC, et al. Effect of graded facetectomy on lumbar biomechanics. *Journal of Healthcare Engineering*. 2017;2017:7981513. <https://doi.org/10.1155/2017/7981513>
27. Rao PJ, Maharaj MM, Phan K, Abeygunasekara ML, Mobbs RJ. Indirect foraminal decompression after anterior lumbar interbody fusion: a prospective radiographic study using a new pedicle-to-pedicle technique. *The Spine Journal*. 2015;15(5):817–824. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2014.12.019>
28. Kepler CK, Rihn JA, Radcliff KE, et al. Restoration of lordosis and disk height after single-level transforaminal lumbar interbody fusion. *Orthopaedic Surgery*. 2012;4(1):15–20. <https://doi.org/10.1111/j.1757-7861.2011.00165.x>
29. Lau KKL, Samartzis D, To NSC, Harada GK, An HS, Wong AYL. Demographic, surgical, and radiographic risk factors for symptomatic adjacent segment disease after lumbar fusion: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Bone and Joint Surgery American Volume*. 2021;103(15):1438–1450. <https://doi.org/10.2106/JBJS.20.00408>
30. Battié MC, Videman T. Lumbar disc degeneration: epidemiology and genetics. *Journal of Bone and Joint Surgery American Volume*. 2006;88 Suppl 2:3–9. <https://doi.org/10.2106/JBJS.E.01313>
31. Ravichandran D, Pillai J, Krishnamurthy K. Genetics of intervertebral disc disease: A review. *Clinical Anatomy*. 2022;35(1):116–120. <https://doi.org/10.1002/ca.23803>
32. Risbud MV, Shapiro IM. Role of cytokines in intervertebral disc degeneration: pain and disc content. *Nature Reviews Rheumatology*. 2014;10(1):44–56. <https://doi.org/10.1038/nrrheum.2013.160>

33. Zhang AS, Xu A, Ansari K, Hardacker K, Anderson G, Alsoof D, Daniels AH. Lumbar Disc Herniation: Diagnosis and Management. *The American Journal of Medicine*. 2023;136(7):645–651. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2023.03.024>
34. Milette PC. Classification, diagnostic imaging, and imaging characterization of a lumbar herniated disk. *Radiologic Clinics of North America*. 2000;38(6):1267–1292. [https://doi.org/10.1016/S0033-8389\(08\)70006-X](https://doi.org/10.1016/S0033-8389(08)70006-X)
35. Mysliwiec LW, Cholewicki J, Winkelpleck MD, Eis GP. MSU Classification for herniated lumbar discs on MRI: toward developing objective criteria for surgical selection. *European Spine Journal*. 2010;19(7):1087–1093. <https://doi.org/10.1007/s00586-009-1274-4>
36. Pfirrmann CWA, Metzdorf A, Zanetti M, Hodler J, Boos N. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. *Spine*. 2001;26(17):1873–1878. <https://doi.org/10.1097/00007632-200109010-00011>
37. Modic MT, Steinberg PM, Ross JS, Masaryk TJ, Carter JR. Degenerative disk disease: assessment of changes in vertebral body marrow with MR imaging. *Radiology*. 1988;166(1 Pt 1):193–199. <https://doi.org/10.1148/radiology.166.1.3336678>
38. Kreiner DS, Hwang SW, Easa JE, et al. An evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of lumbar disc herniation with radiculopathy. *The Spine Journal*. 2014;14(1):180–191. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2013.08.003>
39. Mariscal G, Torres E, Barrios C. Incidence of recurrent lumbar disc herniation: A narrative review. *Journal of Craniovertebral Junction and Spine*. 2022;13(2):110–113. https://doi.org/10.4103/jcvjs.jcvjs_38_22
40. Huang W, Han Z, Liu J, Yu L, Yu X. Risk Factors for Recurrent Lumbar Disc Herniation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Medicine*. 2016;95(2):e2378. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000002378>
41. Brooks M, Dower A, Abdul Jalil MF, Kohan S. Radiological predictors of recurrent lumbar disc herniation: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2021;34(3):481–491. <https://doi.org/10.3171/2020.6.SPINE20598>
42. Siccoli A, Staartjes VE, Klukowska AM, Muizelaar JP, Schröder ML. Overweight and smoking promote recurrent lumbar disk herniation after discectomy. *European Spine Journal*. 2022;31(3):604–613. <https://doi.org/10.1007/s00586-022-07116-y>
43. Wang F, Chen K, Lin Q, Ma Y, Huang H, Wang C, Zhou P. Earlier or heavier spinal loading is more likely to lead to recurrent lumbar disc herniation after percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2022;17(1):356. <https://doi.org/10.1186/s13018-022-03242-X>
44. McGirt MJ, Ambrossi GLG, Datto G, Sciubba DM, Witham TF, Wolinsky JP, Gokaslan ZL, Bydon A. Recurrent disc herniation and long-term back pain after primary lumbar discectomy: review of outcomes reported for limited versus aggressive disc removal. *Neurosurgery*. 2009;64(2):338–344; discussion 344–345. <https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000337574.58662.E2>
45. Soliman MAR, Francois H, Aguirre AO, Khan A, Hamouda W, Corluka S, Buser Z, Cho SK, Yoon ST. Preoperative Clinical and Radiographic Risk Factors for Recurrent Lumbar Disc Herniation: Systematic Review and Meta-analysis. *Neurospine*. 2026;23(1):42–58. <https://doi.org/10.14245/ns.2551242.621>
46. Kerezoudis P, Goncalves S, Cesare JD, Alvi MA, Kurian DP, Sebastian AS, Nassr A, Bydon M. Comparing outcomes of fusion versus repeat discectomy for recurrent lumbar disc herniation: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. 2018;171:70–78. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2018.05.023>
47. Santos C, Lobo K, Campos P, Oliveira L, Bortolin da Silva VE. Efficacy of repeat discectomy alone versus with spinal fusion in recurrent lumbar disc herniation: a systematic review and meta-analysis of randomized studies. *Neurosurgical Review*. 2025;48(1):409. <https://doi.org/10.1007/s10143-025-03555-5>

48. Ropper AH, Zafonte RD. Sciatica. *New England Journal of Medicine*. 2015;372(13):1240–1248. <https://doi.org/10.1056/NEJMr1410151>
49. Koes BW, van Tulder MW, Peul WC. Diagnosis and treatment of sciatica. *BMJ*. 2007;334(7607):1313–1317. <https://doi.org/10.1136/bmj.39223.428495.BE>
50. Tawa N, Rhoda A, Diener I. Accuracy of clinical neurological examination in diagnosing lumbo-sacral radiculopathy: a systematic literature review. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2017;18:93. <https://doi.org/10.1186/s12891-016-1383-2>
51. Scaia V, Baxter D, Cook C. The pain provocation-based straight leg raise test for diagnosis of lumbar disc herniation, lumbar radiculopathy, and/or sciatica: a systematic review of clinical utility. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2012;25(4):215–223. <https://doi.org/10.3233/BMR-2012-0339>
