

УДК 616.711-001.36-036.87(048.8)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-598720261101-108>

Фактори ризику рецидиву грижі міжхребцевого диска поперекового відділу хребта після первинної ендоскопічної трансфорамінальної дискектомії. Повідомлення 2

В. К. Піонтковський¹, В. А. Колесніченко², М. Б. Гольбаум³¹ ДУ «Інститут загальної та невідкладної хірургії ім. В.Т. Зайцева НАМН України»² Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна. Україна³ ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», Харків

Recurrence of lumbar disc herniation (LDH) after primary endoscopic transforaminal discectomy (PETD) is diagnosed in 3.8–15 % of cases. Objective. To study preoperative radiographic and MRI signs that potentiate LDH recurrence after PETD. Methods The study material consisted of articles identifying radiographic and MRI risk factors for recurrent LDH after PETD between 2015 and 2025 in the PubMed, Google Scholar, and Medline databases. The study method was a systematic review of relevant literature sources. Results. The level of LDH does not influence the incidence of rLDH, although some authors consider the presence of a disc herniation in the upper lumbar spine as a risk factor for recurrence. rLDH is significantly more frequently recorded with primary disc protrusion; in cases of migrated disc herniation, the risk of rLDH significantly increases with large intracanal displacement of disc material extending beyond the inferior margin of the superior or inferior vertebral pedicle. The use of PETD for resection of central disc herniations most often results in recurrent LDH (compared to foraminal, extraforaminal, and migratory) due to technical errors. A study of disc height index dynamics in the pre- and postoperative periods and the degree of Modic type endplate degeneration showed that the less severe the degenerative processes in the prolapsed intervertebral disc, the higher the risk of herniation recurrence after PETD. Conclusions. Recurrence disc herniation after PETD is significantly more common in cases of primary protrusion and significantly increases with large annular defects (≥ 6 mm). rLDH is significantly more common in discs with moderate degenerative changes, with a disc height index of approximately 0.37 ± 0.09 and Modic type 1. Keywords. Primary endoscopic transforaminal discectomy, recurrent lumbar disc herniation, risk factors, lumbar segment morphometry, degenerative changes in lumbar intervertebral disc.

Рецидив грижі міжхребцевого диска (ГМД) поперекового відділу хребта (ПВХ) після первинної ендоскопічної трансфорамінальної дискектомії (ПЕТД) діагностується в 3,8–15 % випадків. Мета. Вивчити на передопераційному етапі рентгенологічні та МРТ-ознаки, які потенціюють рецидив ГМД ПВХ після ПЕТД. Методи. Проаналізовано статті, які містять визначення рентгенологічних і МРТ-факторів ризику рецидиву грижі міжхребцевого диска (рГМД) ПВХ після ПЕТД, за період 2015–2025 р. у базах даних PubMed, Google Scholar, Medline. Здійснено систематичний огляд релевантних джерел літератури. Результати. Рівень грижі міжхребцевого диска ПВХ не впливає на частоту рГМД, хоча окремі автори розглядають її наявність у верхньоперековому відділі як ризик рецидивування. Значущо частіше рГМД реєструється в разі первинної протрузії диска; у разі грижі, яка мігрувала, ризик рГМД достовірно зростає за умов значного інтраканального зміщення матеріалу диска, який виходить за межі нижнього краю верхньої або нижньої ніжки хребця. Використання ПЕТД для резекції центральних гриж дисків найчастіше призводить до рГМД через технічні помилки. Вивчення динаміки індексу висоти диска в перед- та післяопераційному періодах та ступеня дегенерації замикальних пластинок диска за типом Modic показало, що чим менш виражені дегенеративні процеси, тим вище ризик рецидиву грижі після ПЕТД. Висновки. рГМД після ПЕТД достовірно частіше реєструється в разі первинної протрузії і достовірно зростає за умов значних дефектів фіброзного кільця. Значимо частіше ГМД рецидивує в дисках із помірно вираженими дегенеративними змінами з індексом висоти диска приблизно $0,37 \pm 0,09$ та типом Modic 1.

Ключові слова. Первинна ендоскопічна трансфорамінальна дискектомія, рецидив грижі міжхребцевого диска поперекового відділу хребта, фактори ризику, морфометрія поперекового сегмента, дегенеративні зміни міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта

Вступ

Перкутанна трансфорамінальна ендоскопічна дискектомія (ПЕТД) є одним із розповсюджених й успішних сучасних методів малоінвазивного хірургічного лікування гриж міжхребцевих дисків (ГМД) поперекового відділу хребта (ПВХ). Перевагами ПЕТД є мінімальна травматичність, менша кровотеча, чисте операційне поле [1], можливість збереження заднього зв'язкового комплексу й інших біомеханічних структур [2], проведення хірургічного втручання в низці випадків під місцевою анестезією [3], відносно низькі хірургічні витрати [4] й високий рівень задоволеності пацієнтів [5].

Незважаючи на постійний розвиток та удосконалення методики ендоскопічної дискектомії ГМД [6, 7], є повідомлення про несприятливі результати лікування [8–11]. Одним із найчастіших ускладнень ПЕТД є рецидивуюча грижа міжхребцевого диска (рГМД), частота утворення якої в літературі варіює в достатньо широких межах: 3,8–7,4 % [12], 1,4–11,4 % [13], 5–15 % [14]. Вона найчастіша причина повторних операцій, загальна частота яких досягає 5,2–19 % і зростає зі збільшенням тривалості спостереження [13, 15], при цьому реоперації в більш ранні терміни частіше проводились у пацієнтів старшого віку [16]. Повторне хірургічне втручання, хоч і залишається ефективним, нерідко пов'язане з гіршим функціональним результатом, потенціює необхідність наступної реоперації, часто ускладнюється формуванням епідуральних рубців [17, 18], що підвищує ризик розривів твердої мозкової оболонки або ушкодження нервів [19, 20]. Крім того, видалення задньої структури хребця може збільшити ризик розвитку сегментарної нестабільності [21]. І повторна операція, і клінічні симптоми, пов'язані з рГМД, мають негативний психологічний вплив [22] та суттєвий економічний тиск на пацієнтів [23]. Тому виявлення факторів ризику рГМД після ПЕТД має важливе клінічне значення для розробки хірургічних протоколів, коректного підбору хворих і підвищення ефективності ендоскопічної трансфорамінальної дискектомії.

