

Оригінальна стаття = Original article = Оригинальная статьяDOI: <https://doi.org/10.25305/unj.139968>**Динаміка інтенсивності больового синдрому у пацієнтів після
вентрального субаксіального металоспондилодезу**

Слинько Є.І., Нехлопочин О.С.

Відділення патології спинного мозку та хребта, Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України, Київ, Україна

Надійшла до редакції 31.07.2018
Прийнята до публікації 29.08.2018

Адреса для листування:

Нехлопочин Олексій Сергійович,
Відділення патології спинного мозку та хребта, Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова, вул. Платона Майбороди, 32, Київ, Україна, 04050, e-mail: AlexeyNS@gmail.com

Мета: вивчити динаміку інтенсивності больового синдрому після вентрального субаксіального спондилодезу з приводу травматичного пошкодження шийного відділу хребта залежно від виду стабілізуючої конструкції.

Матеріали і методи. Оперативне втручання з приводу травматичного пошкодження шийного відділу хребта перенесли 53 пацієнта: в обсязі резекції пошкодженого тіла хребця і стабілізації вертикальним циліндричним імплантатом типу Mesh у поєднанні з вентральною пластиною (n = 29) або телескопічним протезом тіла хребця (n = 24). Оцінку ступеня больового синдрому із застосуванням числової рейтингової шкали проводили до операції, через 5–7 днів, 3, 6 і 12–18 міс.

Результати. Отримані дані демонструють перевагу застосування телескопічного імплантату тіла хребця, зокрема рівень інтенсивності болю в післяопераційний період був нижчим. Через 5–7 днів і 3 міс різниця за цим показником між групами була статистично значущою. До 12–18-го місяця після хірургічного втручання відзначено поступове нівелювання відмінностей між групами.

Висновки. Стабілізуюча система, яку застосовують під час хірургічного втручання, значною мірою зумовлює тривалість больового синдрому в післяопераційний період. Раціональний підбір конструкції, котру імплантують, дає змогу поліпшити якість життя пацієнтів після вентрального спондилодезу.

Ключові слова: больовий синдром; передній цервікоспондилодез; імплантат тіла хребця; числова рейтингова шкала

Український нейрохірургічний журнал. 2018;(3):47-54.

Dynamics of pain intensity in patients after anterior subaxial cervical fusion

Ievgenii I. Slyenko, Alexey S. Nekhlopochin

Department of Spine Surgery, Romodanov Neurosurgery Institute, Kyiv, Ukraine

Received: 31 July 2018
Accepted: 29 August 2018

Address for correspondence:

Alexey S. Nekhlopochin, Department of Spine Surgery, Romodanov Neurosurgery Institute, 32 Platona Maiborody St., Kyiv, Ukraine, 04050, e-mail: AlexeyNS@gmail.com

Objective: to study dynamics of pain intensity in patients undergone anterior subaxial cervical fusion depending on the type of fixing construction.

Materials and Methods. Thirty-five patients were operated for traumatic cervical spine injury: resection of the damaged vertebral body and fusion with vertical cylindrical implant types Mesh combined with ventral plate (29 patients) or telescopic vertebral body replacement implant (24 patients). The pain intensity was evaluated during observation period: before surgery, after 5–7 days, 3 months, 6 months and 12–18 months after operation using a numeral rating scale.

Results. The data obtained demonstrate the benefit of using telescopic vertebral body replacement implant that is evident as a lower level of pain intensity in patients in the postoperative period. The studied index difference is statistically significant in observation terms of 5–7 days and 3 months. The gradual leveling of differences between the groups is observed with 12–18 months after surgery.

Conclusion. The type of fusion system when used during surgery has a great influence on the pain duration in the postoperative period. Optimal selection of implant design can improve the quality of life in patients after anterior subaxial cervical fusion.

Keywords: pain; anterior cervical fusion; vertebral body replacement implant; numeral rating scale

Ukrainian Neurosurgical Journal. 2018;(3):47-54.

Copyright © 2018 Ievgenii I. Slyenko, Alexey S. Nekhlopochin



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Динамика интенсивности болевого синдрома у пациентов после вентрального субаксиального металлоспондилодеза

Слынько Е.И., Нехлопочин А.С.

Отделение патологии спинного мозга и позвоночника, Институт нейрохирургии им. акад. А.П. Ромоданова НАМН Украины, Киев, Украина

Поступила в редакцию 31.07.2018

Принята к публикации 29.08.2018

Адрес для переписки:

Нехлопочин Алексей Сергеевич,
Отделение патологии спинного
мозга и позвоночника, Институт
нейрохирургии им. акад. А.П.
Ромоданова, ул. Платона
Майбороды, 32, Киев, Украина,
04050, e-mail: AlexeyNS@gmail.com

Цель: изучить динамику интенсивности болевого синдрома после вентрального субаксиального спондилодеза по поводу травматического повреждения шейного отдела позвоночника в зависимости от вида стабилизирующей конструкции.