52. Lorio M, Kim C, Araghi A, Inzana J, Yue JJ. International Society for the Advancement of Spine Surgery Policy 2019—Surgical Treatment of Lumbar Disc Herniation with Radiculopathy. *International Journal of Spine Surgery*. 2020;14(1):1–17. <https://doi.org/10.14444/7001>
53. Kögl N, Brawanski K, Girod PP, Petr O, Thomé C. Early surgery determines recovery of motor deficits in lumbar disc herniations—a prospective single-center study. *Acta Neurochirurgica*. 2021;163(1):275–280. <https://doi.org/10.1007/s00701-020-04614-0>
54. Mustafa MA, Richardson GE, Gillespie CS, Islim AI, Wilby M, Clark S, Srikantharajah N. Definition and surgical timing in cauda equina syndrome—An updated systematic review. *PLOS ONE*. 2023;18(5):e0285006. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0285006>
55. Hawker GA, Mian S, Kendzerska T, French M. Measures of adult pain: Visual Analog Scale for Pain, Numeric Rating Scale for Pain, McGill Pain Questionnaire, Short-Form McGill Pain Questionnaire, Chronic Pain Grade Scale, Short Form-36 Bodily Pain Scale, and Measure of Intermittent and Constant Osteoarthritis Pain. *Arthritis Care & Research*. 2011;63 Suppl 11:S240–S252. <https://doi.org/10.1002/acr.20543>
56. Roland M, Morris R. A study of the natural history of back pain. Part I: Development of a reliable and sensitive measure of disability in low-back pain. *Spine*. 1983;8(2):141–144. <https://doi.org/10.1097/00007632-198303000-00004>
57. Patrick DL, Deyo RA, Atlas SJ, Singer DE, Chapin A, Keller RB. Assessing health-related quality of life in patients with sciatica. *Spine*. 1995;20(17):1899–1908. <https://doi.org/10.1097/00007632-199509000-00011>
58. Ware JE Jr, Sherbourne CD. The MOS 36-item short-form health survey, SF-36. I. Conceptual framework and item selection. *Medical Care*. 1992;30(6):473–483. <https://doi.org/10.1097/00005650-199206000-00002>
59. Copay AG, Glassman SD, Subach BR, Berven S, Schuler TC, Carreon LY. Minimum clinically important difference in lumbar spine surgery patients: a choice of methods using the Oswestry Disability Index, Medical Outcomes Study questionnaire Short Form 36, and pain scales. *The Spine Journal*. 2008;8(6):968–974. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2007.11.006>
60. Nurick S. The natural history and results of surgical treatment of the spinal cord disorder associated with cervical spondylosis. *Brain*. 1972;95(1):101–108. <https://doi.org/10.1093/brain/95.1.101>
61. Macnab I. Negative disc exploration: an analysis of the causes of nerve-root involvement in sixty-eight patients. *Journal of Bone and Joint Surgery American Volume*. 1971;53(5):891–903. <https://doi.org/10.2106/00004623-197153050-00004>
62. Expert Panel on Neurological Imaging; Hutchins TA, Peckham M, Shah LM, Parsons MS, Agarwal V, Boulter DJ, et al. ACR Appropriateness Criteria® Low Back Pain: 2021 Update. *Journal of the American College of Radiology*. 2021;18(11S):S361–S379. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2021.08.002>
63. Pfirrmann CWA, Dora C, Schmid MR, Zanetti M, Hodler J, Boos N. MR image-based grading of lumbar nerve root compromise due to disk herniation: reliability study with

- surgical correlation. Radiology. 2004;230(2):583–588. <https://doi.org/10.1148/radiol.2302021289>
64. Schizas C, Theumann N, Burn A, Tansey R, Wardlaw D, Smith FW, Kulik G. Qualitative grading of severity of lumbar spinal stenosis based on the morphology of the dural sac on magnetic resonance images. Spine. 2010;35(21):1919–1924. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181d359bd>
 65. Lee S, Lee JW, Yeom JS, Kim KJ, Kim HJ, Chung SK, Kang HS. A practical MRI grading system for lumbar foraminal stenosis. American Journal of Roentgenology. 2010;194(4):1095–1098. <https://doi.org/10.2214/AJR.09.2772>
 66. Passavanti Z, Leschka S, Wildermuth S, Forster T, Dietrich TJ. Differentiating epidural fibrosis from disc herniation on contrast-enhanced and unenhanced MRI in the postoperative lumbar spine. Skeletal Radiology. 2020;49(11):1819–1827. <https://doi.org/10.1007/s00256-020-03488-8>
 67. Dupuis PR, Yong-Hing K, Cassidy JD, Kirkaldy-Willis WH. Radiologic diagnosis of degenerative lumbar spinal instability. Spine. 1985;10(3):262–276. <https://doi.org/10.1097/00007632-198504000-00015>
 68. Pitkänen MT, Manninen HI, Lindgren KA, Sihvonen TA, Airaksinen O, Soimakallio S. Segmental lumbar spine instability at flexion-extension radiography can be predicted by conventional radiography. Clinical Radiology. 2002;57(7):632–639. <https://doi.org/10.1053/crad.2001.0899>
 69. Jang SY, Kong MH, Hymanson HJ, Jin TK, Song KY, Wang JC. Radiographic parameters of segmental instability in lumbar spine using kinetic MRI. Journal of Korean Neurosurgical Society. 2009;45(1):24–31. <https://doi.org/10.3340/jkns.2009.45.1.24>
 70. Elmoose SF, Andersen GO, Carreon LY, Sigmundsson FG, Andersen MO. Radiological definitions of sagittal plane segmental instability in the degenerative lumbar spine: a systematic review. Global Spine Journal. 2023;13(2):556–566. <https://doi.org/10.1177/21925682221099854>
 71. Le TV, Baaj AA, Dakwar E, Burkett CJ, Murray G, Smith DA, Uribe JS. Subsidence of polyetheretherketone intervertebral cages in minimally invasive lateral retroperitoneal transpsoas lumbar interbody fusion. Spine. 2012;37(14):1268–1273. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3182458b2f>
 72. Jones C, Okano I, Salzmann SN, Reisener MJ, Chiapparelli E, Shue J, Sama AA, Cammisa FP, Girardi FP, Hughes AP. Endplate volumetric bone mineral density is a predictor for cage subsidence following lateral lumbar interbody fusion: a risk factor analysis. The Spine Journal. 2021;21(10):1729–1737. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2021.02.021>
 73. Shen S, You X, Ren Y, Ye S. Risk factors of cage subsidence following oblique lumbar interbody fusion: a meta-analysis and systematic review. World Neurosurgery. 2024;183:180–186. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2023.12.110>
 74. Xie F, Yang Z, Tu Z, Huang P, Wang Z, Luo Z, et al. The value of Hounsfield units in predicting cage subsidence after transforaminal lumbar interbody fusion. BMC Musculoskeletal Disorders. 2022;23:882. <https://doi.org/10.1186/s12891-022-05836-2>
 75. Wang Y, Zhang J, Tong T, Miao D, Wang F, Wang L. Comparison of Hounsfield Unit, Vertebral Bone Quality, and Dual-Energy X-Ray Absorptiometry T-score for predicting cage subsidence after posterior lumbar interbody fusion. Global Spine Journal. 2025. <https://doi.org/10.1177/21925682241293038>
