

УДК 616.711-002-001.6:617.547](045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872025258-65>

Результати хірургічного лікування істмічного спондилолістезу з великим ступенем зсуву

А. О. Мезенцев, Д. Є. Петренко, Д. О. Демченко

КНП «Міська багатопрофільна клінічна лікарня матері та дитини ім. проф. М. Ф. Руднева» Дніпровської міської ради. Україна

Spondylolisthesis of Grade III–IV according to the Meyerding classification, referred to in English literature as “high-grade spondylolisthesis,” involves a significant degree of vertebral displacement and leads to substantial impairment of spinal function, gait disturbances, and early disability in patients. Despite the fact that clinical symptoms, classifications, and diagnostic methods have been known and established for quite some time, the issue of surgical treatment remains a subject of debate to this day. Objective. To evaluate the outcomes of surgical treatment in patients with high-grade spondylolisthesis. Methods. A retrospective analysis was conducted on the surgical outcomes of 24 patients with significant vertebral displacement who underwent intraoperative traction and transpedicular fixation using a “spine–pelvis” system. Pre- and postoperative radiographic measurements included the slip angle, pelvic incidence, lumbar lordosis, sacral slope, pelvic tilt, as well as evaluation of sagittal vertical axis alignment and pelvic tilt angle. Results. All patients demonstrated a reduction in slip angle and restoration of sagittal vertical axis alignment to within normal limits. Other parameters of spinopelvic balance were also moderately improved, thereby bringing sagittal spinal alignment closer to normal values and enhancing the biomechanical conditions for spinal function. Conclusions. The use of intraoperative traction via ligamentotaxis allowed for repositioning of the displaced vertebra and facilitated the placement of transpedicular screws. The combination of intraoperative spinal traction and pulling on transpedicular screws using reduction devices enabled correction of the displaced vertebra to Grade I–II according to Meyerding, thereby restoring the supportive function of the spine. Key words. High-grade spondylolisthesis, intraoperative traction, pedicular fixation, reduction.

Спондилолістез III–IV ступеня за класифікацією Meyerding (в англomовній літературі «high-grade spondylolisthesis») — із високим ступенем зсуву, призводить до значних порушень функції хребта та ходи, ранньої інвалідизації пацієнтів. Незважаючи на той факт, що клінічні симптоми, класифікації та методи діагностики розроблені та відомі досить давно, питання вибору тактики лікування залишається дискусійним і дотепер. Мета. Вивчити результати хірургічного лікування пацієнтів із істмічним спондилолістезом із великим ступенем зсуву. Методи. Проведено ретроспективний аналіз результатів операцій 24 осіб зі спондилолістезом зі значним ступенем зсуву, яким застосували інтраопераційну тракцію та транспедиккулярну фіксацію за системою «хребет – таз». На рентгенограмах проводили до- та післяопераційні вимірювання кутів ковзання хребця, тазового нахилу, поперекового лордозу, крижового нахилу, скосу таза, а також оцінювали положення сагітальної вертикальної осі і кут нахилу таза. Результати. Усім пацієнтам вдалося зменшити кут ковзання хребця та повернути до норми положення сагітальної вертикальної осі. Інші показники хребетно-тазового балансу також були децю зменшені, завдяки чому вдалося наблизити сагітальний баланс хребта до нормативних значень і покращити біомеханічні умови його функціонування. Висновки. Використання інтраопераційної тракції за рахунок лігментотаксису дозволило змінити положення зміщеного хребця та полегшити встановлення в нього транспедиккулярних гвинтів. Поєднання інтраопераційної тракції хребта та тяги за умов використання транспедиккулярних гвинтів із застосуванням вправляючих пристроїв уможливило досягти вправлення зміщеного хребця до I–II ступеня за Meyerding та відновлення опорної функції хребта.

Ключові слова. Спондилолістез, інтраопераційна тракція, транспедиккулярна фіксація, вправлення

Вступ

Спондилолітез — це захворювання, яке характеризується зміщенням хребця допереду. Найчастіше зустрічається в дітей і підлітків, викликає больовий синдром у поперековому відділі хребта, а в деяких випадках супроводжується неврологічною симптоматикою. До його розвитку призводить комбінація чинників, які спричиняють виникненню спондилолітезу: дисплазія «кісткового гака» (міжхребцевих суглобів), збільшений лордоз, стрес-переломи міжсуглобової частини, що призводять до її подовження, дегенерація диска й деформація крижі. Коли ці чинники досягають певного рівня, прогресування патологічного процесу стає неминучим. Вони виникають або одночасно, або послідовно в людини, яка росте. Водночас, у 11,3 % випадків зсув досягає величини більше 50 % від поверхні верхньої замикальної пластинки хребця нижче [1].

Спондилолітез із високим ступенем зсуву (CBC3), III–IV ст. за класифікацією Meyerding (в англійській літературі «high-grade spondylolisthesis») спричинює значні порушення функцій хребетного стовпа та ходи, ранньої інвалідизації пацієнтів [2].