Фактори ризику рГМД після первинної трансфорамінальної дискектомії наведені в значній кількості літературних джерел нерідко зі суперечливими результатами [22, 24–28]. У нашому попередньому огляді літератури щодо клінічних факторів ризику рГМД найбільш вірогідними виявилися вік > 50 років, індекс маси тіла > 25 кг/м²,

термін первинної дискектомії > 8 тижнів із моменту клінічної маніфестації [29].

Мета: вивчити рентгенологічні та МРТ-ознаки, які потенціують рецидивуючу грижу міжхребцевого диска поперекового відділу хребта після перкутанної трансфорамінальної ендоскопічної дискектомії.

Матеріал і методи

Матеріал дослідження — фахові статті, що містять визначення рентгенологічних і МРТ-ознак, які розглядаються як фактори ризику рецидиву грижі міжхребцевого диска поперекового відділу хребта після первинної ПЕТД, за період 2015–2024 р. у базах даних PubMed, Google Scholar, Medline з використанням медичних предметних рубрик і ключових слів «рецидивуюча грижа міжхребцевого диска поперекового відділу хребта», «малоінвазивні хірургічні втручання на поперековому відділі хребта», «перкутанна ендоскопічна поперекова дискектомія», «перкутанна ендоскопічна трансфорамінальна дискектомія», «повторна операція», «повторна дискектомія», «рентгенологічні фактори ризику рецидиву грижі міжхребцевого диска поперекового відділу хребта», «морфометрія поперекових хребтових сегментів», «МРТ-ознаки дегенерації міжхребцевих дисків», «recurrent lumbar disc herniation», «minimally invasive lumbar spine surgery», «percutaneous endoscopic lumbar discectomy», «percutaneous endoscopic transforaminal discectomy», «re-operation», «rediscectomy», «radiological risk factor for recurrent lumbar disc herniation», «morphometry of lumbar vertebral segments», «MRI signs of intervertebral disc degeneration».

Рецидив грижі міжхребцевого диска був визначений як підтверджена методами візуалізації (рентгенографія/КТ/МРТ) повторна симптоматична ГМД на рівні первинної дискектомії з радикулалгією, іпсилатеральною до передопераційної, що приводить до повторної операції [12].

Критерії включення: статті щодо результатів визначення рентгенологічних і МРТ-факторів ризику рецидиву моносегментарної ГМД ПВХ після первинної ПЕТД. Критерії виключення: публікації про наслідки відкритого хірургічного лікування ГМД ПВХ, відкрита й ендоскопічна дискектомія полісегментарних і повторно рецидивуючих ГМД ПВХ.

Метод дослідження – систематичний огляд релевантних джерел літератури.

Результати та їх обговорення

Рівень грижі міжхребцевого диска

У літературі превалює думка щодо відсутності зв'язку між рівнем грижі міжхребцевого диска ПВХ і частотою її рецидивування [22, 30–32]. Більш інтенсивну доопераційну радикулалгію та достатньо тривалий (до 1 міс.) післяопераційний больовий синдром у пацієнтів із екстрафорамінальними та форамінальними грижами L_{IV}–L_V дисків пов'язують із компресією або ірітацією ганглія задніх корінців спинномозкових нервів речовиною дисків [30, 33]. Окремі автори розглядають локалізацію грижі міжхребцевого диска у верхньопоперековому відділі як фактор ризику рГМД [34].

Тип грижі міжхребцевого диска

Рецидив ГМД достовірно частіше реєструється в разі первинної протрузії матеріала диска, коли через широку шийку грижі дефект фіброзного кільця (ФК) має ширший розмір [35]. Первинна екструзія міжхребцевого диска, як транслігаментарна, так і сублігаментарна, не потенціює ризик рГМД [36]. У випадках грижі, що мігрувала, цей ризик достовірно зростає за умов значного інтраканального зміщення матеріалу диска, який виходить за межі нижнього краю верхньої або нижньої ніжки хребця [37–39].

У разі використання традиційного трансфорамінального доступу повна резекція матеріалу грижі диска, яка мігрувала, утруднена через технічні складнощі захвату дистального фрагмента диска [40]. Останнім часом у таких випадках пропонуються модифіковані оперативні техніки зі застосуванням прицільної пункції та фораміотомії [38], супрапедикулярного ретрокорпорального доступу [41], мобільної техніки «зовні-всередину» [42]. Використання більшості з цих методик є доцільнішим за ПЕТД мігруючих гриж нижньопоперекових міжхребцевих дисків [38, 43]. Ендоскопічна дискектомія ГМД у верхніх поперекових сегментах частіше виконується через інтерламинарний доступ [39, 44].

Ризик рГМД достовірно зростає в разі значних дефектів ФК (≥ 6 мм) [45, 46] з ірітацією нервового корінця з клінічно значущою післяопераційною радикулалгією [47]. Крім того, через дефекти фіброзного кільця можливий контакт запальних медіаторів із корінцями спинномозкових нервів із розвитком хімічного радикуліту [48].

Для запобігання повторного випадання матеріалу диска виконується агресивна дискектомія з видаленням якомога більшої частини драглис-

того ядра [49]. Недоліками цієї методики є швидше зменшення висоти міжхребцевого диска та прискорення його дегенерації [48, 50].

Локалізація грижі міжхребцевого диска

Рецидиви ГМД ПВХ після ПЕТД найчастіше реєструються після резекції центральних гриж дисків, основна причина цього ускладнення — технічні помилки [51, 52]. У минулому наявність центральної грижі диска була протипоказом до застосування ПЕТД через розташування робочої зони близько до задньої серединної лінії з положенням ендоскопа під кутом через складну візуальну диференціацію м'яких тканин [51], що могло призводити до ушкодження корінця спинномозкового нерва, а також неповного видалення матеріалу грижі диска [42, 51]. Надалі з удосконаленням техніки ПЕТД резекція центральної грижі диска виконувалася з використанням форамінопластики. У цьому випадку завдяки новосформованому розширеному міжхребцевому отвору досягається повноцінний огляд центральної грижі диска, прилеглого скомпрометованого нервового, а також, за необхідності, і контралатерального корінця спинномозкового нерва за принципом «односторонній доступ, двостороння декомпресія» [51]. Наявність ГМД іншої локалізації (форамінальних, екстрафорамінальних), а також мігруючих гриж не впливає на частоту рецидивування після ПЕТД [38, 43, 53, 54].