 76. Qaseem A, Wilt TJ, McLean RM, Forciea MA; Clinical Guidelines Committee of the American College of Physicians. Noninvasive Treatments for Acute, Subacute, and Chronic Low Back Pain: A Clinical Practice Guideline From the American College of Physicians. Annals of Internal Medicine. 2017;166(7):514–530. <https://doi.org/10.7326/M16-2367>
 77. Foster NE, Anema JR, Cherkin D, Chou R, Cohen SP, Gross DP, et al.; Lancet Low Back Pain Series Working Group. Prevention and treatment of low back pain: evidence,

- challenges, and promising directions. *The Lancet*. 2018;391(10137):2368–2383. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)30489-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)30489-6)
78. Chiu CC, Chuang TY, Chang KH, Wu CH, Lin PW, Hsu WY. The probability of spontaneous regression of lumbar herniated disc: a systematic review. *Clinical Rehabilitation*. 2015;29(2):184–195. <https://doi.org/10.1177/0269215514540919>
 79. Oliveira CB, Maher CG, Ferreira ML, Hancock MJ, Oliveira VC, McLachlan AJ, et al. Epidural Corticosteroid Injections for Sciatica: An Abridged Cochrane Systematic Review and Meta-Analysis. *Spine*. 2020;45(21):E1405–E1415. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000003651>
 80. Mathieson S, Maher CG, McLachlan AJ, Latimer J, Koes BW, Hancock MJ, et al. Trial of Pregabalin for Acute and Chronic Sciatica. *New England Journal of Medicine*. 2017;376(12):1111–1120. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1614292>
 81. Jacobs WCH, van Tulder M, Arts M, Rubinstein SM, van Middelkoop M, Ostelo R, et al. Surgery versus conservative management of sciatica due to a lumbar herniated disc: a systematic review. *European Spine Journal*. 2011;20(4):513–522. <https://doi.org/10.1007/s00586-010-1603-7>
 82. Bailey CS, Rasoulinejad P, Taylor D, Sequeira K, Miller T, Watson J, et al. Surgery versus Conservative Care for Persistent Sciatica Lasting 4 to 12 Months. *New England Journal of Medicine*. 2020;382(12):1093–1102. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1912658>
 83. Weber H. Lumbar disc herniation: A controlled, prospective study with ten years of observation. *Spine*. 1983;8(2):131–140. <https://doi.org/10.1097/00007632-198303000-00003>
 84. Gibson JNA, Waddell G. Surgical interventions for lumbar disc prolapse. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2007;(2):CD001350. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001350.pub4>
 85. Williams RW. Microlumbar discectomy: A conservative surgical approach to the virgin herniated lumbar disc. *Spine*. 1978;3(2):175–182. <https://doi.org/10.1097/00007632-197806000-00015>
 86. Arts MP, Brand R, van den Akker ME, Koes BW, Bartels RHMA, Peul WC; Leiden-The Hague Spine Intervention Prognostic Study Group. Tubular discectomy vs conventional microdiscectomy for sciatica: a randomized controlled trial. *JAMA*. 2009;302(2):149–158. <https://doi.org/10.1001/jama.2009.972>
 87. Rasouli MR, Rahimi-Movaghar V, Shokraneh F, Moradi-Lakeh M, Chou R. Minimally invasive discectomy versus microdiscectomy/open discectomy for symptomatic lumbar disc herniation. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2014;2014(9):CD010328. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010328.pub2>
 88. Ruetten S, Komp M, Merk H, Godolias G. Full-endoscopic interlaminar and transforaminal lumbar discectomy versus conventional microsurgical technique: a prospective, randomized, controlled study. *Spine*. 2008;33(9):931–939. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31816c8af7>
 89. Gadjradj PS, Rubinstein SM, Peul WC, Depauw PR, Vleggeert-Lankamp CLA, Seiger A, et al. Full endoscopic versus open discectomy for sciatica: randomised controlled non-inferiority trial. *BMJ*. 2022;376:e065846. <https://doi.org/10.1136/bmj-2021-065846>
 90. Brouwer PA, Brand R, van den Akker-van Marle ME, Jacobs WCH, Schenk B, van den Berg-Huijsmans AA, et al. Percutaneous laser disc decompression versus conventional microdiscectomy for patients with sciatica: Two-year results of a randomised controlled trial. *Interventional Neuroradiology*. 2017;23(3):313–324. <https://doi.org/10.1177/1591019917699981>
 91. Tanavalee C, Limthongkul W, Yingsakmongkol W, Luksanapruk P, Singhatanadgige W. A comparison between repeat discectomy versus fusion for the treatment of recurrent lumbar disc herniation: Systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Neuroscience*. 2019;66:202–208. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2019.05.004>

92. Resnick DK, Choudhri TF, Dailey AT, Groff MW, Khoo L, Matz PG, et al.; American Association of Neurological Surgeons/Congress of Neurological Surgeons. Guidelines for the performance of fusion procedures for degenerative disease of the lumbar spine. Part 8: lumbar fusion for disc herniation and radiculopathy. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2005;2(6):673–678. <https://doi.org/10.3171/spi.2005.2.6.0673>
93. Dower A, Chatterji R, Swart A, Winder MJ. Surgical management of recurrent lumbar disc herniation and the role of fusion. *Journal of Clinical Neuroscience*. 2016;23:44–50. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2015.04.024>
94. Rathbone J, Rackham M, Nielsen D, Lee SM, Hing W, Riar S, et al. A systematic review of anterior lumbar interbody fusion (ALIF) versus posterior lumbar interbody fusion (PLIF), transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF), posterolateral lumbar fusion (PLF). *European Spine Journal*. 2023;32:1911–1926. <https://doi.org/10.1007/s00586-023-07567-x>
95. Phan K, Rao PJ, Kam AC, Mobbs RJ. Minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion for treatment of degenerative lumbar disease: systematic review and meta-analysis. *European Spine Journal*. 2015;24(5):1017–1030. <https://doi.org/10.1007/s00586-015-3903-4>
96. Ozgur BM, Aryan HE, Pimenta L, Taylor WR. Extreme Lateral Interbody Fusion (XLIF): a novel surgical technique for anterior lumbar interbody fusion. *The Spine Journal*. 2006;6(4):435–443. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2005.08.012>
97. Li JXJ, Phan K, Mobbs R. Oblique Lumbar Interbody Fusion: Technical Aspects, Operative Outcomes, and Complications. *World Neurosurgery*. 2017;98:113–123. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2016.10.074>
98. Koebbe CJ, Maroon JC, Abla A, El-Kadi H, Bost J. Lumbar microdiscectomy: a historical perspective and current technical considerations. *Neurosurgical Focus*. 2002;13(2):E3. <https://doi.org/10.3171/foc.2002.13.2.4>