Незважаючи на той факт, що клінічні симптоми, класифікації та методи діагностики спондилолітезу розроблені досить давно, питання вибору тактики лікування залишається дискусійним і дотепер. Усі хірургічні методи умовно можна розділити на три групи: операції з фіксацією *in situ*, повне або часткове вправлення зміщеного хребця зі застосуванням імплантатів різної конструкції, а також вертебректомія.

Кожна з цих хірургічних технік має свої показання, переваги та недоліки. Як і більшість інших оперативних втручань на хребті, будь-яка методика лікування повинна відновлювати його опорну та захисну функцію, усувати больовий синдром, а також неврологічну симптоматику, у поєднанні з мінімальною кількістю ускладнень, які можуть виникнути як під час, так і після операції [3, 4].

Одним із таких способів лікування може бути відкрите вправлення зміщеного хребця за допомогою інтраопераційної тракції хребта та транспедикулярної конструкції за системою «хребет – таз», результати використання якої ще недостатньо вивчені.

Мета: вивчити результати хірургічного лікування пацієнтів з істмічним спондилолітезом із великим ступенем зсуву.

Матеріал і методи

Проведено ретроспективний аналіз результатів хірургічного лікування 24 осіб (20 — жіночої та 4 — чоловічої статі) зі спондилолітезом зі значним ступенем зміщення. Середній вік у досліджуваній групі склав 33,2 року (від 10 до 55 років).

Матеріали дослідження розглянуто й ухвалено комітетом із біоетики при КНП «МБКЛМД ім. проф. М. Ф. Руднева» (протокол № 1 від 14.05.2025 р.). Усі залучені до дослідження пацієнти були ознайомлені з планом хірургічних втручань і підписали інформовану згоду.

Техніка втручання полягала в наступному: у положенні хворого на животі, під загальним наркозом та застосуванням мультимодального моніторингу спинного мозку проводили транспедикулярні гвинти в хребець L₁, які з'єднували між собою фіксуючим стрижнем і встановлювали тимчасовий тракційний пристрій з двома точками фіксації між стрижнем на хребці L₁ та крилами таза. Після цього здійснювали поетапну тракцію хребта, рентгенологічно контролюючи процес вправлення хребця L_v. В останній розміщували гвинти після досягнення корекції та покращення його положення [7]. Далі використовували транспедикулярні гвинти в L_{IV} і S₁ та проводили тазові гвинти за методикою S2AI [5, 6]. Наступним етапом встановлювали фіксуючі стрижні, які з'єднували гвинти. Остаточне трансляційне зміщення L_v усували за допомогою впроваджувачів стрижня, встановлених на головки гвинтів L_v (рис. 1, а).

Процес вправлення супроводжувався перевіркою викликаних сенсорних і моторних потенціалів. У разі падіння їхніх показників понад 60 %, як порівняти з базовими даними, отриманими до проведення хірургічних маніпуляцій, вправлення припиняли, а корекцію зменшували до відновлення нормальних показників моніторингу спинного мозку.

Після завершення вправлення систему транспедикулярної фіксації стабілізували, пристрій для інтраопераційної тракції демонтували, гвинти встановлені в хребець L₁ видаляли (рис. 1, б). Після попередньої декортикації задніх відділів фіксованих хребців укладали кістковий автотрансплантат, узятий з місцевих тканин. Рану пошарово зашивали. Проводили рентгенконтроль безпосередньо на операційному столі.

Пацієнтів вертикалізували наступного дня після хірургічного втручання.

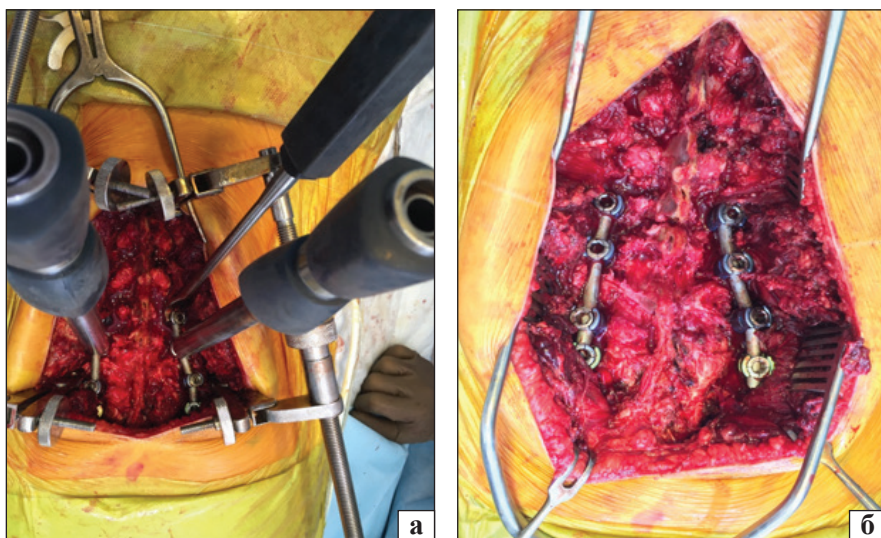


Рис. 1. Вигляд операційного поля: а) після встановлення пристрою для інтраопераційної дистанції, транспедиклярної конструкції та впроваджувачів стрижня на головки гвинтів L_v; б) після вправлення зміщеного хребця та остаточної стабілізації транспедиклярної системи за схемою «хребет – таз»