Висота міжхребцевого диска

Висота міжхребцевого диска (ВМД) визначається через абсолютний та відносний показники. Абсолютний — це середня арифметична величина висоти диска в передньому та задньому відділах, або у передньому, середньому та задньому [55]. Як предиктор рГМД розглядається динаміка ВМД у перед- та післяопераційному періодах, яка зменшується приблизно на 0,8 мм після видалення граму тканини диска під час дискектомії [56], і чим нижче ВМД у найближчому післяопераційному періоді (порівняно з показником до хірургічного втручання), тим агресивнішою була дискектомія [55]. Частота рГМД після обмеженої дискектомії у 2 рази перевищувала кількість рецидивів після агресивної дискектомії [57, 58]. Слід зазначити, що оптимальний обсяг грижі диска, який необхідно видалити для досягнення найкращих клінічних результатів, залишається неясним [55]. Зниження ВМД у динаміці [29, 47] супроводжується інклінацією, а згодом і гіперплазією суглобових відростків та їх фасеток, що у віддаленому післяопераційному періоді

може спричинити розвиток клінічно значущого спондилоартрозу [59].

Відносний показник ВМД — це індекс висоти міжхребцевого диска (ІВМД), який обчислюється як співвідношення висоти диска до висоти або ширини вищерозташованого хребця [55]. Незалежно від методики обчислення, вищі значення ІВМД на рівні хірургічного втручання достовірно корелюють зі збільшенням частоти рГМД після ПЕТД [25, 35, 36, 55]. Так, через 48 міс. після операції ІВМД у середньому складав $0,37 \pm 0,09$ у групі з рецидивом грижі диска та $0,29 \pm 0,09$ у пацієнтів без рГМД [25]; $0,35 \pm 0,007$ та $0,26 \pm 0,002$ відповідно [55]. Іншими словами, чим менш виражені дегенеративні процеси в міжхребцевому диску, який пролабував, тим вище ризик рецидиву грижі після ПЕТД.

Вищі значення ІВМД відповідають помірним дегенеративним змінам у міжхребцевому диску. Гіпоінтенсивний сигнал від драглистого ядра диска, що пролабував, на Т2-зваженому зображенні під час МРТ [60] свідчить про збереження певної кількості гідрофільних глікозаміногліканів в екстрацелюлярному матриксі драглистого ядра [61] й неушкодженого колагену переважно в передній частині фіброзного кільця [62]. Структурно-функціональні властивості міжхребцевого диска частково збережені; його тканини здатні підтримувати певний онкотичний тиск [63]. Проте наявність структурного дефекту диска призводить до зниження його механічної жорсткості з появою надмірної сегментарної рухливості. Дискотомія в умовах такого «латентно нестабільного сегмента [55]» («сегмента з мікронестабільністю [64]») спричинює прогресування дегенерації диска з розвитком стійкого хронічного болювого синдрому [56], рГМД [25, 35, 36, 55], потенціює нестабільність оперованого сегмента [65, 66].

Структурні зміни у тканинах диска з грижею на пізній стадії дегенерації характеризуються збільшенням кількості фіброзно-хрящових і гіпертрофічних клітин у матриксі драглистого ядра, значною втратою об'єму диска, зростанням загальної товщини пластинок і деградацією шарів фіброзного кільця [67], що візуалізується МРТ-картиною «сірого/чорного диска» [68]. Фібротизація міжхребцевого диска, яка формується, супроводжується поступовою втратою рухової функції хребтового сегмента. Рестабілізація сегмента відбувається за умов колапсу диска зі зниженням його висоти більш ніж на 50 %, що корелює з ІВМД приблизно 0,15 [55]. Отже, зв'язок

між ІВМД і рГМД зумовлений взаємозалежністю процесів структурної деградації тканин диска та їхніх біомеханічних наслідків.

МРТ-ознаки дегенерації міжхребцевих дисків

Ступінь дегенерації міжхребцевих дисків визначається на МРТ-сканах за типом Modic [69] та класифікацією Pfirrmann [70]. Модифікації за типом Modic віддзеркалюють зміни замикальних пластин (ЗП) та кісткового мозку тіл хребців, суміжних із міжхребцевим диском, які визначаються на основі перебудови інтенсивності сигналу на Т1- та Т2-зважених томограмах і корелюють із гістологічними даними [36] та дегенерацією диска [71]. Зміни типу Modic 1 пов'язані з розшаруванням, мікротріщинами ЗП і набряком кісткового мозку; типу 2 — із жировою дистрофією кісткового мозку [69]; за 3 — зі склерозом ЗП і субхондральної кістки [72]. У літературі висловлюється практично одноставна думка про достовірний зв'язок вищої частоти рГМД у диску з типом Modic 1 [12, 22, 27, 36, 37, 73, 74], який зумовлений ушкодженням ЗП та набряком кісткового мозку, що спричинює збільшення внутрішньокісткового тиску в тілі хребця [75] з відповідним підвищенням онкотичного тиску в диску, що призводить до переміщення речовини драглистого ядра крізь тріщини фіброзного кільця й ЗП, потенціуючи формування рГМД [76].