99. Caspar W, Campbell B, Barbier DD, Kretschmer R, Gotfried Y. The Caspar microsurgical discectomy and comparison with a conventional standard lumbar disc procedure. *Neurosurgery*. 1991;28(1):78–86; discussion 86–87. <https://doi.org/10.1097/00006123-199101000-00013>
100. Blamoutier A. Surgical discectomy for lumbar disc herniation: surgical techniques. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2013;99(1 Suppl):S187–S196. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2012.11.005>
101. Riesenburger RI, David CA. Lumbar microdiscectomy and microendoscopic discectomy. *Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies*. 2006;15(5):267–270. <https://doi.org/10.1080/13645700600958432>
102. Findlay GF, Hall BI, Musa BS, Oliveira MD, Fear SC. A 10-year follow-up of the outcome of lumbar microdiscectomy. *Spine*. 1998;23(10):1168–1171. <https://doi.org/10.1097/00007632-199805150-00019>
103. Dewing CB, Provencher MT, Riffenburgh RH, Kerr S, Manos RE. The outcomes of lumbar microdiscectomy in a young, active population: correlation by herniation type and level. *Spine*. 2008;33(1):33–38. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31815e3a42>
104. Oosterhuis T, Costa LOP, Maher CG, de Vet HCW, van Tulder MW, Ostelo RWJG. Rehabilitation after lumbar disc surgery. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2014;(3):CD003007. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003007.pub3>
105. Carragee EJ, Han MY, Yang B, Kim DH, Kraemer H, Billys J. Activity restrictions after posterior lumbar discectomy: a prospective study of outcomes in 152 cases with no postoperative restrictions. *Spine*. 1999;24(22):2346–2351. <https://doi.org/10.1097/00007632-199911150-00010>
106. Thomé C, Barth M, Scharf J, Schmiedek P. Outcome after lumbar sequestrectomy compared with microdiscectomy: a prospective randomized study. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2005;2(3):271–278. <https://doi.org/10.3171/spi.2005.2.3.0271>

107. Barth M, Weiss C, Thomé C. Two-year outcome after lumbar microdiscectomy versus microscopic sequestrectomy: Part 1: Evaluation of clinical outcome. *Spine*. 2008;33(3):265–272. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e318162018c>
108. Barth M, Diepers M, Weiss C, Thomé C. Two-year outcome after lumbar microdiscectomy versus microscopic sequestrectomy: Part 2: Radiographic evaluation and correlation with clinical outcome. *Spine*. 2008;33(3):273–279. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31816201a6>
109. Azarhomayoun A, Chou R, Shirdel S, Moradi-Lakeh M, Vaccaro AR, Rahimi-Movaghar V. Sequestrectomy versus conventional microdiscectomy for the treatment of a lumbar disc herniation: a systematic review. *Spine*. 2015;40(24):E1330–E1339. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000001174>
110. Shriver MF, Xie JJ, Tye EY, Rosenbaum BP, Kshetry VR, Benzel EC, Mroz TE. Lumbar microdiscectomy complication rates: a systematic review and meta-analysis. *Neurosurgical Focus*. 2015;39(4):E6. <https://doi.org/10.3171/2015.7.FOCUS15281>
111. Tafazal SI, Sell PJ. Incidental durotomy in lumbar spine surgery: incidence and management. *European Spine Journal*. 2005;14(3):287–290. <https://doi.org/10.1007/s00586-004-0821-2>
112. Watters WC 3rd, McGirt MJ. An evidence-based review of the literature on the consequences of conservative versus aggressive discectomy for the treatment of primary disc herniation with radiculopathy. *The Spine Journal*. 2009;9(3):240–257. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2008.08.005>
113. Carragee EJ, Spinnickie AO, Alamin TF, Paragioudakis S. A prospective controlled study of limited versus subtotal posterior discectomy: short-term outcomes in patients with herniated lumbar intervertebral discs and large posterior annular defect. *Spine*. 2006;31(6):653–657. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000203714.76250.68>
114. Fountas KN, Kapsalaki EZ, Feltes CH, Smisson HF, Johnston KW, Vogel RL, Robinson JS. Correlation of the amount of disc removed in a lumbar microdiscectomy with long-term outcome. *Spine*. 2004;29(22):2521–2524. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000145413.79277.d0>
115. Carragee EJ, Han MY, Suen PW, Kim D. Clinical outcomes after lumbar discectomy for sciatica: the effects of fragment type and annular competence. *Journal of Bone and Joint Surgery American Volume*. 2003;85(1):102–108. <https://doi.org/10.2106/00004623-200301000-00016>
116. McGirt MJ, Eustacchio S, Varga P, Vilendecic M, Trummer M, Gorenssek M, Ledic D, Carragee EJ. A prospective cohort study of close interval computed tomography and magnetic resonance imaging after primary lumbar discectomy: factors associated with recurrent disc herniation and disc height loss. *Spine*. 2009;34(19):2044–2051. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181b34a9a>
117. Ambrossi GLG, McGirt MJ, Sciubba DM, Witham TF, Wolinsky JP, Gokaslan ZL, Long DM. Recurrent lumbar disc herniation after single-level lumbar discectomy: incidence and health care cost analysis. *Neurosurgery*. 2009;65(3):574–578; discussion 578. <https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000350224.36213.F9>
118. Swartz KR, Trost GR. Recurrent lumbar disc herniation. *Neurosurgical Focus*. 2003;15(3):E10. <https://doi.org/10.3171/foc.2003.15.3.10>
119. Cinotti G, Roysam GS, Eisenstein SM, Postacchini F. Ipsilateral recurrent lumbar disc herniation: a prospective, controlled study. *Journal of Bone and Joint Surgery British Volume*. 1998;80(5):825–832. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.80B5.8540>
120. Cinotti G, Gumina S, Giannicola G, Postacchini F. Contralateral recurrent lumbar disc herniation: results of discectomy compared with those in primary herniation. *Spine*. 1999;24(8):800–806. <https://doi.org/10.1097/00007632-199904150-00012>

121. Abumi K, Panjabi MM, Kramer KM, Duranceau J, Oxland T, Crisco JJ. Biomechanical evaluation of lumbar spinal stability after graded facetectomies. *Spine*. 1990;15(11):1142–1147. <https://doi.org/10.1097/00007632-199011010-00011>
122. Guha D, Heary RF, Shamji MF. Iatrogenic spondylolisthesis following laminectomy for degenerative lumbar stenosis: systematic review and current concepts. *Neurosurgical Focus*. 2015;39(4):E9. <https://doi.org/10.3171/2015.7.FOCUS15259>
