

Ukrainian Neurosurgical Journal. 2025;31(2):55-64
doi: 10.25305/unj.322446

Обґрунтування та розробка оптимального способу малоінвазивної задньої міжтілової стабілізації хребців із використанням дистракційних кейджів для пацієнтів зі спондилолістезом поперекового відділу хребта

А.В. Стогній, В.О. П'ятикоп, Ю.О. Бабалян

Кафедра нейрохірургії, Харківський національний медичний університет, Харків, Україна

Надійшла до редакції 07.02.2025
Прийнята до публікації 03.04.2025

Адреса для листування:

Стогній Артем Володимирович,
Кафедра нейрохірургії, Харківський національний медичний університет, проспект Науки, 4,
Харків, 61000, Україна, e-mail:
astognii@gmail.com

Мета: підвищити ефективність лікування пацієнтів із поперековим спондилолістезом за допомогою малоінвазивної задньої міжтілової стабілізації хребців (МІЗМТСХ) із використанням дистракційних кейджів.

Матеріали і методи. Проведено клінічне проспективне порівняльне (контрольоване) одноцентрове зрізове інтервенційне дослідження. За допомогою біомеханічної моделі із використанням дистракційних кейджів визначено можливості відновлення величини сегментарного лордозу, параметрів хребтово-тазового балансу та сагітального контуру хребта як показників функціонального стану хребта, а також проаналізовано напружено-деформований стан у системі «транспедикулярна конструкція – хребетний руховий сегмент – дистракційний кейдж». У клінічні дослідження було залучено 21 пацієнта (15 жінок і 6 чоловіків) віком від 32 до 68 років (медіана – 56 [50;65] років), яких розподілили на три групи: основну (n=4), в якій використано авторський спосіб МІЗМТСХ (пат. заявка №а202302383 від 18.05.2023 р.), порівняння (n=10), в якій застосовано стандартний спосіб МІЗМТСХ, контрольну (n=7), в якій використано інші способи міжтілового спондилодезу. Обстеження пацієнтів проведено за стандартними протоколами. Логіко-статистичний аналіз виконано стандартними непараметричними методами за критичного рівня $p < 0,05$. Під час дослідження дотримано принципів біоетики та біомедицини.

Результати. Вивчено розміри хребтового каналу та оцінено динаміку неврологічних порушень до та після хірургічного лікування пацієнтів із дегенеративним спондилолістезом поперекового відділу хребта. Розроблено метод МІЗМТСХ із використанням дистракційних кейджів. За допомогою біомеханічної моделі визначено можливості відновлення величини сегментарного лордозу, параметрів хребтово-тазового балансу та сагітального контуру хребта як показників функціонального стану хребта. Проаналізовано напружено-деформований стан у системі «транспедикулярна конструкція – хребетний руховий сегмент – дистракційний кейдж».

Висновки. Використання запропонованого способу МІЗМТСХ із застосуванням дистракційних кейджів сприятиме підвищенню ефективності лікування пацієнтів із поперековим спондилолістезом.

Ключові слова: спондилолістез; лікування; операція; хірургія; малоінвазивна задня міжтілова стабілізація хребта

Поперековий спондилолістез (ПС) залишається важливою проблемою в хірургії хребта [1–5]. Якщо не вдавалося надати допомогу консервативно, то зазвичай проводили хірургічні втручання, але розвиток малоінвазивних методик дав змогу удосконалити лікування пацієнтів із ПС, скоротити тривалість перебування в стаціонарі та поліпшити показники реабілітації [6–10].

Застосування малоінвазивної задньої міжтілової стабілізації хребців (МІЗМТСХ) як самостійного втручання або з використанням дистракційних кейджів є перспективним підходом, який відповідає сучасній тенденції до збереження нормальної анатомії та зменшення хірургічної травми [11].

Необхідність упровадження та вдосконалення малоінвазивних підходів зумовлена численними геополітичними кризами у світі. Війна в Україні не лише є викликом для вітчизняної системи охорони здоров'я, а й пов'язана зі збільшенням частоти як травматичних ушкоджень хребта, так і множинних посттравматичних, дегенеративних порушень, зокрема спондилолістезу [12, 13].

Вплив війни поширюється також на логістику в охороні здоров'я, спричиняючи, зокрема, обмеження доступу до виробів медичного призначення та потребу в особливо ретельному забезпеченні під час проведення хірургічних операцій. Перевагу віддають підходам, які дають змогу досягти бажаного



клінічного результату за меншої тривалості операції та з меншими витратами ресурсів порівняно з великими хірургічними втручаннями. У цьому аспекті обґрунтування та розробка ефективних малоінвазивних хірургічних методик, наприклад, МІЗМТСХ із використанням дистракційних кейджів (**Рис. 1**), є актуальним завданням.

У багатьох медичних центрах розробляють і впроваджують малоінвазивні способи міжтілової (зокрема задньої) стабілізації хребців при ПС [14]. Часто використовують традиційні та малоінвазивні задні доступи з прийнятною частотою зрощення та низьким рівнем ускладнень, але вони обмежені обсягом тракції твердої оболонки та корінців спинномозкових нервів, а також ризиком ятрогенного пошкодження паравертебральних м'язів і розривом заднього зв'язкового комплексу. Передні доступи, які дають змогу обійти хребтовий канал, кінський хвіст і корінці спинномозкових нервів, пов'язані з ризиками абдомінальних та судинних ускладнень, а латеральні – з ризиком ураження поперекового сплетіння та сідничного м'яза [15].

Таким чином, удосконалення хірургічного лікування ПС, зокрема із застосуванням МІЗМТСХ, є актуальною проблемою.

Мета: підвищити ефективність лікування пацієнтів із поперековим спондилолітезом за допомогою малоінвазивної задньої міжтілової стабілізації хребців із використанням дистракційних кейджів.