Класифікація МРТ-оцінки ступеня дегенерації міжхребцевого диска за Pfirrmann на сагітальних Т2-зважених томограмах містить наступні якісні показники: інтенсивність сигналу від драглистого ядра та гомогенність його структури; диференціація зображень драглистого ядра й фіброзного кільця; висота міжхребцевого диска. Розрізняють 5 стадій дегенерації диска, де I — це МРТ-зображення диска в нормі, V — пізня стадія дегенерації з втратою структури та колапсом диска [70]. Взаємозв'язок частоти рГМД після ПЕТД зі ступенем дегенерації диска за класифікацією Pfirrmann у літературі оцінюється неоднозначно. Одні автори не виявили значущої кореляції між цими показниками [36, 43], інші встановили достовірний зв'язок за умов дегенерації диска за Pfirrmann $\geq IV$ [22, 77, 78], III [75] або $\geq III$ стадії [79]. Іншими словами, у більшості повідомлень частота рГМД за класифікацією Pfirrmann достовірно більша в диску з пізньою стадією дегенерації, тоді як висота диска, ІВМД та тип Modic корелюють із частотою рГМД у разі помірної дегенерації його тканин. Такі суперечливі результати можна пояснити недостатньою дискретністю критеріїв Pfirrmann [80, 81] та їх

неповною відповідністю морфологічним, зокрема інволютивним ознакам [82, 83], що зазначали і самі автори цієї класифікації [70]. J. F. Griffith зі співавт. розробили модифіковану класифікацію Pfirrmann, яка містить 8 ступенів і базується на інтерпретації сагітальних T2-зважених томограм за трьома основними критеріями: інтенсивність сигналу від драглистого ядра та внутрішніх волокон ФК (1–3 ступені); диференціація зображень внутрішніх і зовнішніх волокон ФК на задньому краю диска (4, 5 ступені); зниження висоти диска (6–8 ступені) [80]. Хоча класифікація Griffith [80] дегенерації міжхребцевого диска більш деталізована, вона не набула широкої розповсюженості.

Висновки

Рецидив грижі міжхребцевого диска після ПЕТД достовірно частіше реєструється за первинної протрузії і зростає в разі значних дефектів фіброзного кільця (≥ 6 мм). Рецидиви гриж дисків здебільшого спостерігаються після резекції центральних гриж дисків через технічні помилки. Рівень грижі диска не впливає на частоту рецидиву.

Достовірно частіше рГМД після ПЕТД формуються в дисках із помірно вираженими дегенеративними змінами з індексом висоти приблизно $0,37 \pm 0,09$ та типом Modic 1. Дані щодо взаємозв'язку частоти рГМД та ступеня дегенерації диска за класифікацією Pfirrmann суперечливі.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Перспективи подальших досліджень. На сьогодні є актуальним аналіз літератури щодо впливу рентгенологічних, у тому числі рентгенометричних показників на частоту рецидивних гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта.

Інформація про фінансування. Жодної вигоди у будь-якій формі не було і не буде отримано від комерційної сторони, пов'язаної прямо чи опосередковано з предметом цієї статті.

Внесок авторів. Піонтовський В. К. — концепція і дизайн, аналіз отриманих даних; Колесніченко В. А. — концепція і дизайн, літературний пошук; Гольбаум М. Б. — аналіз отриманих даних, обробка матеріалів, редагування тексту.

Список літератури

- Jarebi, M., Awaf, A., Lefranc, M., & Peltier, J. (2021). A matched comparison of outcomes between percutaneous endoscopic lumbar discectomy and open lumbar microdiscectomy for the treatment of lumbar disc herniation: A 2-year retrospective cohort study. *The spine journal*, 21(1), 114–121. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2020.07.005>
- Jang, J. N., Song, Y., Kim, J. W., & Kim, Y. U. (2023). Comparison of ligamentum flavum thickness between central and lateral lesions in a patient with central lumbar spinal canal stenosis. *Medicine*, 102(33), e34873. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000034873>
- Mooney, J., Laskay, N., Erickson, N., Salehani, A., Mahavadi, A., Ilyas, A., Mainali, B., Nowak, B., & Godzik, J. (2022). General vs local anesthesia for percutaneous endoscopic lumbar Discectomy (PELD): A systematic review and meta-analysis. *Global spine journal*, 13(6), 1671–1688. <https://doi.org/10.1177/21925682221147868>
- Droeghaag, R., Schuermans, V. N., Hermans, S. M., Smeets, A. Y., Caelters, I. J., Hilgsmann, M., Evers, S., Van Hemert, W. L., & Van Santbrink, H. (2023). Methodology of economic evaluations in spine surgery: A systematic review and qualitative assessment. *BMJ open*, 13(3), e067871. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-067871>
- Dandurand, C., Mashayekhi, M. S., McIntosh, G., Singh, S., Paquet, J., Chaudhry, H., Abraham, E., Bailey, C. S., Weber, M. H., Johnson, M. G., Nataraj, A., Attabib, N., Kelly, A., Hall, H., Rampersaud, Y. R., Manson, N., Phan, P., Thomas, K., Fisher, C., ... Dea, N. (2023). Cost consequence analysis of waiting for lumbar disc herniation surgery. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31029-5>
- Abdulla Hasan, G., & Hayder Qatran, M. (2023). Endoscopic spine surgery: The next golden standard technique in spinal surgeries. *Frontiers in spinal neurosurgery*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1001469>
- Khandge, A. V., Sharma, S. B., & Kim, J. (2021). The evolution of Transforaminal endoscopic spine surgery. *World neurosurgery*, 145, 643–656. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.08.096>
- Chen, Z., Zhang, L., Dong, J., Xie, P., Liu, B., Chen, R., Li, S., Liu, Z., Yang, B., Feng, F., He, L., Yang, Y., Pang, M., & Rong, L. (2022). Percutaneous Transforaminal endoscopic Discectomy versus Microendoscopic Discectomy for lumbar disk Herniation: Five-year results of a randomized controlled trial. *Spine*, 48(2), 79–88. <https://doi.org/10.1097/brs.0000000000004468>
- Ju, C. I., & Lee, S. M. (2023). Complications and management of endoscopic spinal surgery. *Neurospine*, 20(1), 56–77. <https://doi.org/10.14245/ns.2346226.113>
- Yang, C., Chen, C., Lin, M. H., Huang, W., Lee, M., Kim, J., & Chen, K. (2022). Complications of full-endoscopic lumbar Discectomy versus open lumbar Microdiscectomy: A systematic review and meta-analysis. *World neurosurgery*, 168, 333–348. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2022.06.023>
- Chen, Q., Zhang, Z., Liu, B., & Liu, S. (2020). Evaluation of percutaneous Transforaminal endoscopic Discectomy in the treatment of lumbar disc Herniation: A retrospective study. *Orthopaedic surgery*, 13(2), 599–607. <https://doi.org/10.1111/os.12839>
- Zileli, M., Oertel, J., Sharif, S., & Zygorakis, C. (2024). Lumbar disc herniation: Prevention and treatment of recurrence: WFNS spine committee recommendations. *World neurosurgery*: X, 22, 100275. <https://doi.org/10.1016/j.wnsx.2024.100275>
- Hassan Kadri, Mohamad Shehadeh Agha, Raed Abouharb, Rostom Mackieh, Ahmad Atto, & Tim Kadri. (2024). Is spinal fusion the preferred treatment for recurrent lumbar disc herniation of the lumbar spine? *World journal of biology pharmacy and health sciences*, 18(3), 303–308. <https://doi.org/10.30574/wjbphs.2024.18.3.0247>
- Gupta, A., Chhabra, H. S., Nagarjuna, D., & Arora, M. (2020). Comparison of functional outcomes between lumbar Interbody fusion surgery and Discectomy in massive lumbar disc Herniation: A retrospective analysis. *Global spine journal*, 11(5), 690–696. <https://doi.org/10.1177/2192568220921829>
- Yoshihara, H., Chatterjee, D., Paulino, C. B., & Errico, T. J. (2016). Revision surgery for “Real” recurrent lumbar disk Herniation. *Clinical spine surgery: a spine publication*, 29(3), 111–118. <https://doi.org/10.1097/bsd.0000000000000365>
- Siccoli, A., Schröder, M. L., & Staartjes, V. E. (2020). Association of age with incidence and timing of recurrence after microdiscectomy for lumbar disc herniation. *European spine journal*, 30(4), 893–898. <https://doi.org/10.1007/s00586-020-06692-1>