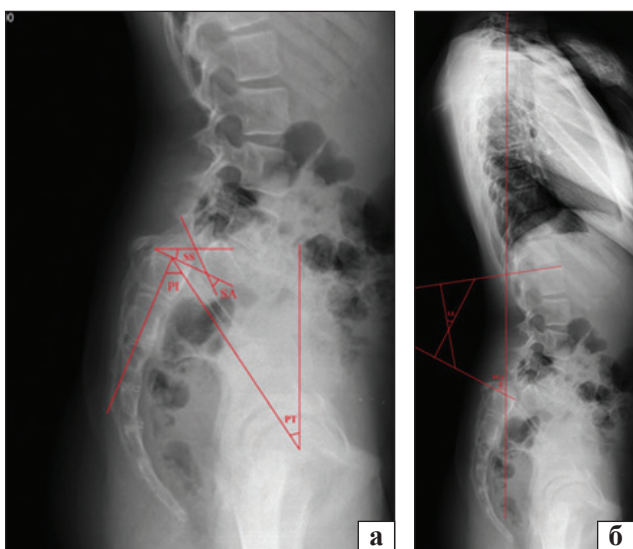


Рис. 2. Рентгенометричні показники, які визначали у пацієнтів із спондилолістезом із високим ступенем зміщення: а) кут ковзання хребця (SA), кут тазового нахилу (PI); кут крижового нахилу (SS), нахил таза (PT); б) поперековий лордоз (LL), положення сагітальної вертикальної осі (SVA)

Під час аналізу історій хвороби вивчали клінічні прояви спондилолістезу зі значним ступенем усунення як до, так і після хірургічного втручання. Ступінь зсуву визначали за класифікацією Meyerding. На рентгенограмах проводили до- та післяопераційні вимірювання кутів ковзання хребця, тазового нахилу, поперекового лордозу, крижового нахилу, скосу таза, а також оцінювали положення сагітальної вертикальної осі і кут нахилу таза. Референтними показниками для поперекового лордозу вважали кут рівний $PI \pm 9^\circ$, кут крижового нахилу — 20° – 25° , а відстань від сагітальної вертикальної осі до задньо-верхнього краю крижового майданчика 0–4 см. Норматив-

ним показником нахилу таза (PT) вважали кут менший за 20° [8].

Якість спондилодезу оцінювали рентгенологічно за допомогою комп'ютерної томограми (КТ) попереково-крижового відділу хребта, яку проводили у віддалений період після хірургічного втручання [9].

Критеріями включення в дослідження були: пацієнти зі спондилолістезом III, IV ст. за Meyerding та спондилоптозом, відсутність попередніх хірургічних втручань на хребті, наявність результатів клінічних та інструментальних методів обстеження протягом 3–5 років після операції.

Результати

Основними скаргами у всіх хворих у досліджуваній групі були біль у поперековому відділі хребта, в тому під час тривалої ходьби. У 6 осіб виявлено радикулопатію L_v та S₁. У одного пацієнта було зафіксовано нижній парапарез. Ще у 2 діагностували вторинний грудопоперековий сколіоз (рис. 3).

У післяопераційному періоді відзначали іригатацію спинномозкових корінців L_v та S₁ у 3 пацієнтів, у 8 хворих спостерігали порушення ходи, яке розвинулося внаслідок натягу м'язів нижніх кінцівок і регресувало протягом 3–6 міс. після хірургічного втручання та курсу проведення реабілітаційного лікування. У 3 осіб відповідно через 1, 2 і 5 років після операції виник перелом фіксуючих стрижнів, що вимагало проведення ревізійних операцій. Водночас, лише в одного з них під час заміни імплантата виявлено ознаки псевдартрозу в зоні попереково-крижового переходу. Дослідження комп'ютерних томограм усіх про-

оперованих пацієнтів через 3–5 років після лікування показало наявність зрілих спондилодезних мас у зоні задніх відділів хребта (рис. 4).

Результати рентгенометрії до та після хірургічного втручання наведені в таблиці 1. Середній кут ковзання хребця становив $62,1^\circ$, після хірургічного втручання — $23,2^\circ$. Показник тазового нахилу становив $68,2^\circ$ в середньому до операції та $63,2^\circ$ після, крижовий нахил — $42,5^\circ$ та $36,2^\circ$ відповідно. Величина поперекового лордозу складала $54,1^\circ$ в середньому до хірургічного втручання та $49,4^\circ$ після. Положення сагітальної вертикальної осі до лікування змінилося з 7,7 см до операції і 3,3 см після. Нахил таза — $23,8^\circ$ та $24,2^\circ$ відповідно (таблиця 1). Згідно з критеріями наведеними в роботі [10] у 20 пацієнтів діагностовано спондилодез I ступеня, II — у 3, IV — у 1. За шкалою Meyerding до хірургічного втручання 13 хворих мали зсув III ступеня, 7 — IV та 4 були

зі спондилоптозом. Після хірургічного втручання розподіл був такий: III ступінь — 4, II — 14 і I — 6 осіб.