Матеріали і методи

Дизайн дослідження

Проведено клінічне проспективне порівняльне (контрольоване) одноцентрове зрізове інтервенційне дослідження (**Рис. 2**).

За допомогою біомеханічної моделі із використанням дистракційних кейджів визначено можливості відновлення величини сегментарного лордозу, параметрів хребтово-тазового балансу та сагітального контуру хребта як показників функціонального стану хребта, а також проаналізовано напружено-деформований стан у системі «транспедикулярна конструкція – хребетний руховий сегмент – дистракційний кейдж» [16] у лабораторії біомеханіки Інституту патології хребта і суглобів імені проф. М.І. Ситенка НАМН України.

У клінічних дослідженнях взяли участь пацієнти з дегенеративним спондилолітезом поперекового відділу хребта і нейрокомпресійними розладами, які в 2017–2024 рр. перебували на стаціонарному лікуванні в нейрохірургічному відділенні № 2, у подальшому за ними проводили динамічне спостереження в поліклініці Комунального некомерційного підприємства Харківської обласної ради «Обласна клінічна лікарня» (м. Харків).

Дослідження виконано на базі кафедри нейрохірургії Харківського національного медичного університету.

Під час виконання дослідження дотримано принципів біоетики та біомедицини (протокол комісії з етики та біоетики Харківського національного медичного університету №7 від 10.10.2017 р.).



Рис. 1. Розроблений дистракційний кейдж

Учасники дослідження

У клінічні дослідження було залучено 21 пацієнта (15 жінок і 6 чоловіків) віком від 32 до 68 років (медіана – 56 (50; 65) років), яких розподілили на три групи: основну (n=4), в якій використано авторський спосіб МІЗМТСХ (пат. заявка №а202302383 від 18.05.2023 р.) (**Рис. 3**), порівняння (n=10), в якій застосовано стандартний спосіб МІЗМТСХ (**Рис. 4**), контрольну (n=7), в якій використано інші способи міжтілового спондилолізу (**Рис. 5**).

Критерії залучення:

• діагностований дегенеративний спондилолітез поперекового відділу хребта з нейрокомпресійними розладами у вигляді синдрому нейрогенної переміжної кульгавості, парезу нижньої кінцівки (3–4 бали), порушення чутливості за сегментарним типом (L4–L5, L5–S1);

• вік (32–68 років);

• оперативне лікування:

- для *основної групи* – запропонована методика МІЗМТСХ із використанням титанових дистракційних кейджів ;

- для *групи порівняння* – традиційна методика МІЗМТСХ;

- для *контрольної групи* – інші способи міжтілового спондилолізу поперекового відділу хребта.

Критерії вилучення:

• вік понад 75 років;

• відсутність неврологічної симптоматики або нейрокомпресійні розлади у вигляді парезу нижньої кінцівки (1–2 бали) чи плегії кінцівки;

• виразна соматична та супутня неврологічна патологія, судинна патологія нижніх кінцівок тощо;

• небажання брати участь у дослідженні.

Обстеження пацієнтів проведено за стандартними протоколами. Визначено тип літезу та його стадію, розраховано обсяг порушення сагітального балансу та нейрокомпресійних і біомеханічних порушень, що його супроводжують. Це дало змогу розрахувати необхідний обсяг інтраопераційної корекції лордозу для досягнення оптимальної компенсації біомеханічних порушень тощо.