17. Hoang, R., Song, J., Tiao, J., Trent, S., Ngan, A., Hoang, T., Kim, J. S., Cho, S. K., Hecht, A. C., Essig, D., Virk, S., & Katz, A. D. (2024). Comparison of postoperative complications and outcomes following primary versus revision discectomy: A national database analysis. *Journal of Craniovertebral Junction and Spine*, 15(3), 303–307. https://doi.org/10.4103/jcvjs.jcvjs_97_24
18. Aihara, T., Kōjima, A., Urushibara, M., Endo, K., Sawaji, Y., Suzuki, H., Nishimura, H., Murata, K., Konishi, T., & Yamamoto, K. (2022). Long-term reoperation rates and causes for reoperations following lumbar microendoscopic discectomy and decompression: 10-year follow-up. *Journal of clinical neuroscience*, 95, 123–128. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2021.11.015>
19. Luo, L., Zhao, C., Li, P., Liu, L., Zhou, Q., Luo, F., & Liang, L. (2021). Posterior dynamic stabilization with limited Rediscectomy for recurrent lumbar disc Herniation. *Pain research and management*, 2021, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2021/1288246>
20. Heo, D. H., Ha, J. S., Lee, D. C., Kim, H. S., & Chung, H. J. (2020). Repair of incidental Durotomy using Sutureless Non-penetrating clips via Biptoral endoscopic surgery. *Global spine journal*, 12(3), 452–457. <https://doi.org/10.1177/2192568220956606>
21. Arif, S., Brady, Z., Enchev, Y., & Peev, N. (2020). Is fusion the most suitable treatment option for recurrent lumbar disc herniation? A systematic review. *Neurological research*, 42(12), 1034–1042. <https://doi.org/10.1080/01616412.2020.1787661>
22. Zhao, J., Zeng, L., Zhao, S., Liang, G., Sha, B., Fu, H., Yang, W., Liu, J., & Zeng, Y. (2024). Associations of recurrent lumbar disc herniation after percutaneous endoscopic lumbar discectomy with age, body mass index, modic change, disc degeneration and sacral slope: A quantitative review. *Experimental and therapeutic medicine*, 27(5). <https://doi.org/10.3892/etm.2024.12483>
23. Droeghaag, R., Schuermans, V. N., Hermans, S. M., Smeets, A. Y., Caelers, I. J., Hiligsmann, M., Van Hemert, W. L., Evers, S., & Van Santbrink, H. (2021). Evidence-based recommendations for economic evaluations in spine surgery: Study protocol for a Delphi consensus. *BMJ open*, 11(12), e052988. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-052988>
24. Park, C. H. (2019). Risk factors for early recurrence After Transforaminal endoscopic lumbar Disc Decompression. *Pain physician*, 2(22.2), E133–E138. <https://doi.org/10.36076/ppj/2019.22.e133>
25. Kim, K., Lee, D., Cho, D., Sung, J., & Kim, Y. (2015). Pre-operative risk factors for recurrent lumbar disk Herniation in L5–S1. *Journal of spinal disorders & techniques*, 28(10), E571–E577. <https://doi.org/10.1097/bsd.0000000000000041>
26. Kandregula, S., & Guthikonda, B. (2021). Minimally invasive TLIF. *Neurology India*, 69(5), 1141. <https://doi.org/10.4103/0028-3886.329539>
27. Abdallah, A., & Güler Abdallah, B. (2022). Factors associated with the recurrence of lumbar disk herniation: non-biomechanical–radiological and intraoperative factors. *Neurological research*, 45(1), 11–27. <https://doi.org/10.1080/01616412.2022.2116525>
28. Patgaonkar, P., Goyal, V., Agrawal, U., Marathe, N., & Patel, V. (2022). Impact of body weight, height, and obesity on selection of skin entry point for Transforaminal endoscopic lumbar Discectomy. *Asian journal of neurosurgery*, 17(02), 262–267. <https://doi.org/10.1055/s-0042-1751005>
29. Kolesnichenko, V., Piontkovskiy, V., Holbaum, M., Chernyshov, O., Palkin, O., & Palkin, B. (2025). Risk factors of recurrence lumbar intervertebral disc herniation after primary endoscopic transforaminal discectomy. Part 1 (Literature review). *Orthopaedics, traumatology and prosthetics*, (2), 92–98. <https://doi.org/10.15674/0030-59872025292-98>
30. Kang, M., Hwang, J., Park, S., Yang, J., You, K., Hong, S., Cho, S. K., & Park, H. (2024). Comparison of biportal endoscopic and microscopic tubular paraspinous approach for foraminal and extraforaminal lumbar disc herniation. *Journal of neurosurgery: spine*, 41(4), 473–482. <https://doi.org/10.3171/2024.4.spine23707>