Обговорення

Незважаючи на загальну думку, що пацієнти зі спондилолістезом із значним ступенем зсуву потребують хірургічного лікування, вибір адекватної тактики є дискусійним питанням. У науковій літературі пропонуються різні хірургічні техніки, які мають свої переваги та недоліки. Умовно їх можна розділити на три основні види: фіксація *in situ*, вправлення зміщеного хребця та вертебректомія.

Фіксація *in situ*, як із застосуванням корсета в післяопераційному періоді, так і без нього, є відносно безпечним та ефективним способом лікування, який зменшує больовий синдром і наявність неврологічної симптоматики.

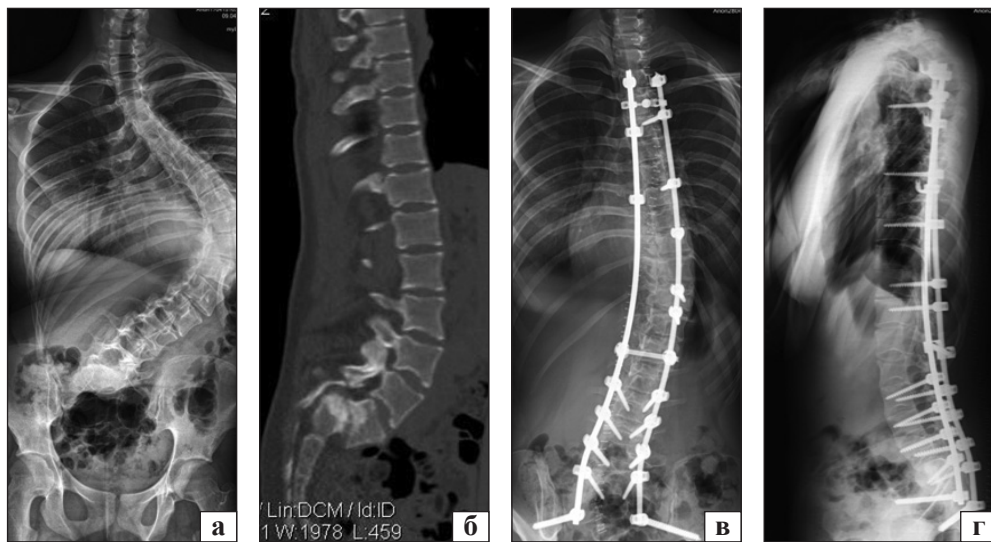


Рис. 3. Рентгенограма (а) та комп'ютерна томограма (б) пацієнтки віком 16 років зі спондилоптозом та лівобічним груднопоперековим сколіозом до хірургічного втручання та після полісегментарної корекції сколіотичної деформації та вправлення спондилолістеза з використанням інтроопераційної дистракції. Протяжність спондилодезу Th₁₂ – таз. Спондилоптоз вправлений до I ступеня за Meyerding (в, г)



Рис. 4. Рентгенограми пацієнтки віком 14 років зі спондилолістезом IV ступеня за Meyerding до операції (а) та після хірургічного втручання (б). Протяжність спондилодезу L_{IV} – таз. Спондилолістез вправлений до II ступеня за Meyerding. Комп'ютерна томограма через 6 років після операції показала наявність зрілого кісткового блока в зоні спондилодезу (в)

Таблиця 1
Рентгенометричні показники
до та після хірургічного втручання

Показник	Хірургічне лікування	
	до	після
Кут ковзання (SA)	62,1°	23,2°
Тазовий нахил (PI)	68,2°	63,2°
Крижовий нахил (SS)	42,5°	36,2°
Поперековий лордоз (LL)	54,1°	49,4°
Вертикальна сагітальна вісь (SVA)	7,7 см	3,3 см
Нахил таза (PT)	23,8°	24,2°

A. Joelson зі співавт. дослідили результати використання спондилодезу *in situ* у 35 пацієнтів віком 15 років зі CVC3. Встановили, що всі хворі мали добрий результат лікування, який забезпечив відсутність больового синдрому, інвалідизації та дозволив більшості з них працювати за спеціальністю протягом 29 років після лікування [11].

S. Noorian провів систематичний аналіз 6 рандомізованих клінічних та 9 обсерваційних досліджень, де оцінював результати лікування 1 538 пацієнтів із CVC3. Більшість цих робіт показали, що вправлення та спондилодез приводять до такого ж клінічного результату, як і фіксація *in situ* [12].

У той самий час A. M. Lak зі співавт. вивчили результати лікування 188 осіб зі CVC3, яким було проведено спондилодез *in situ* або вправлення [13]. Виявлено, що фіксація *in situ* супроводжується більшою інтраопераційною крововтратою, неврологічними ускладненнями, псевдартрозом та інфекцією. Отже вправлення, незважаючи на такі ускладнення як ушкодження дурального мішка, зменшує больовий синдром, кут зміщення хребця, змінює нахил таза, а також покращує показник Oswestry Disability Index. Автори дослідження у подальшому зазначають, що обидві хірургічні технології можуть застосовуватися в клінічній практиці, але вправлення зміщеного хребця забезпечує кращий результат лікування.