123. Guan J, Ravindra VM, Schmidt MH, Dailey AT, Hood RS, Bisson EF. Comparing clinical outcomes of repeat discectomy versus fusion for recurrent disc herniation utilizing the N2QOD. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2017;26(1):39–44. <https://doi.org/10.3171/2016.5.SPINE1616>
124. Fu TS, Lai PL, Tsai TT, Niu CC, Chen LH, Chen WJ. Long-term results of disc excision for recurrent lumbar disc herniation with or without posterolateral fusion. *Spine*. 2005;30(24):2830–2834. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000190393.15369.94>
125. El Shazly AA, El Wardany MA, Morsi AM. Recurrent lumbar disc herniation: a prospective comparative study of three surgical management procedures. *Asian Journal of Neurosurgery*. 2013;8(3):139–146. <https://doi.org/10.4103/1793-5482.121685>
126. Abdu RW, Abdu WA, Pearson AM, Zhao W, Lurie JD, Weinstein JN. Reoperation for recurrent intervertebral disc herniation in the Spine Patient Outcomes Research Trial: analysis of rate, risk factors and outcomes. *Spine*. 2017;42(14):1106–1114. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000002088>
127. Leven D, Passias PG, Errico TJ, Lafage V, Bianco K, Lee A, Lurie JD, Tosteson TD, Zhao W, Spratt KF, Morgan TS, Gerling MC. Risk factors for reoperation in patients treated surgically for intervertebral disc herniation: a subanalysis of eight-year SPORT data. *Journal of Bone and Joint Surgery American Volume*. 2015;97(16):1316–1325. <https://doi.org/10.2106/JBJS.N.01287>
128. Weiner BK, Fraser RD. Spine update lumbar interbody cages. *Spine*. 1998;23(5):634–640. <https://doi.org/10.1097/00007632-199803010-00020>
129. Ray CD. Threaded titanium cages for lumbar interbody fusions. *Spine*. 1997;22(6):667–679; discussion 679–680. <https://doi.org/10.1097/00007632-199703150-00019>
130. Kuslich SD, Ulstrom CL, Griffith SL, Ahern JW, Dowdle JD. The Bagby and Kuslich method of lumbar interbody fusion: history, techniques, and 2-year follow-up results of a United States prospective, multicenter trial. *Spine*. 1998;23(11):1267–1278; discussion 1279. <https://doi.org/10.1097/00007632-199806010-00019>
131. Kuslich SD, Danielson G, Dowdle JD, Sherman J, Fredrickson B, Yuan H, Griffith SL. Four-year follow-up results of lumbar spine arthrodesis using the Bagby and Kuslich lumbar fusion cage. *Spine*. 2000;25(20):2656–2662. <https://doi.org/10.1097/00007632-200010150-00018>
132. Lavelle W, McLain RF, Rufo-Smith C, Gurd DP. Prospective Randomized Controlled Trial of The Stabilis Stand Alone Cage (SAC) Versus Bagby and Kuslich (BAK) Implants for Anterior Lumbar Interbody Fusion. *International Journal of Spine Surgery*. 2014;8:8. <https://doi.org/10.14444/1008>
133. Emstad E, Cardenas del Monaco D, Fielding LC, Block JE. The VariLift® Interbody Fusion System: expandable, standalone interbody fusion. *Medical Devices: Evidence and Research*. 2015;8:219–230. <https://doi.org/10.2147/MDER.S84715>
134. Burkus JK, Gornet MF, Dickman CA, Zdeblick TA. Anterior lumbar interbody fusion using rhBMP-2 with tapered interbody cages. *Journal of Spinal Disorders & Techniques*. 2002;15(5):337–349. <https://doi.org/10.1097/00024720-200210000-00001>
135. Burkus JK, Heim SE, Gornet MF, Zdeblick TA. Is INFUSE bone graft superior to autograft bone? An integrated analysis of clinical trials using the LT-CAGE lumbar tapered fusion device. *Journal of Spinal Disorders & Techniques*. 2003;16(2):113–122. <https://doi.org/10.1097/00024720-200304000-00001>

136. Mummaneni PV, Rodts GE Jr. The mini-open transforaminal lumbar interbody fusion. *Neurosurgery*. 2005;57(4 Suppl):256–261; discussion 256–261. <https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000176408.95304.F3>
137. Xiao YX, Chen QX, Li FC. Unilateral transforaminal lumbar interbody fusion: a review of the technique, indications and graft materials. *Journal of International Medical Research*. 2009;37(3):908–917. <https://doi.org/10.1177/147323000903700337>
138. Hsieh PC, Koski TR, O'Shaughnessy BA, Sugrue P, Salehi S, Ondra S, Liu JC. Anterior lumbar interbody fusion in comparison with transforaminal lumbar interbody fusion: implications for the restoration of foraminal height, local disc angle, lumbar lordosis, and sagittal balance. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2007;7(4):379–386. <https://doi.org/10.3171/SPI-07/10/379>
139. Phan K, Thayaparan GK, Mobbs RJ. Anterior lumbar interbody fusion versus transforaminal lumbar interbody fusion—systematic review and meta-analysis. *British Journal of Neurosurgery*. 2015;29(5):705–711. <https://doi.org/10.3109/02688697.2015.1036838>
140. Fujibayashi S, Hynes RA, Otsuki B, Kimura H, Takemoto M, Matsuda S. Effect of indirect neural decompression through oblique lateral interbody fusion for degenerative lumbar disease. *Spine*. 2015;40(3):E175–E182. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000000703>
141. Choi WS, Kim JS, Hur JW, Seong JH. Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion Using Banana-Shaped and Straight Cages: Radiological and Clinical Results from a Prospective Randomized Clinical Trial. *Neurosurgery*. 2018;82(3):289–298. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyx212>
142. Rapoff AJ, Ghanayem AJ, Zdeblick TA. Biomechanical comparison of posterior lumbar interbody fusion cages. *Spine*. 1997;22(20):2375–2379. <https://doi.org/10.1097/00007632-199710150-00010>
143. Polikeit A, Ferguson SJ, Nolte LP, Orr TE. The importance of the endplate for interbody cages in the lumbar spine. *European Spine Journal*. 2003;12(6):556–561. <https://doi.org/10.1007/s00586-003-0556-5>
144. Grant JP, Oxland TR, Dvorak MF. Mapping the structural properties of the lumbosacral vertebral endplates. *Spine*. 2001;26(8):889–896. <https://doi.org/10.1097/00007632-200104150-00012>
145. Kim MC, Chung HT, Cho JL, Kim DJ, Chung NS. Subsidence of polyetheretherketone cage after minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion. *Journal of Spinal Disorders & Techniques*. 2013;26(2):87–92. <https://doi.org/10.1097/BSD.0b013e318237b9b1>
146. Marchi L, Abdala N, Oliveira L, Amaral R, Coutinho E, Pimenta L. Radiographic and clinical evaluation of cage subsidence after stand-alone lateral interbody fusion. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2013;19(1):110–118. <https://doi.org/10.3171/2013.4.SPINE12319>
147. Tempel ZJ, McDowell MM, Panczykowski DM, Gandhoke GS, Hamilton DK, Okonkwo DO, Kanter AS. Graft subsidence as a predictor of revision surgery following stand-alone lateral lumbar interbody fusion. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2018;28(1):50–56. <https://doi.org/10.3171/2017.5.SPINE16427>