31. Echt, M., Holland, R., Mowrey, W., Cezayirli, P., De la Garza Ramos, R., Hamad, M., Gelfand, Y., Longo, M., Kinon, M. D., Yanamadala, V., Chaudhary, S., Cho, S. K., & Yassari, R. (2020). Surgical outcomes for upper lumbar disc Herniations: A systematic review and meta-analysis. *Global spine journal*, 11(5), 802–813. <https://doi.org/10.1177/2192568220941815>
32. Kapetanakis, S., Gkantsinikoudis, N., & Apostolakis, S. (2022). Technical challenges and surgical outcomes of percutaneous transforaminal endoscopic discectomy in patients with upper lumbar disc herniation: A prospective clinical study. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*, 143(8), 4613–4623. <https://doi.org/10.1007/s00402-022-04725-6>
33. Kim, H. S., Kim, J. Y., Wu, P. H., & Jang, I. (2021). Effect of dorsal root ganglion retraction in endoscopic lumbar decompressive surgery for foraminal pathology: A retrospective cohort study of interlaminar contralateral endoscopic lumbar Foraminotomy and Discectomy versus Transforaminal endoscopic lumbar Foraminotomy and Discectomy. *World neurosurgery*, 148, e101–e114. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.12.176>
34. Tao, H. (2018). Prevalence of recurrent Herniation Following Percutaneous endoscopic lumbar Discectomy: A meta-analysis. *Pain physician*, 1(21;1), 337–350. <https://doi.org/10.36076/ppj.2018.4.337>
35. Li, Z., Yang, H., Liu, M., Lu, M., Chu, J., Hou, S., & Hou, T. (2018). Clinical characteristics and risk factors of recurrent lumbar disk Herniation. *Spine*, 43(21), 1463–1469. <https://doi.org/10.1097/brs.00000000000002655>
36. Brooks, M., Dower, A., Abdul Jalil, M. F., & Kohan, S. (2021). Radiological predictors of recurrent lumbar disc herniation: A systematic review and meta-analysis. *Journal of neurosurgery: spine*, 34(3), 481–491. <https://doi.org/10.3171/2020.6.spine20598>
37. Jia, M., Sheng, Y., Chen, G., Zhang, W., Lin, J., Lu, S., Li, F., Ying, J., & Teng, H. (2021). Development and validation of a nomogram predicting the risk of recurrent lumbar disk herniation within 6 months after percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *Journal of orthopaedic surgery and research*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s13018-021-02425-2>
38. Shen, J., Wang, X., Cai, B., Chen, Y., Zhang, G., Xu, J., & Lian, X. (2022). Transforaminal endoscopic lumbar discectomy with targeted puncture and foraminotomy for very highly migrated disc herniation: A technique note with case series. *Heliyon*, 8(10), e11115. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11115>
39. Yang, F., Ren, L., Ye, Q., Qi, J., Xu, K., Chen, R., & Fan, X. (2021). Endoscopic and microscopic interlaminar Discectomy for the treatment of far-migrated lumbar disc Herniation: A retrospective study with a 24-Month follow-up. *Journal of pain research*, 14, 1593–1600. <https://doi.org/10.2147/jpr.s302717>
40. Lew, S. M., Mehalic, T. F., & Fagone, K. L. (2001). Transforaminal percutaneous endoscopic discectomy in the treatment of far-lateral and foraminal lumbar disc herniations. *Journal of neurosurgery: spine*, 94(2), 216–220. <https://doi.org/10.3171/spi.2001.94.2.0216>
41. Chen, C., Lin, G., Sharma, S., Kim, H., Sun, L., Wu, H., Chang, K., & Chen, Y. (2020). Suprapedicular Retrocorporeal technique of Transforaminal full-endoscopic lumbar Discectomy for highly downward-migrated disc Herniation. *World neurosurgery*, 143, e631–e639. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.08.038>
42. Kim, H. S., Adsul, N., Kapoor, A., Choi, S. H., Kim, J. H., Kim, K. J., Bang, J. S., Yang, K. H., Han, S., Lim, J. H., Jang, J., Jang, I., & Oh, S. (2018). A mobile outside-in technique of Transforaminal lumbar endoscopy for lumbar disc Herniations. *Journal of visualized experiments*, (138). <https://doi.org/10.3791/57999-v>
43. AbdElfattah, M., Elkazaz, M., & Khedr, A. S. (2022). Transforaminal percutaneous endoscopic lumbar Discectomy (TPELD)