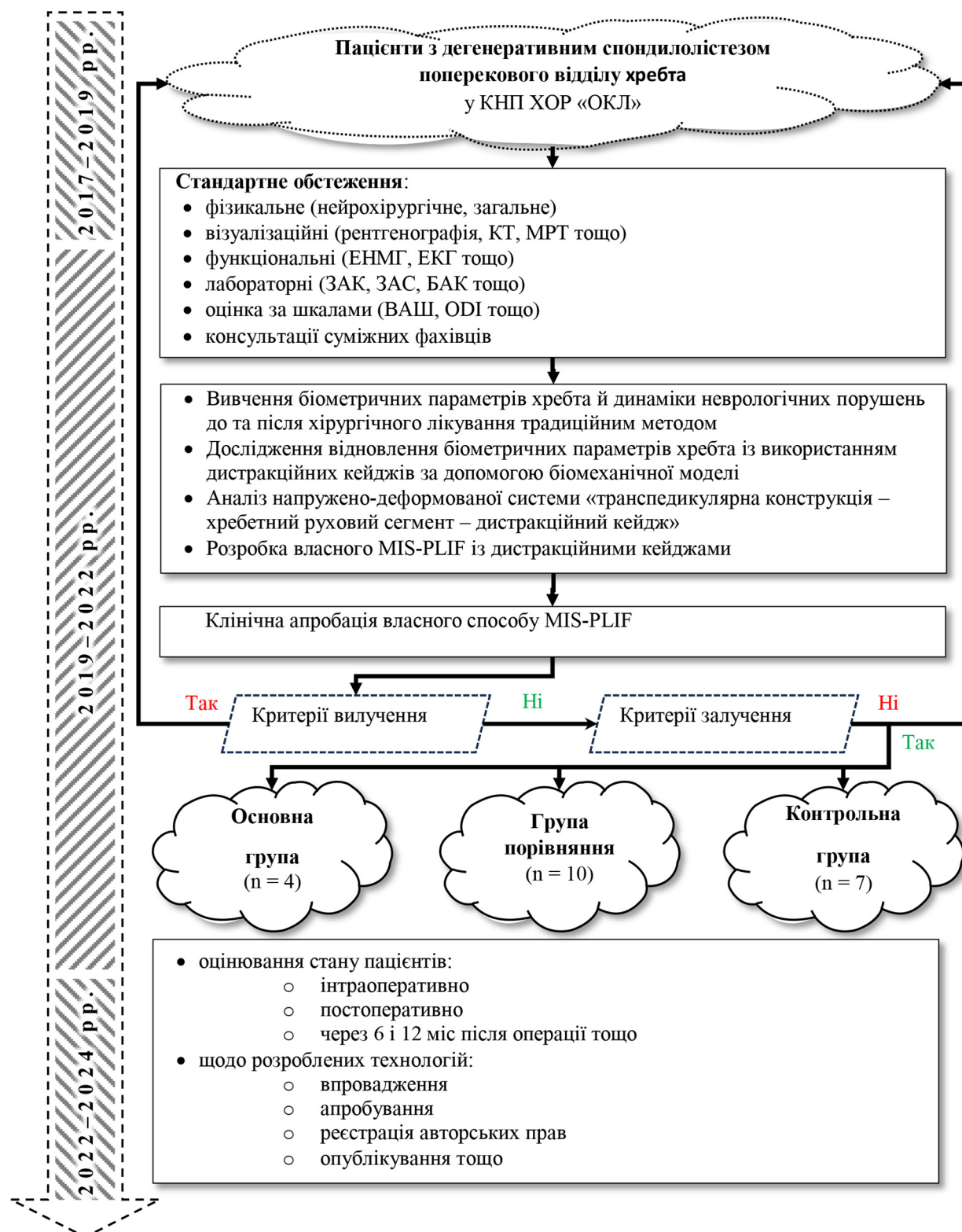


Рис. 2. Дизайн дослідження:

КНП ХОР «ОКЛ» – комунальне некомерційне підприємство Харківської обласної ради «Обласна клінічна лікарня»; КТ – комп'ютерна томографія (рентгенівська); МРТ – магнітно-резонансна томографія; ЕНМГ – електронейроміографія; ЕКГ – електрокардіографія; ЗАК – загальний аналіз крові; ЗАС – загальний аналіз сечі; БАК – біохімічні аналізи крові; ВАШ – візуальна аналогова шкала; ODI – індекс неповносправності Освестрі (Oswestry Disability Index); MIS-PLIF – малоінвазивний задній міжтіловий спондилодез поперекового відділу хребта (minimally invasive surgery posterior lumbar interbody fusion)

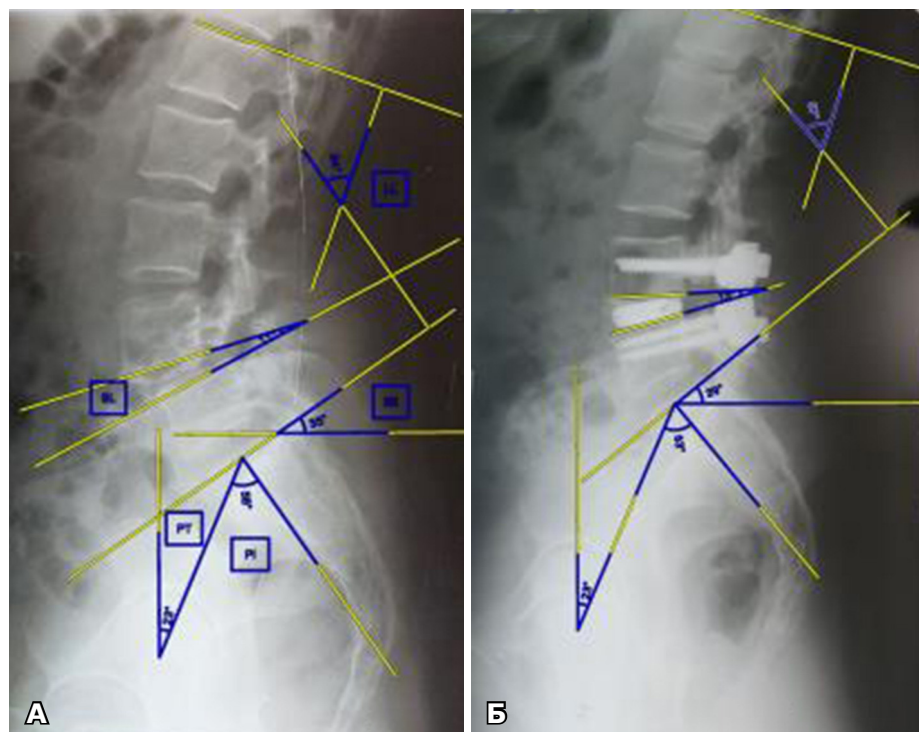


Рис. 3. Рентгенологічний контроль до та після операції за методикою малоінвазивної задньої міжтелової стабілізації хребців із використанням титанових дистракційних кейджів