Повне або часткове вправлення хребця в разі CVC3 має велику кількість прихильників. Основними аргументами, які свідчать про перевагу його проведення, є можливість відновити порушену біомеханіку хребта, покращити якість спондилодезу за рахунок більш рівномірного розподілу навантаження на трансплантат, змінити форми хребетного каналу, а також отримати позитивний косметичний ефект. Але основним ризиком повного вправлення зміщеного хребця більш ніж

на 50 % є виникнення неврологічних порушень [14, 15].

Саме тому більшість авторів наполягають на частковому усуненні зміщення, що дозволяє знизити ризик розвитку радикулопатії корінців L_{IV} та L_V [11]. Spine Deformity Study Group розробила класифікацію спондилолітезу, яка дозволяє визначити показання для проведення вправлення хребця. Відповідно до неї усунення зміщення хребця не показано в разі збалансованого таза, тобто коли показник SS більше показника PT, а в зворотній ситуації (PT більше SS) таз вважається незбалансованим і вправлення необхідне [16].

У роботі [17] наведено методику усунення CVC3 за рахунок тимчасового встановлення гвинтів у хребці L_{II}–L_{III} зі застосуванням подальшої інтраопераційної дистракції до досягнення часткового вправлення L_V. Для декомпресії хребетного каналу виконують широку ламінектомію L_V і встановлюють кейдж у міжхребцевий проміжок L_V–S_I за рахунок чого досягають якіснішого спондилодезу і відновлюють таким чином поперековий лордоз.

K. Min запропонував додатково для полегшення вправлення проводити резекцію деформованої верхньої замикальної пластинки S_I, яка, на його думку, є перешкодою для усунення вентрального зміщення в разі спондилолітезу [18]. До схожих результатів у своїй роботі прийшли M. A. Anjazzallah зі співавт. [19].

M. Kumar та співавт. запропонували методику виправлення CVC3 зі застосуванням малоінвазивного міжтілового спондилодезу кейджем у 18 пацієнтів. Результати дослідження показали покращення хребтово-тазового балансу та показників шкали Oswestry та ВАШ [20].

Ще однією альтернативою хірургічного лікування спондилолітезу зі значним ступенем зміщення є вертебректомія L_V, запропонована R. Gaines, який навів результати використання цієї операції в 30 пацієнтів [21]. Протягом 25 років, за даними автора, лише у двох хворих було виявлено ускладнення у вигляді перелому гвинтів і псевдартроз. Також у період від 6 тижнів до 3 років зафіксовано радикулопатію корінця L_V та ретроградну еякуляцію, як ускладнення переднього доступу до вентральних відділів хребта. Водночас клінічні симптоми, які супроводжують спондилолітез, усунули у всіх хворих.

K. Kalra подав результати модифікованої операції Gaines, яка полягає в частковій резекції хребця L_V у нижній його частині. На думку автора,

перевагами цієї методики є: можливість додаткового введення гвинтів у зміщений хребець, що полегшує його вправлення; профілактика радикалопатії корінця L_V; перешкоджання укороченню спинного мозку, яке виникає внаслідок зменшення кількості хребців і може призвести до порушення його функції [22].

Нами проведено ретроспективний аналіз результатів лікування пацієнтів у разі істмічного СВСЗ з використанням інтраопераційної тракції та транспедикулярною фіксацією L_{IV} – таз. За підсумками проведених операцій, усім пацієнтам вдалося зменшити кут ковзання хребця (SA), а також повернути до норми положення сагітальної вертикальної осі (SVA). Інші показ-

ники хребетно-тазового балансу [23] також були дещо зменшені, завдяки чому вдалося наблизити сагітальний баланс хребта до нормативних показників та покращити біомеханічні умови його функціонування.

У той самий час вправлення зміщених хребців сприяло регресу клінічної симптоматики, покращенню ходи, а також дозріванню якісного спондилодезного блока, що підтверджено показниками післяопераційного КТ. Переломи фіксуючих стрижнів у 3 пацієнтів виникли в зоні попереково-крижового переходу, яка традиційно є найменш сприятливою для формування кісткового блока, проте проведення заміни імплантата дозволило надалі отримати задовільний результат.

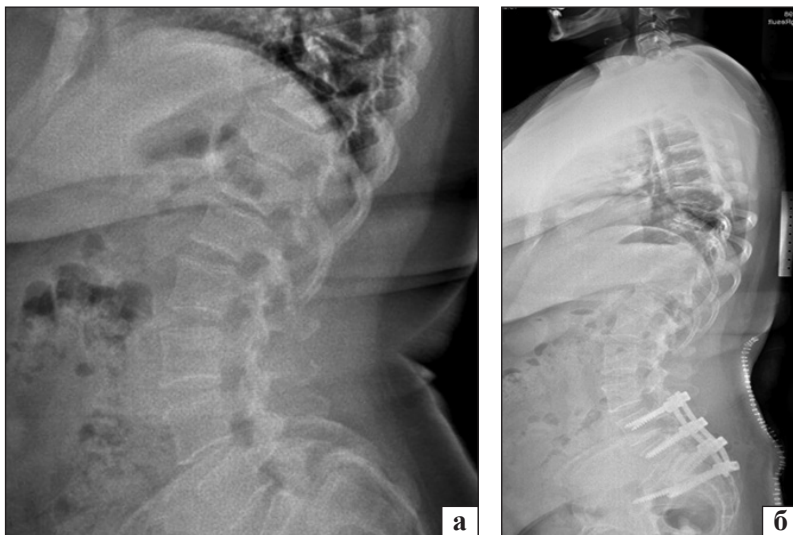


Рис. 5. Рентгенограми пацієнтки віком 55 років зі спондилолістезом IV ступеня за Meyerding у бічній проекції до (а) та після хірургічного втручання (б) з використанням інтраопераційної тракції. Протяжність спондилодезу L_{IV} – таз