- in caudal migrated lumbar disc Herniations: A case series and literature review. *Advanced spine journal*, 41(1). <https://doi.org/10.57055/2314-8969.1005>
44. Huang, K., Chen, G., Lu, S., Lin, C., Wu, S., Chen, B., Ying, J., Wang, Y., Zhu, M., & Teng, H. (2021). Early clinical outcomes of percutaneous endoscopic lumbar Discectomy for L4-5 highly down-migrated disc Herniation: Interlaminar approach versus Transforaminal approach. *World neurosurgery*, 146, e413–e418. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.10.105>
 45. Miller, L. E., McGirt, M. J., Garfin, S. R., & Bono, C. M. (2018). Association of annular defect width after lumbar Discectomy with risk of symptom recurrence and Reoperation. *Spine*, 43(5), E308–E315. <https://doi.org/10.1097/brs.0000000000002501>
 46. Zhang, Y., Chu, J., Xia, Y., Xie, Y., Zhang, R., Chen, X., Chen, Z., & Yao, X. (2023). Research trends of percutaneous endoscopic lumbar Discectomy in the treatment of lumbar disc Herniation over the past decade: A bibliometric analysis. *Journal of pain research*, 16, 3391–3404. <https://doi.org/10.2147/jpr.s421837>
 47. Martens, F., Lesage, G., Muir, J. M., & Stieber, J. R. (2018). Implantation of a bone-anchored annular closure device in conjunction with tubular minimally invasive discectomy for lumbar disc herniation: A retrospective study. *BMC musculoskeletal disorders*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s12891-018-2178-4>
 48. Zhao, Y., Tian, B., Ma, Q., & Zhang, M. (2023). Study on the clinical effect of percutaneous transforaminal endoscopic discectomy combined with annulus fibrosus repair in the treatment of single-segment lumbar disc herniation in young and middle-aged patients. *Pakistan journal of medical sciences*, 40(3). <https://doi.org/10.12669/pjms.40.3.3419>
 49. Kienzler, J. C., Rey, S., Wetzél, O., Atassi, H., Bäbler, S., Burn, F., & Fandino, J. (2021). Incidence and clinical impact of vertebral endplate changes after limited lumbar microdiscectomy and implantation of a bone-anchored annular closure device. *BMC surgery*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12893-020-01011-3>
 50. Wang, F., Li, J., Li, J., Sun, K., Zhang, B., Wang, D., Song, E., & Li, F. (2025). Bone anchoring annular suture technique for repairing annular defects at vertebral body edge following lumbar discectomy. *Scientific reports*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-89179-7>
 51. Li, P., Yang, F., Chen, Y., & Song, Y. (2021). Percutaneous transforaminal endoscopic discectomy for different types of lumbar disc herniation: A retrospective study. *Journal of international medical research*, 49(10). <https://doi.org/10.1177/03000605211055045>
 52. Yerramneni, V. K., Kanala, R. R., Kolpakawar, S., & Yerragunta, T. (2021). MITLIF operative nuances- Step by step. *Neurology India*, 69(5), 1196–1199. <https://doi.org/10.4103/0028-3886.329566>
 53. Ahn, Y., Bae, S., Jo, D., & Yoo, B. (2025). Magnetic resonance imaging predictors of surgical difficulty in Transforaminal endoscopic lumbar Discectomy for far-lateral disc Herniation under local anesthesia. *Biomedicines*, 13(4), 778. <https://doi.org/10.3390/biomedicines13040778>
 54. Pruttikul, P., Pluemvitayaporn, T., Bannachirakul, M., Surapuchong, S., Kittithamvongs, P., Ratanakoosakul, W., Tiracharnvut, K., Piyasakulkaew, C., & Kunakornsawat, S. (2025). Transforaminal percutaneous endoscopic Discectomy for L3/4 and L4/5 foraminal and Extraforaminal lumbar disc Herniation: Clinical outcomes and technical note. *Asian journal of neurosurgery*, 20(02), 337–343. <https://doi.org/10.1055/s-0045-1805018>
 55. Kweon, M., Bak, K., Yi, H., Choi, K., Han, M., Na, M., & Chun, H. (2024). Changes in disc height as a prognostic factor in patients undergoing microscopic Discectomy. *Journal of Korean neurosurgical society*, 67(2), 209–216. <https://doi.org/10.3340/jkns.2023.0110>
 56. Brinckmann, P., & Grootenboer, H. (1991). Change of disc height, radial disc bulge, and Intradiscal pressure from Discectomy an in vitro investigation on human lumbar discs. *Spine*, 16(6), 641–646. <https://doi.org/10.1097/00007632-199106000-00008>
 57. McGirt, M. J., Ambrossi, G. L., Datto, G., Sciubba, D. M., Witham, T. F., Wolinsky, J., Gokaslan, Z. L., & Bydon, A. (2009). Recurrent disc herniation and long-term back pain after primary lumbar discectomy. *Neurosurgery*, 64(2), 338–345. <https://doi.org/10.1227/01.neu.0000337574.58662.e2>
 58. Zileli, M. (2014). Recurrent disc Herniation. Textbook of surgical management of lumbar disc herniation, 298–298. https://doi.org/10.5005/jp/books/12000_45
 59. Chen, X., Sandhu, H. S., Vargas Castillo, J., & Diwan, A. D. (2021). The association between pain scores and disc height change following discectomy surgery in lumbar disc herniation patients: A systematic review and meta-analysis. *European spine journal*, 30(11), 3265–3277. <https://doi.org/10.1007/s00586-021-06891-4>
 60. Çetin, T., Kahraman, S., Kızılgöz, V., & Aydın, S. (2023). The comparison between herniated and non-herniated disc levels regarding Intervertebral disc space height and disc degeneration, a magnetic resonance study. *Diagnostics*, 13(20), 3190. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13203190>
 61. Ding, Y., Liu, L., Shi, J., Zhang, X., Chen, R., & Xu, S. (2024). Biochemical changes in lumbar facet joint and disc degeneration by T2* mapping. *BMC musculoskeletal disorders*, 25(1). <https://doi.org/10.1186/s12891-024-07265-9>
 62. Yang, L., Sun, C., Gong, T., Li, Q., Chen, X., & Zhang, X. (2022). T1ρ, T2 and T2* mapping of lumbar intervertebral disc degeneration: A comparison study. *BMC musculoskeletal disorders*, 23(1). <https://doi.org/10.1186/s12891-022-06040-y>
 63. Zhou, M., Theologis, A. A., & O'Connell, G. D. (2023). Understanding the etiopathogenesis of lumbar intervertebral disc herniation: From clinical evidence to basic scientific research. *JOR spine*, 7(1). <https://doi.org/10.1002/jsp2.1289>
 64. Fu, Y., Yan, Y., Ru, X., & Qu, H. (2022). Analysis of chronic low back pain caused by lumbar Microinstability after percutaneous endoscopic Transforaminal Discectomy: A retrospective study. *Journal of pain research*, 15, 2821–2831. <https://doi.org/10.2147/jpr.s380060>
 65. Chiang, C., Hsieh, Y., Tsuang, F., Chiang, Y., & Wu, L. (2022). Assessment of spinal stability after Discectomy followed by annulus fibrosus repair and augmentation of the nucleus Pulposus: A finite element study. *Applied sciences*, 12(23), 11906. <https://doi.org/10.3390/app122311906>
 66. Prado, M., Mascoli, C., & Giambini, H. (2022). Discectomy decreases facet joint distance and increases the instability of the spine: A finite element study. *Computers in biology and medicine*, 143, 105278. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2022.105278>
 67. Bouhsina, N., Decante, C., Hardel, J., Rouleau, D., Abadie, J., Hamel, A., Le Visage, C., Lesoeur, J., Guicheux, J., Clouet, J., & Fusellier, M. (2022). Comparison of mri t1, t2, and T2* mapping with histology for assessment of intervertebral disc degeneration in an ovine model. *Scientific reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09348-w>
 68. Han, J., Meng, X. H., Ji, Z., Niu, F., Zhu, N., Zhao, T., Shen, Z., Wang, Z., & Yang, Q. (2025). Quantitative assessment of lumbar intervertebral disc degeneration and its correlation with clinical symptoms: A study utilizing ultrashort time-of-echo and T2 mapping as biomarkers. *BMC musculoskeletal disorders*, 26(1). <https://doi.org/10.1186/s12891-025-09039-3>
 69. Modic, M. T., Steinberg, P. M., Ross, J. S., Masaryk, T. J., & Carter, J. R. (1988). Degenerative disk disease: Assessment of changes in vertebral body marrow with MR imaging. *Radiology*, 166(1), 193–199. <https://doi.org/10.1148/radiology.166.1.3336678>
 70. Pfirrmann, C. W., Metzendorf, A., Zanetti, M., Hodler, J., &