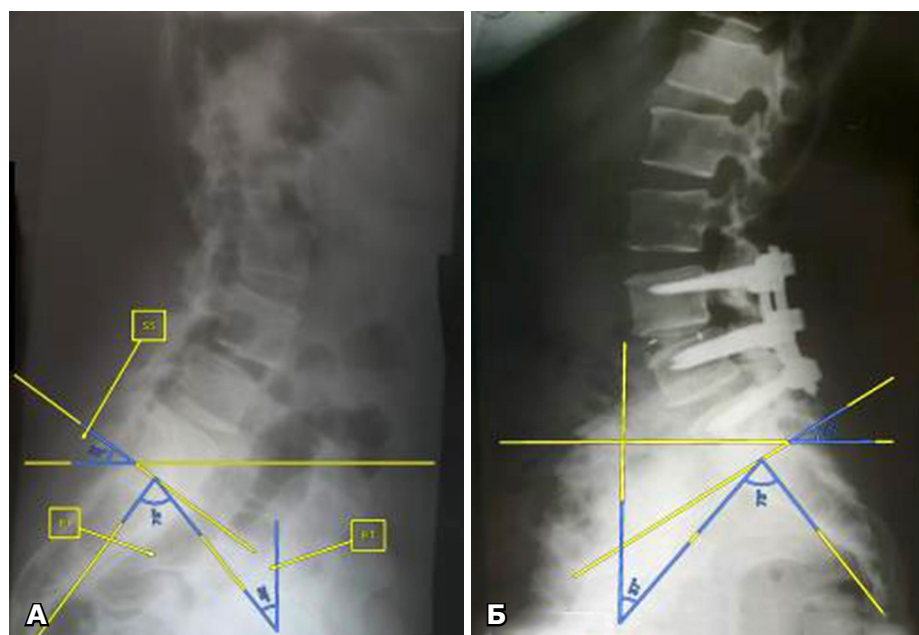


Рис. 4. Рентгенологічний контроль до та після операції за традиційною методикою малоінвазивної задньої міжтелової стабілізації хребців

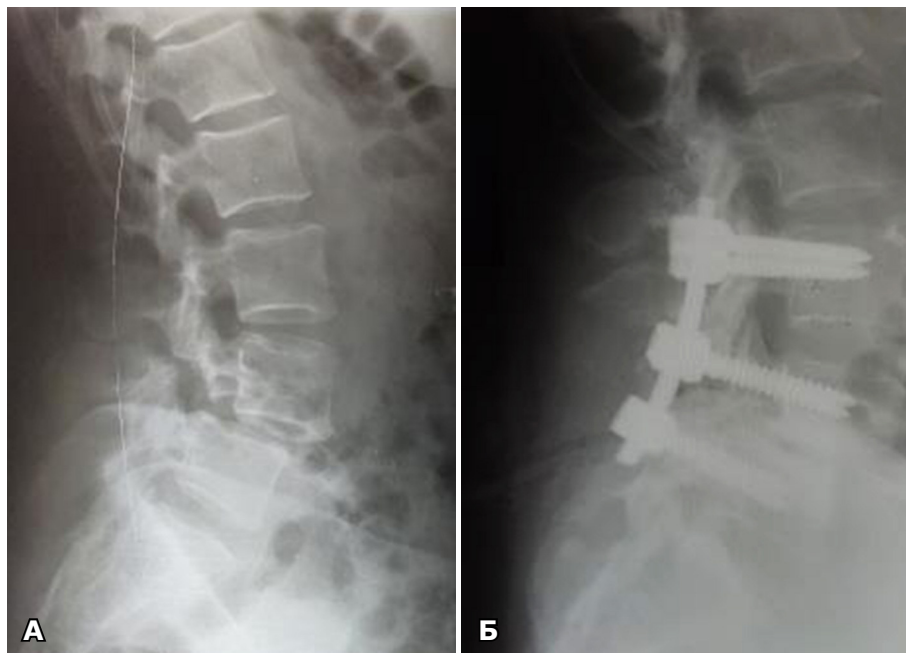


Рис. 5. Рентгенологічний контроль до та після операції за альтернативними способами міжтілового спондилодезу поперекового відділу хребта

Після доопераційної підготовки проведено малоінвазивне оперативне втручання за стандартною методикою з використанням міжтілового дистракційного кейджа. У 1-шу добу післяопераційного періоду за відсутності протипоказань пацієнтам виконували контрольне рентгенологічне обстеження для оцінки обсягу корекції та розрахунку основних біомеханічних показників (кута лордозу, нахилу крижів, коливання нахилу таза, схилу таза за сагітальною вертикальною віссю).

Проводили неврологічний огляд пацієнта з оцінюванням післяопераційних змін у неврологічному статусі, больового синдрому за візуальною аналоговою шкалою (ВАШ) і функціонального стану за ODI (Oswestry Disability Index).

На 30-ту добу за відсутності протипоказань виконували контрольну магнітно-резонансну томографію для оцінки формування первинного кісткового дезу, клініко-неврологічний огляд, оцінювання больового синдрому за ВАШ і функціонального стану за ODI.

Статистичний аналіз

Систематизацію даних та логіко-статистичний аналіз проводили стандартними методами за критичного рівня $p < 0,05$. Оскільки розподіл даних відрізнявся від нормального, використано непараметричні методи статистичного аналізу. Центральну закономірність описували за допомогою медіани (Me), варіативність ознак – з визначенням нижнього (LQ) і верхнього (UQ) кuartилів. Достовірність парних міжгрупових відмінностей оцінювали за допомогою критерію Манна-Уїтні. Порівняння частотних (абсолютних і відносних) показників здійснювали із використанням точного методу Фішера.

Результати та обговорення

Із клінічно значущих параметрів оцінювали ключові показники результативності (скарги й

анамнез, фізикальні дані (загальний стан, свідомість), тривалість операції, операційного доступу, ушивання операційної рани, дози інтраопераційного опромінення медичного персоналу та пацієнта, об'єм інтраопераційної крововтрати й гемотрансфузії, післяопераційне дренування, тривалість госпіталізації, частоту ускладнень (радикуліт, дисфункція корінців, слабкість згиначів стопи, біль під час згинання та розгинання стопи, парестезії, рухові порушення, неповноцінний спондилодез, псевдоартроз, пошкодження твердої мозкової оболони, травми великих судин, пошкодження невральних структур, інфекція ділянки хірургічного втручання, атрофія паравертебральних м'язів, післяопераційна кровотеча, лікворея, венозна тромбоемболія), розхитування гвинтів, мальпозиції металокопструкцій, виконання повторної операції, індекс маси тіла, кут лордозу, спосіб життя, прогресування порушень, тривалість консервативного лікування, зменшення болю після операції, відсоток зміщення до та після операції, збільшення міжхребцевого простору, висота форамінального отвору, інвалідність за ODI тощо).