148. Park MK, Kim KT, Bang WS, Cho DC, Sung JK, Lee YS, Lee CK, Kim CH, Kwon BK, Lee WK, Han I. Risk factors for cage migration and cage retropulsion following transforaminal lumbar interbody fusion. *The Spine Journal*. 2019;19(3):437–447. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2018.08.007>
149. Peng L, Guo J, Zhang Z, Xu C, Zhang Y, Duan L, Wang Z. Risk Factors and Scoring System of Cage Retropulsion after Posterior Lumbar Interbody Fusion: A Retrospective Observational Study. *Orthopaedic Surgery*. 2021;13(3):855–862. <https://doi.org/10.1111/os.12987>

150. Rao PJ, Pelletier MH, Walsh WR, Mobbs RJ. Spine interbody implants: material selection and modification, functionalization and bioactivation of surfaces to improve osseointegration. *Orthopaedic Surgery*. 2014;6(2):81–89. <https://doi.org/10.1111/os.12098>
151. Kurtz SM, Devine JN. PEEK biomaterials in trauma, orthopedic, and spinal implants. *Biomaterials*. 2007;28(32):4845–4869. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2007.07.013>
152. Olivares-Navarrete R, Gittens RA, Schneider JM, Hyzy SL, Haithcock DA, Ullrich PF, Schwartz Z, Boyan BD. Osteoblasts exhibit a more differentiated phenotype and increased bone morphogenetic protein production on titanium alloy substrates than on poly-ether-ether-ketone. *The Spine Journal*. 2012;12(3):265–272. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2012.02.002>
153. Massaad E, Fatima N, Kiapour A, Hadzipasic M, Shankar GM, Shin JH. Polyetheretherketone Versus Titanium Cages for Posterior Lumbar Interbody Fusion: Meta-Analysis and Review of the Literature. *Neurospine*. 2020;17(1):125–135. <https://doi.org/10.14245/ns.2040058.029>
154. Lv ZT, Xu Y, Cao B, Dai J, Zhang SY, Huang JM, Liang S, Jiang FX. Titanium-coated PEEK Versus Uncoated PEEK Cages in Lumbar Interbody Fusion: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trial. *Clinical Spine Surgery*. 2022;36(5):198–209. <https://doi.org/10.1097/BSD.0000000000001378>
155. Patel NA, O'Bryant S, Rogers CD, Boyett CK, Chakravarti S, Gendreau J, Brown NJ, Pennington ZA, Hatcher NB, Kuo C, Diaz-Aguilar LD, Pham MH. Three-Dimensional-Printed Titanium Versus Polyetheretherketone Cages for Lumbar Interbody Fusion: A Systematic Review of Comparative In Vitro, Animal, and Human Studies. *Neurospine*. 2023;20(2):451–463. <https://doi.org/10.14245/ns.2346244.122>
156. Lee S, Kim JG, Kim HJ. Comparison of surgical outcomes between lumbar interbody fusions using expandable and static cages: a systematic review and meta-analysis. *The Spine Journal*. 2023;23(11):1593–1601. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2023.07.012>
157. Su YH, Wu PK, Wu MH, Wong KW, Li WW, Chou SH. Comparison of the Radiographic and Clinical Outcomes Between Expandable Cage and Static Cage for Transforaminal Lumbar Interbody Fusion: A Systematic Review and Meta-Analysis. *World Neurosurgery*. 2023;179:133–142. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2023.08.035>
158. Schoenfeld AJ, Weiner BK. Treatment of lumbar disc herniation: Evidence-based practice. *International Journal of General Medicine*. 2010;3:209–214. <https://doi.org/10.2147/IJGM.S12270>
159. Atlas SJ, Deyo RA, Keller RB, Chapin AM, Patrick DL, Long JM, Singer DE. The Maine Lumbar Spine Study, Part II. 1-year outcomes of surgical and nonsurgical management of sciatica. *Spine*. 1996;21(15):1777–1786. <https://doi.org/10.1097/00007632-199608010-00011>
160. Atlas SJ, Keller RB, Wu YA, Deyo RA, Singer DE. Long-term outcomes of surgical and nonsurgical management of sciatica secondary to a lumbar disc herniation: 10 year results from the Maine Lumbar Spine Study. *Spine*. 2005;30(8):927–935. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000158954.68522.2a>
161. Rickers KW, Pedersen PH, Tvedebrink T, Eiskjær SP. Comparison of interventions for lumbar disc herniation: a systematic review with network meta-analysis. *The Spine Journal*. 2021;21(10):1750–1762. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2021.02.022>
162. Wei FL, Li T, Gao QY, Yang Y, Gao HR, Qian JX, Zhou CP. Eight Surgical Interventions for Lumbar Disc Herniation: A Network Meta-Analysis on Complications. *Frontiers in Surgery*. 2021;8:679142. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2021.679142>
163. Gupta A, Chhabra HS, Nagarjuna D, Arora M. Comparison of Functional Outcomes Between Lumbar Interbody Fusion Surgery and Discectomy in Massive Lumbar Disc Herniation: A Retrospective Analysis. *Global Spine Journal*. 2021;11(5):690–696. <https://doi.org/10.1177/2192568220921829>

164. Austin PC. An Introduction to Propensity Score Methods for Reducing the Effects of Confounding in Observational Studies. *Multivariate Behavioral Research*. 2011;46(3):399–424. <https://doi.org/10.1080/00273171.2011.568786>
165. von Elm E, Altman DG, Egger M, Pocock SJ, Gøtzsche PC, Vandenbroucke JP; STROBE Initiative. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) Statement: Guidelines for Reporting Observational Studies. *PLOS Medicine*. 2007;4(10):e296. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.0040296>
166. Zhang H, Gao J, Xie Q, Zhang M. Comparison of 7 surgical interventions for recurrent lumbar disc herniation: A network meta-analysis and systematic review. *PLOS ONE*. 2025;20(3):e0309343. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0309343>
167. Mucuoglu AO, Dogu H, Akdemir H. Comparison of discectomy with and without fusion in the surgical treatment of recurrent lumbar disc herniation. *Neurosurgical Review*. 2025;48:542. <https://doi.org/10.1007/s10143-025-03687-8>
168. D’Oria S, Giraldi D, Murrone D, Salamone GG, Tomatis A, Colamaria A, Carbone F, Rossitto M, Fanelli V. Minimally Invasive Transforaminal Interbody Fusion Versus Microdiscectomy Without Fusion for Recurrent Lumbar Disk Herniation: A Prospective Comparative Study. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2023;31(18):e873–e881. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-23-00123>
169. Yao Y, Zhang H, Wu J, Liu H, Zhang Z, Tang Y, Zhou Y. Comparison of Three Minimally Invasive Spine Surgery Methods for Revision Surgery for Recurrent Herniation After Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy. *World Neurosurgery*. 2017;100:641–647.e1. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.01.089>
170. Hlubek RJ, Mundis GM Jr. Treatment for Recurrent Lumbar Disc Herniation. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*. 2017;10(4):517–520. <https://doi.org/10.1007/s12178-017-9450-3>