Таблиця 2

Порівняння результатів досліджень стосовно хірургічного лікування СВСЗ

Автор	Кількість хворих	Хірургічна техніка	Ускладнення (абс. / %)	Неврологічні ускладнення (абс. / %)	Псевдартроз (абс. / %)
J. A. Smith зі співавт. [25]	9	Фіксація <i>in situ</i>	10/111	2/22	2/22
O. Boachie-Adjei зі співавт. [26]	6	Транспедикулярна фіксація, декомпресія	3/50	3/50	0
I. Helenius зі співавт. [27]	21 23 26	Задньобічний спондилодез <i>in situ</i> Передній спондилодез <i>in situ</i> Передньо-задній спондилодез <i>in situ</i>	3/14 2/22 3/12	4/19 0 0	3/13 1/4 4/12
J-M. Mac-Thiong зі співавт. [28]	61	Спондилодез <i>in situ</i> , транспедикулярна фіксація та міжтіловий спондилодез, фіксація гвинтами та кейджем <i>in situ</i>	14/23	7/11	0
K. Min зі співавт. [18]	15	Транспедикулярна фіксація, резекція замикальної пластини S ₁ , міжтіловий спондилодез кейджем	4/26	4/26	0
M. K. Ashan зі співавт. [29]	20	Інтраопераційна тракція, декомпресія, транспедикулярна фіксація	4/20	0	0
Наше дослідження	24	Інтраопераційна тракція, фіксація хребта системою «хребет – таз»	4/16	3/12	1/4

Корінцево-іритативний синдром і порушення ходи, які розвинулися у пацієнтів у післяопераційному періоді пояснюється тим, що у них вдалося досягти значного вправлення зміщеного хребця та суттєво змінити патологічні патерни функціонування м'язів, які виникли внаслідок переднього зсуву хребця за спондилолістезу. Можливо у хворих старшої вікової групи за рахунок суттєвішої ригідності хребта, кількість потенційних неврологічних ускладнень могла б бути більшою, але застосування інтраопераційного моніторингу спинного мозку дозволяло контролювано здійснювати корекцію деформації (рис. 5). Використання тазової фіксації дало змогу досягти стабільної фіксації хребта без встановлення міжтілових кейджів, для впровадження яких необхідно проводити ламінектомію [24] та маніпуляції з дуральним мішком, що збільшує ризик його ушкодження. Відмова від проведення ламінектомії на користь непрямої декомпресії хребтового каналу за рахунок усунення зміщення хребця дозволила зберегти опорну функцію задньої опорної колони хребта й збільшила площу зони кісткової пластики, що також позитивно позначилося на формуванні якісного кісткового блока.

У таблиці 2 для порівняння подано результати інших досліджень щодо хірургічного лікування СВСЗ. Із цих робіт можна побачити, що запропонована нами технологія забезпечує приблизно аналогічну кількість неврологічних ускладнень і псевдартрозу як порівняти з методиками вправлення зміщення хребця та меншу кількість псевдартрозів порівняно з фіксацією *in situ*. Одне з ускладнень наведених у спостереженні [29], де здійснювали декомпресію хребтового каналу, призвело у 2 випадках до розриву твердої мозкової оболонки.

Висновки

Використання інтраопераційної тракції за рахунок лігментотаксису дозволило змінити положення зміщеного хребця та полегшити встановлення в нього транспедикулярних гвинтів.

Поєднання інтраопераційної тракції хребта й тяги за умов використання транспедикулярних гвинтів із застосуванням вправляючих пристроїв дозволило досягти вправлення зміщеного хребця до I–II ступеня Meyerding і відновити опорну функцію хребта.

Збільшення площі зони спондилолізу за рахунок збереження дужки зміщеного хребця в поєднанні з декортикацією задніх відділів хребта сприяло формуванню зрілого кісткового блока.

Післяопераційні ускладнення не вплинули на кінцевий результат лікування пацієнтів у досліджуваній групі.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Перспективи подальших досліджень. Проведення проспективних порівняльних досліджень різних методик лікування спондилолістезу.

Інформація про фінансування. Це дослідження не є комерційним і не має стороннього фінансування.

Внесок авторів. Мезенцев А. О. — прооперував частину пацієнтів, аналіз отриманих результатів дослідження, формування висновків, редагування тексту; Петренко Д. Є. — прооперував частину пацієнтів, аналіз отриманих результатів, написання статті; Демченко Д. О. — прооперував частину пацієнтів, аналіз літературних джерел, формування списку літератури та підготовка клінічних випадків.