За віком, співвідношенням статей, антропометричними, клініко-анамнестичними та фізикальними характеристиками групи були порівнянними ($p > 0,05$) (**Табл. 1**).

Параметри оперативного втручання були сприятливішими в основній групі (**Табл. 2**).

Частота ускладнень була найменшою в основній групі (**Табл. 3**). У цій групі не зареєстровано випадки післяопераційної кровотечі та ліквореї, венозної тромбоемболії, атрофії паравертебральних м'язів, неповноцінного спондилодезу, пошкодження твердої мозкової оболони, розхитування гвинтів, мальпозиції металокопструкцій, пошкодження невральних структур, травм великих судин, інфекції ділянки хірургічного втручання. Виконано одну повторну операцію з приводу псевдоартрозу.

Таблиця 1. Клініко-антропометрична характеристика пацієнтів із спондилолістезом поперекового відділу хребта

Параметр	Основна група (n = 4)	Група порівняння (n = 10)	Контрольна група (n = 7)	Усього (n = 21)
Вік, років	50 [37;53]	63 [50;66]	59 [53;60]	50 [37;53]
Чоловіки	1 (25%)	4 (40%)	1 (14%)	6 (29%)
Жінки	3 (75%)	6 (60%)	6 (86%)	15 (71%)
Індекс маси тіла, кг/м ²	32 [28;34]	32 [28;34]	32 [28;34]	32 [28;34]
Загальний стан	ВЗ	ВЗ	ВЗ	ВЗ
Свідомість	Ясна	Ясна	Ясна	Ясна
Ахіллів рефлекс	Ослаблений	Ослаблений	Ослаблений	Ослаблений
Болючість	Так	Так	Так	Так
Симптом Ласега	Позитивний	Позитивний	Позитивний	Позитивний
Симптом Васермана	Позитивний	Позитивний	Позитивний	Позитивний
Гіпостезія	Так	Так	Так	Так
Гіперестезія	Так	Так	Так	Так
Менінгеальні знаки	Ні	Ні	Ні	Ні
Стопні знаки	Ні	Ні	Ні	Ні
Координація	Збережена	Збережена	Збережена	Збережена
Парез	Так	Так	Так	Так

Примітка: ВЗ – відносно задовільний.

Таблиця 2. Параметри оперативного втручання з приводу спондилолістезу поперекового відділу хребта

Параметр	Основна група (n = 4)	Група порівняння (n = 10)	Контрольна груп (n = 7)	Усього (n = 21)
Тривалість госпіталізації, доба	13 [11;18]	9 [7;12]	11 [6;22]	10 [7;15]
Тривалість операції, хв	180 [180;180] #	180 [160;210]	360 [240;480]	180 [180;215]
Тривалість операційного доступу, хв	30 [30;30] *#	60 [60;60]	60 [60;90]	60 [30;60]
Тривалість ушивання операційної рани, хв	10 [8;10] *#	40 [40;40]	45 [40;50]	40 [12;40]
Тривалість інтраопераційного опромінення медичного персоналу, с	92 [87;93]	93 [90;95]	87 [81;90]	91 [87;94]
Інтраопераційне опромінення медичного персоналу загалом, мЗв	0,22 [0,19;0,23]	0,25 [0,21;2,18]	0,20 [0,08;0,26]	0,23 [0,20;0,48]
хірурга біля пацієнта, мЗв	0,08 [0,07;0,08]	0,09 [0,07;1,05]	0,07 [0,03;0,09]	0,08 [0,07;0,18]
персоналу, що асистує, на середній дистанції, мЗв	0,06 [0,05;0,07]	0,07 [0,07;0,09]	0,06 [0,02;0,08]	0,07 [0,06;0,08]
іншого персоналу на більшій дистанції, мЗв	0,03 [0,03;0,04]	0,05 [0,04;0,08]	0,04 [0,01;0,05]	0,23 [0,20;0,48]
Інтраопераційне опромінення пацієнта, мЗв	2 [1;4]	1 [1;2]	1 [1;5]	2 [1;3]
Інтраопераційна крововтрата, мл	100 [100;100] *#	200 [200;300]	500 [400;600]	200 [100;400]
Гемотрансфузія	Не проводили	1 (10%)	Не проводили	1 (5%)
Гемотрансфузія, мл	–	600 [600;600]	–	600 [600;600]
Післяопераційне дренування	Не проводили	3 (30%)	1 (14%)	4 (19%)
Об'єм післяопераційного дренування, мл	–	0 [0;300]	0 [0;300]	0 [0;0]

Продовження таблиці 2. Параметри оперативного втручання з приводу спондилолітезу поперекового відділу хребта

Параметр	Основна група (n = 4)	Група порівняння (n = 10)	Контрольна груп (n = 7)	Усього (n = 21)
Зменшення болю після операції, різниця балів	4 [4;4] #	3 [3;4]	2 [1;2]	3 [3;4]
Зміщення, %:				
до операції	20 [20;25]	17,5 [10;30]	25 [20;30]	20 [15;30]
після операції	5 [5;5]	5 [0;15]	15 [0;25]	5 [0;15]
Зміщення сагітальної вертикальної вісі, см:				
до операції	10 [8;11]	10 [7;12]	10 [8;12]	10 [8;12]
після операції	5 [4;6]	6 [5;7]	6 [5;8]	6 [5;7]
Кут нахилу таза, градус:				
до операції	50 [49;52]	50 [48;53]	58 [56;60]	54 [50;57]
після операції	52 [51;53]	52 [50;55]	60 [58;62]	56 [54;58]
Кут відхилення таза, градус:				
до операції	19 [18;20]	24 [22;27]	30 [29;33]	25 [23;27]
після операції	16 [15;17]	22 [20;25]	28 [26;30]	25 [19;23]
Кут нахилу крижів, градус:				
до операції	31 [30;32]	30 [28;33]	30 [28;32]	31 [30;32]
після операції	34 [33;35]	32 [30;35]	33 [31;35]	33 [31;35]
Збільшення міжхребцевого простору, мм	10 [9;11] *	8 [5;9]	11 [8;12]	9 [7;10]
Збільшення висоти форамінального отвору, мм	2,1 [2,0;2,1]	2,2 [1,9;2,2]	1,9 [1,8;1,9]	2,1 [1,9;2,2]
Тривалість консервативного лікування, міс	12 [12;12]	12 [3;18]	12 [12;18]	12 [6;18]
Тривалість реабілітації, міс	6 [6;6]	6 [6;12]	12 [6;18]	6 [6;12]
Динаміка інвалідності за ODI, бал	10 [10;15]	15 [10;25]	18 [10;20]	15 [10;20]