171. Kim CH, Chung CK, Park CS, Choi B, Kim MJ, Park BJ. Reoperation rate after surgery for lumbar herniated intervertebral disc disease: nationwide cohort study. *Spine*. 2013;38(7):581–590. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e318274f9a7>
172. Deyo RA, Mirza SK, Martin BI, Kreuter W, Goodman DC, Jarvik JG. Trends, major medical complications, and charges associated with surgery for lumbar spinal stenosis in older adults. *JAMA*. 2010;303(13):1259–1265. <https://doi.org/10.1001/jama.2010.338>
173. Rajaei SS, Bae HW, Kanim LEA, Delamarter RB. Spinal fusion in the United States: analysis of trends from 1998 to 2008. *Spine*. 2012;37(1):67–76. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31820cccfb>
174. Ghogawala Z, Dziura J, Butler WE, Dai F, Terrin N, Magge SN, et al. Laminectomy plus Fusion versus Laminectomy Alone for Lumbar Spondylolisthesis. *New England Journal of Medicine*. 2016;374(15):1424–1434. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1508788>
175. Försth P, Ólafsson G, Carlsson T, Frost A, Borgström F, Fritzell P, et al. A Randomized, Controlled Trial of Fusion Surgery for Lumbar Spinal Stenosis. *New England Journal of Medicine*. 2016;374(15):1413–1423. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1513721>
176. Phillips FM, Slosar PJ, Youssef JA, Andersson G, Papatheofanis F. Lumbar spine fusion for chronic low back pain due to degenerative disc disease: a systematic review. *Spine*. 2013;38(7):E409–E422. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3182877f11>
177. Fritzell P, Hägg O, Wessberg P, Nordwall A; Swedish Lumbar Spine Study Group. 2001 Volvo Award Winner in Clinical Studies: Lumbar Fusion Versus Nonsurgical Treatment for Chronic Low Back Pain. *Spine*. 2001;26(23):2521–2532. <https://doi.org/10.1097/00007632-200112010-00002>
178. Fritzell P, Hägg O, Nordwall A. Complications in lumbar fusion surgery for chronic low back pain: comparison of three surgical techniques used in a prospective randomized study. *European Spine Journal*. 2003;12(2):178–189. <https://doi.org/10.1007/s00586-002-0493-8>

179. Hilibrand AS, Robbins M. Adjacent segment degeneration and adjacent segment disease: the consequences of spinal fusion? *The Spine Journal*. 2004;4(6 Suppl):190S–194S. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2004.07.007>
180. Pull ter Gunne AF, Cohen DB. Incidence, prevalence, and analysis of risk factors for surgical site infection following adult spinal surgery. *Spine*. 2009;34(13):1422–1428. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181a03013>
181. Sardar ZM, Coury JR, Polly DW, Cheung KM, Lewis SJ; AO Spine Knowledge Forum Deformity. Osteoporosis in Adult Patients Undergoing Spinal Reconstructive Surgery: Associated Complications and Management. *Global Spine Journal*. 2025;15(3 Suppl):61S–74S. <https://doi.org/10.1177/21925682241289899>
182. Butrico C, Meisel HJ, Sage K. Patient Comorbidities, Their Influence on Lumbar Spinal Fusion Surgery, and Recommendations to Reduce Unfavorable Outcomes. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2024;32(24):1115–1121. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-23-01167>
183. Berman D, Oren JH, Bendo J, Spivak J. The Effect of Smoking on Spinal Fusion. *International Journal of Spine Surgery*. 2017;11(4):29. <https://doi.org/10.14444/4029>
184. Hägg O, Fritzell P, Nordwall A. The clinical importance of changes in outcome scores after treatment for chronic low back pain. *European Spine Journal*. 2003;12(1):12–20. <https://doi.org/10.1007/s00586-002-0464-0>
185. Solberg T, Johnsen LG, Nygaard ØP, Grotle M. Can we define success criteria for lumbar disc surgery? *Acta Orthopaedica*. 2013;84(2):196–201. <https://doi.org/10.3109/17453674.2013.786634>
186. Collins GS, Reitsma JB, Altman DG, Moons KGM. Transparent Reporting of a multivariable prediction model for Individual Prognosis Or Diagnosis (TRIPOD): The TRIPOD Statement. *Annals of Internal Medicine*. 2015;162(1):55–63. <https://doi.org/10.7326/M14-0697>
187. Arts MP, Kuršumović A, Miller LE, et al. Comparison of treatments for lumbar disc herniation: Systematic review with network meta-analysis. *Medicine*. 2019;98(7):e14410. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000014410>
188. Li J, Gössel L, Kunze B, Kessler O, Alharbi Y, Gärtner O, Mihalca VA, Krebs S, Dreimann M. Traumatic lumbar disc herniation: A systemic case review and meta-analysis. *Brain & Spine*. 2023;3:102350. <https://doi.org/10.1016/j.bas.2023.102350>
189. Lee HW, Kwon YM. Traumatic Intradural Lumbar Disc Herniation without Bone Injury. *Korean Journal of Spine*. 2013;10(3):181–184. <https://doi.org/10.14245/kjs.2013.10.3.181>
190. Javedan S, Sonntag VKH. Lumbar disc herniation: microsurgical approach. *Neurosurgery*. 2003;52(1):160–162; discussion 162–164. <https://doi.org/10.1097/00006123-200301000-00021>
191. Bailey CS, Rasoulinejad P, Taylor D, Sequeira K, Miller T, Watson J, et al. Discectomy Compared with Standardized Nonoperative Care for Chronic Sciatica Due to a Lumbar Disc Herniation: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Bone and Joint Surgery American Volume*. 2021;103(21):1943–1951. <https://doi.org/10.2106/JBJS.21.00448>
192. Zhang T, Guo N, Wang K, Gao G, Li Y, Gao F, Yang W, Wang Y, Wang Y. Comparison of outcomes between tubular microdiscectomy and conventional microdiscectomy for lumbar disc herniation: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2023;18:479. <https://doi.org/10.1186/s13018-023-03962-8>
193. Shriver MF, Xie JJ, Tye EY, Rosenbaum BP, Kshetry VR, Benzel EC, Mroz TE. Lumbar microdiscectomy complication rates: a systematic review and meta-analysis. *Neurosurgical Focus*. 2015;39(4):E6. <https://doi.org/10.3171/2015.7.FOCUS15281>
194. Bombieri FF, Shafafy R, Elsayed S. Complications associated with lumbar discectomy surgical techniques: a systematic review. *Journal of Spine Surgery*. 2022;8(3):377–389. <https://doi.org/10.21037/jss-21-59>

195. Stolke D, Sollmann WP, Seifert V. Intra- and postoperative complications in lumbar disc surgery. *Spine*. 1989;14(1):56–59. <https://doi.org/10.1097/00007632-198901000-00011>
196. Cammisa FP Jr, Girardi FP, Sangani PK, Parvataneni HK, Cadag S, Sandhu HS. Incidental durotomy in spine surgery. *Spine*. 2000;25(20):2663–2667. <https://doi.org/10.1097/00007632-200010150-00019>
197. Alshameeri ZAF, Jasani V. Risk Factors for Accidental Dural Tears in Spinal Surgery. *International Journal of Spine Surgery*. 2021;15(3):536–548. <https://doi.org/10.14444/8082>