Список літератури

1. Harms, J., & Stürz, H. (2012). Severe spondylolisthesis: Pathology - Diagnosis - Therapy. Springer Science & Business Media
2. Meyerding, H. W. (1956). Spondylolisthesis; surgical fusion of lumbosacral portion of spinal column and interarticular facets; use of autogenous bone grafts for relief of disabling backache. *The Journal of the International College of Surgeons*, 26(5), 566–591
3. Ruf, M., Koch, H., Melcher, R. P., & Harms, J. (2006). Anatomic reduction and Monosegmental fusion in high-grade developmental spondylolisthesis. *Spine*, 31(3), 269–274. <https://www.doi.org/10.1097/01.brs.0000197204.91891.eb>
4. Jani, M., Dayon, E., Mehta, N., Aggarwal, K., Fortin, J., Zektscher, K., ... Wahezi, S. E. (2025). Accuracy of imaging in dynamic spondylolisthesis: Emerging strategies and understanding for pain physicians: A systematic review. *Pain Physician Journal*, 28(2), 97–103. <https://www.doi.org/10.36076/ppj.2025.28.97>
5. O'Brien, J. R., Yu, W. D., Bhatnagar, R., Sponseller, P., & Kebaish, K. M. (2009). An anatomic study of the S2 iliac technique for Lumbopelvic screw placement. *Spine*, 34(12), E439–E442. <https://www.doi.org/10.1097/brs.0b013e3181a4e3e4>
6. Assaker, R., Wagner, S. C., Shufflebarger, H. L., & Lehman, R. A. (2023). Management of high-grade spondylolisthesis including reduction techniques. *Spondylolisthesis*, 287–297. https://www.doi.org/10.1007/978-3-031-27253-0_22
7. Huang, W., Cai, W., Cheng, M., Hu, X., Fang, M., Sun, Z., ... Yan, W. (2023). Modified iliac screw in Lumbopelvic fixation after sacral tumor resection: A single-center case series. *Operative Neurosurgery*. <https://www.doi.org/10.1227/ons.0000000000000539>
8. Roussouly, P., Gollogly, S., Berthonnaud, E., & Dimnet, J. (2005). Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position. *Spine*, 30(3), 346–353. <https://www.doi.org/10.1097/01.brs.0000152379.54463.65>
9. Seo, D. K., Kim, M. J., Roh, S. W., & Jeon, S. R. (2017). Morphological analysis of interbody fusion following posterior lumbar interbody fusion with cages using computed tomography. *Medicine*, 96(34), e7816. <https://www.doi.org/10.1097/md.00000000000007816>
10. Joelson, A., Diarbakerli, E., Gerdhem, P., Hedlund, R., Wretenberg, P., & Frennered, K. (2019). Self-image and health-related quality of life three decades after fusion in situ for high-grade Isthmic spondylolisthesis. *Spine Deformity*, 7(2), 293–297. <https://www.doi.org/10.1016/j.jspd.2018.08.012>
11. Bowles, D., Canseco, J. A., Antonacci, C., Thandoni, A., Anderson, D. G., Kurd, M. F., ... Lee, J. K. (2020). 271. Surgical technique and patient-reported outcomes in adult isthmic