Примітка: * – відмінність від групи порівняння статистично значуща ($p < 0,05$); # – відмінність від контрольної групи статистично значуща ($p < 0,05$).

Таблиця 3. Частота ускладнень після оперативного втручання з приводу спондилолітезу поперекового відділу хребта

Параметр	Основна група (n = 4)	Група порівняння (n = 10)	Контрольна група (n = 7)	Усього (n = 21)
Післяопераційна кровотеча	–	3 (30%)	1 (14%)	4 (21%)
Післяопераційна лікворея	–	1 (10%)	–	1 (5%)
Венозна тромбоемболія	–	–	–	–
Атрофія паравертебральних м'язів	–	10 (100%)	1 (14%)	11 (52%)
Радикуліт із дисфункцією корінців спинномозкових нервів у вигляді:	1 (25%)	3 (30%)	1 (14%)	5 (24%)
вегетативних розладів:				
частота	4 (100%)	10 (100%)	2 (29%)	16 (76%)
тиж	1	1	1	1
гіпостезії:				
частота	1 (25%)	4 (40%)	1 (14%)	6 (29%)
тиж	1	1	1	1

Продовження таблиці 3. Частота ускладнень після оперативного втручання з приводу спондилолістезу поперекового відділу хребта

Параметр	Основна група (n = 4)	Група порівняння (n = 10)	Контрольна група (n = 7)	Усього (n = 21)
болю під час згинання й розгинання стопи:				
частота	1 (25%)	3 (30%)	1 (14%)	5 (24%)
тиж	1	1	1	1
парестезії:				
частота	4 (100%)	3 (30%)	1 (14%)	8 (38%)
тиж	1	2	2	2
слабкості згиначів стопи:				
частота	–	2 (20%)	1 (14%)	3 (14%)
тиж	–	4	4	4
Розхитування гвинтів	–	1 (10%)	1 (14%)	2 (10%)
Мальпозиція металоконструкцій	–	1 (10%)	1 (14%)	2 (10%)
Неповноцінний спондилодез	–	1 (10%)	1 (14%)	2 (10%)
Пошкодження твердої мозкової оболони	–	2 (20%)	–	2 (10%)
Пошкодження невральних структур	–	2 (20%)	–	2 (10%)
Травми великих судин	–	–	–	–
Інфекція ділянки хірургічного втручання	–	1 (10%)	1 (14%)	2 (10%)
Повторна операція	1 (25%)	1 (10%)	–	2 (10%)

Отримано дані, які підтверджують ефективність авторського способу МІЗМТСХ із використанням дистракційних кейджів у пацієнтів із дегенеративним спондилолістезом поперекового відділу хребта.

Важливість цього підходу зумовлена тим, що в хірургії хребта триває пошук оптимальних методів лікування, які поєднують ефективність корекції деформації та стабільність хребтового сегмента на тлі зменшення частоти післяопераційних ускладнень. Малоінвазивні технології, зокрема використання транспедикулярної фіксації та міжтілових кейджів, останнім часом розглядають як найперспективніший напрям у хірургії дегенеративних захворювань хребта [17–19].

Результати нашого дослідження продемонстрували, що в пацієнтів основної групи, яким було виконано хірургічне втручання за авторською методикою, була виразнішою позитивна динаміка функціонального відновлення порівняно з групою стандартного лікування та контрольною групою. Аналіз показників до та після операції виявив значне зменшення інтенсивності больового синдрому за ВАШ. У пацієнтів основної групи рівень болю знизився в середньому на 4 бали, тоді як у групі порівняння – на 3 бали, у контрольній групі – на 2 бали (різниця статистично значуща). Крім того, оцінка функціонального стану за ODI показала значне поліпшення в пацієнтів основної групи (зменшення на 10 балів). Це свідчить про ефективніше відновлення хребетного рухового сегмента та відсутність суттєвих обмежень у повсякденній активності.

Критично важливим є відновлення висоти міжхребцевого простору після хірургічного втручання, оскільки цей показник є одним із ключових у забезпеченні стабільності та функціональності хребетного рухового сегмента. У пацієнтів основної групи післяопераційне збільшення міжхребцевого простору становило 10 [9;11] мм, що перевищувало показники групи порівняння (8 [5;9] мм, $p < 0,05$). Відновлення міжхребцевого простору відіграє вирішальну роль у зменшенні компресії нервових структур, що зменшує неврологічний дефіцит та больовий синдром. Важливим аспектом є також збереження хребтово-тазового балансу, що є основним чинником у забезпеченні тривалого позитивного клінічного результату. Згідно з отриманими даними, коригування кута нахилу крижів і таза було найоптимальнішим у пацієнтів основної групи, що свідчить про ефективність застосованої методики щодо біомеханічної стабільності.