198. Yao R, Zhou H, Choma TJ, Kwon BK, Street J. Surgical Site Infection in Spine Surgery: Who Is at Risk? *Global Spine Journal*. 2018;8(4 Suppl):5S–30S. <https://doi.org/10.1177/2192568218799056>
199. Chaniotakis C, Geyik M, Akgun MY, et al. Post-Discectomy Infection: A Critical Review and Suggestion of a Management Algorithm. *Journal of Clinical Medicine*. 2024;13(5):1478. <https://doi.org/10.3390/jcm13051478>
200. Park MK, Kim KT, Bang WS, Cho DC, Sung JK, Lee YS, Lee CK, Kim CH, Kwon BK, Lee WK, Han I. Risk factors for cage migration and cage retropulsion following transforaminal lumbar interbody fusion. *The Spine Journal*. 2019;19(3):437–447. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2018.08.007>
201. Hou Y, Shi H, Zhao T, Shi J, Shi G. A meta-analysis of risk factors for cage migration after lumbar fusion surgery. *World Neurosurgery*: X. 2023;18:100152. <https://doi.org/10.1016/j.wnsx.2023.100152>
202. Peng L, Guo J, Lu JP, Jin S, Wang P, Shen HY. Risk Factors and Scoring System of Cage Retropulsion after Posterior Lumbar Interbody Fusion: A Retrospective Observational Study. *Orthopaedic Surgery*. 2021;13(3):855–862. <https://doi.org/10.1111/os.12987>
203. Amorim-Barbosa T, Pereira C, Catelas D, et al. Risk factors for cage subsidence and clinical outcomes after transforaminal and posterior lumbar interbody fusion. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*. 2022;32(7):1291–1299. <https://doi.org/10.1007/s00590-021-03103-z>
204. Bi F, Chen W, Yu J. Risk Factors for Cage Subsidence After Transforaminal Lumbar Interbody Fusion: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Clinical Spine Surgery*. 2026;39(2):71–78. <https://doi.org/10.1097/BSD.0000000000001819>
205. Yang S, Zhou B, Mo J, He R, Mei K, Zeng Z, et al. Risk factors affecting spinal fusion: A meta-analysis of 39 cohort studies. *PLOS ONE*. 2024;19(6):e0304473. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0304473>
206. Berman D, Oren JH, Bendo J, Spivak J. The Effect of Smoking on Spinal Fusion. *International Journal of Spine Surgery*. 2017;11(4):29. <https://doi.org/10.14444/4029>
207. Luo W, Sun R, Jiang H, Ma X. The effect of diabetes on perioperative complications following spinal surgery: a meta-analysis. *Therapeutics and Clinical Risk Management*. 2018;14:2415–2423. <https://doi.org/10.2147/TCRM.S185221>
208. den Boer JJ, Oostendorp RAB, Beems T, Munneke M, Oerlemans M, Evers AWM. A systematic review of bio-psychosocial risk factors for an unfavourable outcome after lumbar disc surgery. *European Spine Journal*. 2006;15(5):527–536. <https://doi.org/10.1007/s00586-005-0910-x>
209. Celestin J, Edwards RR, Jamison RN. Pretreatment psychosocial variables as predictors of outcomes following lumbar surgery and spinal cord stimulation: a systematic review and literature synthesis. *Pain Medicine*. 2009;10(4):639–653. <https://doi.org/10.1111/j.1526-4637.2009.00632.x>
210. Petrucci G, Papalia GF, Ambrosio L, et al. The influence of psychological factors on postoperative clinical outcomes in patients undergoing lumbar spine surgery: a systematic review and meta-analysis. *European Spine Journal*. 2025;34(4):1409–1419. <https://doi.org/10.1007/s00586-025-08733-z>
211. Harrop JS, Mohamed B, Bisson EF, Dhall S, Dimar J, Mummaneni PV, Wang MC, Hoh DJ. Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based

- Guidelines for Perioperative Spine: Preoperative Surgical Risk Assessment. *Neurosurgery*. 2021;89(Suppl 1):S9–S18. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyab316>
212. Oosterhuis T, Costa LOP, Maher CG, de Vet HCW, van Tulder MW, Ostelo RWJG. Rehabilitation after lumbar disc surgery. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2014;(3):CD003007. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003007.pub3>
 213. Manni T, Ferri N, Vanti C, Ferrari S, Cuoghi I, Gaeta C, Sgaravatti I, Pillastrini P. Rehabilitation after lumbar spine surgery in adults: a systematic review with meta-analysis. *Archives of Physiotherapy*. 2023;13(1):21. <https://doi.org/10.1186/s40945-023-00175-4>
 214. Danielsen JM, Johnsen R, Kibsgaard SK, Hellevik E. Early aggressive exercise for postoperative rehabilitation after discectomy. *Spine*. 2000;25(8):1015–1020. <https://doi.org/10.1097/00007632-200004150-00017>
 215. Kjellby-Wendt G, Styf J, Carlsson SG. Early active rehabilitation after surgery for lumbar disc herniation: a prospective, randomized study of psychometric assessment in 50 patients. *Acta Orthopaedica Scandinavica*. 2001;72(5):518–524. <https://doi.org/10.1080/000164701753532871>
 216. Newsome RJ, May S, Chiverton N, Cole AA. A prospective, randomised trial of immediate exercise following lumbar microdiscectomy: a preliminary study. *Physiotherapy*. 2009;95(4):273–279. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2009.06.004>
 217. Greenwood J, McGregor A, Jones F, Mullane J, Hurley M. Rehabilitation following lumbar fusion surgery (REFS): a randomised controlled feasibility study. *European Spine Journal*. 2019;28(4):735–744. <https://doi.org/10.1007/s00586-019-05913-6>
 218. Glassman SD, Copay AG, Berven SH, Polly DW Jr, Subach BR, Carreon LY. Defining substantial clinical benefit following lumbar spine arthrodesis. *Journal of Bone and Joint Surgery American Volume*. 2008;90(9):1839–1847. <https://doi.org/10.2106/JBJS.G.01095>
 219. Solberg TK, Johnsen LG, Nygaard ØP, Grotle M. Can we define success criteria for lumbar disc surgery? Estimates for a substantial amount of improvement in core outcome measures. *Acta Orthopaedica*. 2013;84(2):196–201. <https://doi.org/10.3109/17453674.2013.786634>
 220. Ostelo RWJG, Deyo RA, Stratford P, Waddell G, Croft P, Von Korf M, Bouter LM, de Vet HCW. Interpreting change scores for pain and functional status in low back pain: towards international consensus regarding minimal important change. *Spine*. 2008;33(1):90–94. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31815e3a10>
 221. Deyo RA, Dworkin SF, Amtmann D, Andersson G, Borenstein D, Carragee E, et al. Report of the NIH Task Force on Research Standards for Chronic Low Back Pain. *The Spine Journal*. 2014;14(8):1375–1391. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2014.05.002>
 222. Solberg TK, Nygaard ØP, Sjaavik K, Hofoss D, Ingebrigtsen T. The risk of "getting worse" after lumbar microdiscectomy. *European Spine Journal*. 2005;14(1):49–54. <https://doi.org/10.1007/s00586-004-0721-5>