- spondylolisthesis. *The Spine Journal*, 20(9), S133–S134. <https://www.doi.org/10.1016/j.spinee.2020.05.683>.
12. Noorian, S., Sorensen, K., & Cho, W. (2018). A systematic review of clinical outcomes in surgical treatment of adult isthmic spondylolisthesis. *The Spine Journal*, 18(8), 1441–1454. <https://www.doi.org/10.1016/j.spinee.2018.04.022>
 13. Lak, A. M., Abunimer, A. M., Devi, S., Chawla, S., Aydin, L., Tafel, I., ... Zaidi, H. A. (2020). Reduction versus in situ fusion for adult high-grade spondylolisthesis: A systematic review and meta-analysis. *World Neurosurgery*, 138, 512–520.e2. <https://www.doi.org/10.1016/j.wneu.2020.03.030>
 14. Mac-Thiong, J., Hresko, M. T., Alzakri, A., Parent, S., Suca-to, D. J., Lenke, L. G., ... Labelle, H. (2019). Criteria for surgical reduction in high-grade lumbosacral spondylolisthesis based on quality of life measures. *European Spine Journal*, 28(9), 2060–2069. <https://www.doi.org/10.1007/s00586-019-05954-x>
 15. Schlösser, T. P., Garrido, E., Tsirikos, A. I., & McMaster, M. J. (2021). Health-related quality of life and sagittal balance at two to 25 years after posterior transfixation for high-grade dysplastic spondylolisthesis. *Bone & Joint Open*, 2(3), 163–173. <https://www.doi.org/10.1302/2633-1462.23.bjo-2020-0194.r1>
 16. Hresko, M. T., Labelle, H., Roussouly, P., & Berthonnaud, E. (2007). Classification of high-grade Spondylolistheses based on pelvic version and spine balance. *Spine*, 32(20), 2208–2213. <https://www.doi.org/10.1097/brs.0b013e31814b2cee>
 17. Rivollier, M., Marlier, B., Kleiber, J., Eap, C., & Litre, C. (2020). Surgical treatment of high-grade spondylolisthesis: Technique and results. *Journal of Orthopaedics*, 22, 383–389. <https://www.doi.org/10.1016/j.jor.2020.08.015>
 18. Min, K., Liebscher, T., & Rothenfluh, D. (2011). Sacral dome resection and single-stage posterior reduction in the treatment of high-grade high dysplastic spondylolisthesis in adolescents and young adults. *European Spine Journal*, 21(S6), 785–791. <https://www.doi.org/10.1007/s00586-011-1949-5>
 19. Anjhazzallah, M. A., Balakumaran, T., & Suwarnakumar, V. (2022). Sacral dome resection and single-stage posterior reduction in the treatment of high-grade spondylolisthesis in a young girl. *The Sri Lankan Journal of Orthopaedic Surgery*, 8(1), 76–82. <https://www.doi.org/10.4038/tslj.v8i1.11>
 20. Kumar, M., Rai, V., Joshi, A., Nalin, S., & Gandhi, M. K. (2024). Reduction of high-grade spondylolisthesis using minimally invasive spine surgery-transforaminal lumbar interbody fusion “trial-in-situ” technique: A technical note with case series. *Asian Spine Journal*, 18(5), 712–718. <https://www.doi.org/10.31616/asj.2024.0224>
 21. Gaines, R. W. (2005). L5 Vertebrectomy for the surgical treatment of Spondyloptosis. *Spine*, 30(Supplement), S66–S70. <https://www.doi.org/10.1097/01.brs.0000155577.19606.df>
 22. Kalra, K., Kohli, S., & Dhar, S. (2010). A modified Gaines procedure for spondyloptosis. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume*, 92-B(11), 1589–1591. <https://www.doi.org/10.1302/0301-620x.92b11.24382>
 23. Abdullah Khan, Syed Mansoor Shah, Jawad Ahmed, Saba Gul, Siraj Ulhaq, Attaullah, & Syed Shah Fahad. (2025). Spinal pelvic parameters before and after the spine fixation and its impact on clinical outcomes: A study from a tertiary care hospital. *World Journal of Biology Pharmacy and Health Sciences*, 21(2), 030–034. <https://www.doi.org/10.30574/wjbphs.2025.21.2.0141>
 24. Dhar, U. K., Menzer, E. L., Lin, M., O'Connor, T., Ghimire, N., Dakwar, E., ... Vrionis, F. D. (2024). Open laminectomy vs. minimally invasive laminectomy for lumbar spinal stenosis: A review. *Frontiers in Surgery*, 11. <https://www.doi.org/10.3389/fsurg.2024.1357897>
 25. Smith, J. A., Deviren, V., Berven, S., Kleinstueck, F., & Bradford, D. S. (2001). Clinical outcome of trans-sacral Interbody fusion after partial reduction for high-grade L5–S1 spondylolisthesis. *Spine*, 26(20), 2227–2234. <https://doi.org/10.1097/00007632-200110150-00014>
 26. Boachie-Adjei, O., Do, T., & Rawlins, B. A. (2002). Partial Lumbosacral kyphosis reduction, decompression, and posterior Lumbosacral Transfixation in high-grade Isthmic spondylolisthesis. *Spine*, 27(6), E161–E168. <https://doi.org/10.1097/00007632-200203150-00019>
 27. Helenius, I., Lamberg, T., Österman, K., Schlenzka, D., Yrjönen, T., Tervahartiala, P., Seitsalo, S., Poussa, M., & Remes, V. (2006). Posterolateral, anterior, or circumferential fusion in situ for high-grade spondylolisthesis in young patients: A long-term evaluation using the scoliosis research society questionnaire. *Spine*, 31(2), 190–196. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000194843.94071.09>
 28. Mac-Thiong, J., Hresko, M. T., Alzakri, A., Parent, S., Suca-to, D. J., Lenke, L. G., Marks, M., & Labelle, H. (2019). Criteria for surgical reduction in high-grade lumbosacral spondylolisthesis based on quality of life measures. *European Spine Journal*, 28(9), 2060–2069. <https://doi.org/10.1007/s00586-019-05954-x>
 29. Ahsan, M. K., Yadav, K. K., Khan, S. I., Awwal, M. A., Joshi, S. R., ... Mahmud, A. A. (2021). Surgical management of adult high-grade spondylolisthesis by partial reduction, decompression and instrumented circumferential fusion. *Clinical Surgery Journal*, 2(2), 1–9.

Стаття надійшла до редакції 09.05.2025	Отримано після рецензування 19.05.2025	Прийнято до друку 21.05.2025
---	---	---------------------------------

RESULTS OF SURGICAL TREATMENT OF HIGH-GRADE SPONDYLOLISTHESIS

A. O. Mezentsev, D. Ye. Petrenko, D. O. Demchenko

Municipal Multidisciplinary Clinical Hospital for Mother and Child named after Professor M. F. Rudnev, Dnipro. Ukraine

✉ Andriy Mezentsev, MD, DMSci: mezentsevandriy@gmail.com

✉ Dmytro Petrenko, MD, DMSci: docpetrenko@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-8079-5661>

✉ Dmytro Demchenko, MD: docdemchenko@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-6697-3321>