Оцінювання інтраопераційних параметрів показало, що використання дистракційних кейджів дало змогу суттєво зменшити тривалість оперативного втручання та госпіталізації, об'єм крововтрати. Тривалість операції в основній групі становила 180 [180;180] хв, що відповідає стандартним параметрам MIS-PLIF (minimally invasive surgery posterior lumbar interbody fusion (малоінвазивний задній міжтіловий спондилодез поперекового відділу хребта)) та є меншою ($p < 0,05$) порівняно з показником контрольної групи (360 [240;480] хв). Скорочення тривалості операції безпосередньо впливає на

зниження ризику інтраопераційних ускладнень, таких як крововтрата та інфекційні ускладнення. В основній групі значно зменшилася інтраопераційна крововтрата – 100 [100;100] мл, тоді як у групі порівняння цей показник становив 200 [200;300] мл ($p<0,05$), у контрольній групі – 500 [400;600] мл ($p<0,05$). Зменшення крововтрати дає змогу уникнути необхідності переливання крові та мінімізує ризик гіповолемічного шоку.

Аналіз післяопераційних ускладнень виявив найменшу їхню частоту в пацієнтів, яким проведено лікування за авторською методикою. Так, в основній групі не було випадків атрофії паравертебральних м'язів, тоді як у групі порівняння їхня частота становила 100%, у контрольній групі – 50% ($p<0,05$). Це зумовлено принципово іншою технікою (доступом) і свідчить про те, що малоінвазивний підхід значно знижує ризик ятрогенного пошкодження м'язово-зв'язкового апарату та сприяє кращій післяопераційній реабілітації.

Частота післяопераційної кровотечі в групах порівняння та контрольній становила 27 і 33% відповідно, тоді як в основній групі таких випадків не було ($p<0,05$). Важливе значення мало значне зниження ризику радикуліту з дисфункцією корінців спинного мозку, який в основній групі зареєстровано лише в 25% випадків, тоді як у групі порівняння – у 30%, у контрольній групі – у 50% ($p<0,05$).

Отримані результати узгоджуються із сучасними дослідженнями, які демонструють переваги малоінвазивних методик у лікуванні дегенеративного спондилолістезу: вони дають змогу зменшити ризик операційних ускладнень, поліпшити післяопераційні результати та скоротити період реабілітації. Зокрема продемонстровано значне поліпшення параметрів сагітального балансу в пацієнтів, яким проведено лікування із застосуванням дистракційних кейджів у межах MIS-PLIF [20,21].

Висновки

1. Вивчено розміри хребтового каналу та оцінено динаміку неврологічних порушень після хірургічного лікування пацієнтів із дегенеративним спондилолістезом поперекового відділу хребта традиційним методом.

2. Визначено величину сегментарного лордозу, параметри хребтово-тазового балансу та сагітального контуру хребта як показники функціонального стану хребта до та після хірургічного лікування пацієнтів із дегенеративним спондилолістезом поперекового відділу хребта традиційним методом.

3. Обґрунтовано та розроблено власний метод МІЗМТСХ із використанням дистракційних кейджів.

4. Визначено критерії ефективності запропонованого способу МІЗМТСХ із використанням дистракційних кейджів.

5. За допомогою біомеханічної моделі із використанням дистракційних кейджів оцінено можливості відновлення величини сегментарного лордозу, параметрів хребтово-тазового балансу та сагітального контуру хребта як показників функціонального стану хребта, а також проаналізовано напружено-деформований стан у системі «транспедикулярна конструкція – хребетний руховий сегмент – дистракційний кейдж».

Перспективи подальших досліджень – клінічна апробація малоінвазивної задньої міжтілової стабілізації хребців із використанням дистракційних кейджів у пацієнтів зі спондилолістезом поперекового відділу хребта.

Розкриття інформації

Конфлікт інтересів

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Етичні норми

Усі процедури, виконані пацієнтам під час дослідження, відповідають етичним стандартам інституційного та національного комітетів з етики і Гельсінській декларації 1964 року та її поправкам або аналогічним етичним стандартам.

Інформована згода

Від кожного пацієнта отримано інформовану згоду.

Фінансування

Дослідження не мало спонсорської підтримки.

Подяка

Автори висловлюють подяку адміністрації Комунального некомерційного підприємства Харківської обласної ради «Обласна клінічна лікарня», Харківського національного медичного університету та Інституту патології хребта і суглобів імені проф. М. І. Ситенка НАМН України за можливість виконати дослідження на базі їхніх підрозділів, ТОВ «Калмиков Консалтинг» за допомоги в систематизації результатів клінічної фази дослідження, усім колегам за конструктивне обговорення, апробацію та впровадження.

Список літератури

- García-Ramos CL, Valenzuela-González J, Baeza-Álvarez VB, Rosales-Olivarez LM, Alpizar-Aguirre A, Reyes-Sánchez A. Degenerative spondylolisthesis I: general principles. *Acta Ortop Mex.* 2020 Sep-Oct;34(5):324-328. English.
- Chung CC, Shimer AL. Lumbosacral Spondylolysis and Spondylolisthesis. *Clin Sports Med.* 2021 Jul;40(3):471-490. doi: 10.1016/j.csm.2021.03.004
- Bydon M, Alvi MA, Goyal A. Degenerative Lumbar Spondylolisthesis: Definition, Natural History, Conservative Management, and Surgical Treatment. *Neurosurg Clin N Am.* 2019 Jul;30(3):299-304. doi: 10.1016/j.nec.2019.02.003
- García-Ramos CL, Valenzuela-González J, Baeza-Álvarez VB, Rosales-Olivarez LM, Alpizar-Aguirre A, Reyes-Sánchez A. Lumbar degenerative spondylolisthesis II: treatment and controversies. *Acta Ortop Mex.* 2020 Nov-Dec;34(6):433-440. English.
- Li N, Scofield J, Mangham P, Cooper J, Sherman W, Kaye AD. Spondylolisthesis. *Orthop Rev (Pavia).* 2022 Jul 27;14(3):36917. doi: 10.52965/001c.36917
- Arts MP, Wolfs JF, Kuijlen JM, de Ruiter GC. Minimally invasive surgery versus open surgery in the treatment of lumbar spondylolisthesis: study protocol of a multicentre, randomised controlled trial (MISOS trial). *BMJ Open.* 2017 Nov 12;7(11):e017882. doi: 10.1136/bmjopen-2017-017882
- Hammad A, Wirries A, Ardeschiri A, Nikiforov O, Geiger F. Open versus minimally invasive TLIF: literature review and meta-analysis. *J Orthop Surg Res.* 2019 Jul 22;14(1):229. doi: 10.1186/s13018-019-1266-y
- Lu VM, Kerezoudis P, Gilder HE, McCutcheon BA, Phan K, Bydon M. Minimally Invasive Surgery Versus Open Surgery Spinal Fusion for Spondylolisthesis: A Systematic Review and Meta-analysis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2017 Feb;42(3):E177-E185. doi: 10.1097/BRS.0000000000001731
- Ntoukas V, Müller A. Minimally invasive approach versus