- Boos, N. (2001). Magnetic resonance classification of lumbar Intervertebral disc degeneration. *Spine*, 26(17), 1873–1878. <https://doi.org/10.1097/00007632-200109010-00011>
71. Rajasekaran, S., Ramachandran, K., K S, S. V., Kanna, R. M., & Shetty, A. P. (2024). From Modic to disc Endplate bone marrow complex — The natural course and clinical implication of vertebral Endplate changes. *Global spine journal*, 15(1), 196–209. <https://doi.org/10.1177/21925682241271440>
 72. Jones, A., Clarke, A., Freeman, B. J., Lam, K. S., & Grevitt, M. P. (2005). The Modic classification. *Spine*, 30(16), 1867–1869. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000173898.47585.7d>
 73. Li, Z., Liu, L., Liu, H., Tan, J., Li, X., Xu, Z., Ouyang, Z., Wang, C., Yan, Y., & Xue, J. (2022). Radiologic analysis of causes of early recurrence after percutaneous endoscopic Transforaminal Discectomy. *Global spine journal*, 14(1), 113–121. <https://doi.org/10.1177/21925682221096061>
 74. Hao, L., Li, S., Liu, J., Shan, Z., Fan, S., & Zhao, F. (2020). Recurrent disc herniation following percutaneous endoscopic lumbar discectomy preferentially occurs when Modic changes are present. *Journal of orthopaedic surgery and research*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s13018-020-01695-6>
 75. Yuan, F. (2023). Development and validation of a prognostic model for the risk of recurrent lumbar disc Herniation after percutaneous endoscopic Transforaminal Discectomy. *Pain physician journal*, 26(1), 81–90. <https://doi.org/10.36076/ppj.2023.26.81>
 76. Hedman, T., & Rogers, A. (2025). Pathomechanics of early-stage lumbar Intervertebral disc degradation leading to Discogenic pain—A narrative review. *Bioengineering*, 12(4), 389. <https://doi.org/10.3390/bioengineering12040389>
 77. He, H., Ma, J., Xiong, C., Wei, T., Tang, A., Chen, Y., & Xu, F. (2023). Development and validation of a nomogram to predict the risk of lumbar disk Reherniation within 2 years after percutaneous endoscopic lumbar Discectomy. *World neurosurgery*, 172, e349–e356. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2023.01.026>
 78. Zhao, C., Zhang, H., Wang, Y., Xu, D., Han, S., Meng, S., Han, J., Liu, H., Zhou, C., & Ma, X. (2021). Nomograms for predicting recurrent Herniation in PETD with preoperative radiological factors. *Journal of pain research*, 14, 2095–2109. <https://doi.org/10.2147/jpr.s312224>
 79. Yang, J., Liu, R., Miao, Y., Nian, L., & Meng, X. (2023). Risk factors for recurrence after percutaneous endoscopic lumbar Discectomy: A meta-analysis. *World neurosurgery*, 172, 88–93. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2023.02.009>
 80. Griffith, J. F., Wang, Y. J., Antonio, G. E., Choi, K. C., Yu, A., Ahuja, A. T., & Leung, P. C. (2007). Modified Pfirrmann grading system for lumbar Intervertebral disc degeneration. *Spine*, 32(24), E708–E712. <https://doi.org/10.1097/brs.0b013e31815a59a0>
 81. Wang, Y. X. (2022). Several concerns on grading lumbar disc degeneration on MR image with Pfirrmann criteria. *Journal of orthopaedic translation*, 32, 101–102. <https://doi.org/10.1016/j.jot.2021.12.003>
 82. Scarcia, L., Pileggi, M., Camilli, A., Romi, A., Bartolo, A., Giubolini, F., Valente, I., Garignano, G., D'Argento, F., Pedicelli, A., & Alexandre, A. M. (2022). Degenerative disc disease of the spine: From anatomy to pathophysiology and radiological appearance, with morphological and functional considerations. *Journal of personalized medicine*, 12(11), 1810. <https://doi.org/10.3390/jpm12111810>
 83. Neeson, D., & Roberts, D. (2021). Imaging the spine. *Surgery (Oxford)*, 39(6), 371–382. <https://doi.org/10.1016/j.mpsur.2021.04.007>

Стаття надійшла до редакції 23.10.2025	Отримано після рецензування 05.12.2025	Прийнято до друку 07.12.2025
---	---	---------------------------------

RISK FACTORS OF RECURRENCE LUMBAR DISC HERNIATION AFTER PRIMARY ENDOSCOPIC TRANSFORAMINAL DISCECTOMY. PART 2

V. K. Piontkovskiy ¹, V. A. Kolesnichenko ², M. B. Holbaum ³

¹ V. T. Zaitsev Institute of General and Emergency Surgery of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine

² V. N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine

³ Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kharkiv

* Valentin Piontkovskiy, MD, DMSci, Prof. in Orthopaedics and Traumatology: pio_val@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-0967-877X>

* Vira Kolesnichenko, MD, DMSci: vira.a.kolesnichenko@karazin.ua; <https://orcid.org/0009-0007-4106-1730>

* Maksym Holbaum, MD: golbaymplaymarket@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0004-9047-0088>