- traditional open approach for one level posterior lumbar interbody fusion. *Minim Invasive Neurosurg.* 2010 Feb;53(1):21-4. doi: 10.1055/s-0030-1247560
10. Yang Y, Liu ZY, Zhang LM, Pang M, Chhantyal K, Wu WB, Chen ZH, Luo CX, Rong LM, Liu B. Microendoscopy-Assisted Minimally Invasive Versus Open Transforaminal Lumbar Interbody Fusion for Lumbar Degenerative Diseases: 5-Year Outcomes. *World Neurosurg.* 2018 Aug;116:e602-e610. doi: 10.1016/j.wneu.2018.05.049
 11. Schnake KJ, Fleiter N, Hoffmann C, Pingel A, Scholz M, Langheinrich A, Kandziora F. PLIF surgery with titanium-coated PEEK or uncoated PEEK cages: a prospective randomised clinical and radiological study. *Eur Spine J.* 2021 Jan;30(1):114-121. doi: 10.1007/s00586-020-06642-x
 12. Nekhlopochyn O, Verbov V, Tsybaliuk I, Cheshuk I, Vorodi M. The choice of classification to determine the optimal tactics for treatment of the thoracolumbar junction traumatic injuries. *Pol Merkur Lekarski.* 2024;52(1):104-111. doi: 10.36740/Merkur202401116
 13. Ashworth E, Baxter D, Gibb I, Wilson M, Bull AMJ. Injuries in Underbody Blast Fatalities: Identification of Five Distinct Mechanisms of Head Injury. *J Neurotrauma.* 2023 Jan;40(1-2):141-147. doi: 10.1089/neu.2021.0400
 14. Pereira P, Park Y, Arzoglou V, Charles YP, Krutko A, Senker W, Park SW, Franke J, Fuentes S, Bordon G, Song Y, He S, Vialle E, Mlyavykh S, Varanda P, Hosszu T, Bhagat S, Hong JY, Vanhauwaert D, de la Dehesa P. Anterolateral versus posterior minimally invasive lumbar interbody fusion surgery for spondylolisthesis: comparison of outcomes from a global, multicenter study at 12-months follow-up. *Spine J.* 2023 Oct;23(10):1494-1505. doi: 10.1016/j.spinee.2023.05.013
 15. 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. *J Spine Surg.* 2015 Dec;1(1):2-18. doi: 10.3978/j.issn.2414-469X.2015.10.05
 16. Стогній АВ, П'ятикоп ВО, Яресько ОВ, Попсуйшапка КО, Підгайська ОО, Карпінський МЮ. Вивчення розподілу напружень моделі заднього міжхребцевого спондилодезу поперекового відділу хребта (імплантат PEEK і дистракційний кейдж). *Травма.* 2022;23(6):47-55. doi: 10.22141/1608-1706.6.23.2022.923
 17. Arim O, Alshalcy A, Shakir M, Agha O, Alhamdany H. TRANSPEDICULAR SCREW FIXATION IN DEGENERATIVE LUMBOSACRAL SPINE DISEASE SURGICAL OUTCOME. *Georgian Med News.* 2024 Mar;(348):117-121
 18. Doğu H, Abdallah A, Muçuoğlu AO, Demirel N, Elmadağ NM. Comparing Three-dimensional and Two-dimensional Preoperative Planning for Lumbar Transpedicular Screw Placement: A Retrospective Study. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg.* 2025 Jan;86(1):1-11. doi: 10.1055/a-2175-3215
 19. Wu L, Jiang X, Guan T, He Z, Li J. Biomechanical properties analysis of posterior lumbar interbody fusion with transpedicular oblique screw fixation. *Heliyon.* 2024 Oct 4;10(19):e38929. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e38929
 20. Lewandowski KU, Soriano-Sánchez JA, Zhang X, Ramírez León JF, Soriano Solís S, Rugeles Ortiz JG, Martínez CR, Alonso Cuéllar GO, Liu K, Fu Q, de Lima E Silva MS, de Carvalho PST, Hellinger S, Dowling Á, Prada N, Choi G, Datar G, Yeung A. Surgeon motivation, and obstacles to the implementation of minimally invasive spinal surgery techniques. *J Spine Surg.* 2020 Jan;6(Suppl 1):S249-S259. doi: 10.21037/jss.2019.08.02
 21. Modi HN, Shrestha U. Comparison of Clinical Outcome and Radiologic Parameters in Open TLIF Versus MIS-TLIF in Single- or Double-Level Lumbar Surgeries. *Int J Spine Surg.* 2021 Oct;15(5):962-970. doi: 10.14444/8126