Материалы и методы. Оперативное вмешательство по поводу травматического повреждения шейного отдела позвоночника перенесли 53 пациента: в объеме резекции поврежденного тела позвонка и стабилизации вертикальным цилиндрическим имплантатом типа Mesh в сочетании с вентральной пластиной (n = 29) или телескопическим протезом тела позвонка (n = 24). Оценку степени выраженности болевого синдрома с применением числовой рейтинговой шкалы проводили до операции, через 5–7 дней, 3, 6 и 12–18 мес.

Результаты. Полученные данные демонстрируют преимущество применения телескопического протеза тела позвонка, в частности уровень интенсивности боли в послеоперационный период был более низким. Через 5–7 дней и 3 мес разница по данному показателю между группами была статистически значимой. К 12–18-му месяцу после хирургического вмешательства отмечено постепенное нивелирование отличий между группами.

Выводы. Применяемая во время хирургического вмешательства стабилизирующая система в значительной мере определяет длительность болевого синдрома в послеоперационный период. Рациональный подбор имплантируемой конструкции позволяет улучшить качество жизни пациентов после вентрального спондилодеза.

Ключевые слова: болевой синдром; передний цервикоспондилодез; имплантат тела позвонка; числовая рейтинговая шкала

Украинский нейрохирургический журнал. 2018;(3):47–54.

Вступ

На сучасному етапі розвитку медицини кінцевою метою будь-якого оперативного втручання є не лише коригувальна дія на патологічний осередок для усунення його негативного впливу на організм, а і мінімізація віддалених наслідків як захворювання, так і хірургічного втручання. Найоб'єктивнішим критерієм, який обґрунтовує метод оперативного лікування, його радикальність, своєчасність, хірургічний доступ, імплантацію сторонніх конструкцій, шляхи післяопераційної реабілітації, є якість життя пацієнта [1,2].

Розвиток вертебології в останні десятиліття характеризується активним впровадженням у клінічну практику широкого спектру імплантатів стабілізуючого або одночасно тілозамінного та стабілізуючого призначення [3–5]. Велика кількість наукових робіт присвячена перевагам тих чи тих матеріалів, з яких виготовлено імплантати, конструктивними особливостями пристроїв, зручності установки конструкції під час оперативного втручання, динаміці рентгенологічної картини в післяопераційний період тощо [6–10].

Відомо, що конструктивні особливості імплантатів у хірургії хребта значною мірою зумовлюють біомеханічні показники як прооперованого хребетно-рухового сегмента (ХРС), так і всього хребетного стовпа, що має клінічні вияви, та визначають терміни консолідації і ступінь стабілізації [11–16].

При аналізі стану пацієнтів, які перенесли травму шийного відділу хребта та оперативне втручання, найбільшу увагу зазвичай приділяють ступеню неврологічного дефіциту, тоді як суб'єктивні відчуття, пов'язані з установкою імплантату, залишаються поза увагою [17]. У разі неускладненої травми шийного відділу хребта (ШВХ) або за наявності негрубого неврологічного дефіциту, який може успішно регресувати в післяопераційний період, саме інтенсивність болю є чинником, котрий визначає якість життя пацієнта після оперативного втручання [18–21].

Мета: вивчити динаміку інтенсивності болювого синдрому після вентрального субаксіального спондилодезу з приводу травматичного пошкодження шийного відділу хребта залежно від виду стабілізуючої конструкції.

Матеріали і методи

Клінічний матеріал – 53 пацієнта з різними за характером і локалізацією травматичними ушкодженнями середньо-нижньошийного відділу хребта.

Критеріями залучення в дослідження була госпіталізація постраждалого в стаціонар у терміни до 2 тиж з моменту травми і наявність пошкоджень передньої і середньої опорних колон ШВХ на субаксіальному рівні, котрі потребували хірургічного втручання.

Неврологічний статус при госпіталізації: болювий синдром (100,0%), сенсорні порушення провіднико-

Стаття містить рисунки, які відображаються в друкованій версії у відтінках сірого, в електронній — у кольорі.

вого (24,2%) і корінцевого (60,6%) характеру, дисфункція тазових органів (15,2%) за типом затримки сечовипускання (12,1%) або імперативних позивів (3,0%).

Для виключення впливу стійких функціональних розладів на результати в дослідження було залучено пацієнтів, неврологічний статус яких до моменту виписки зі стаціонару відповідав групам D і E відповідно до ASIA Impairment Scale.

Залежно від способу стабілізації оперованого ХРС хворих розподілили на дві групи: перша – 29 (54,72%) пацієнтів, яким виконали передню декомпресію спинного мозку шляхом субтотальної резекції тіла пошкодженого хребця і міжтіловий спондилодез вертикальним циліндричним сітчастим імплантатом (конструкція типу Mesh) у поєднанні з вентральною пластиною (Рис. 1) [22,23], друга – 24 (45,28%) пацієнта, яким провели аналогічне втручання, а як

стабілізувальну систему використали телескопічний тілозамінний імплантат (ТЗІ), інтегрований із пластиною (Рис. 2) [24].

За характером кістково-травматичних ушкоджень, середнім віком, ступенем неврологічних розладів, тривалістю періоду від моменту травми до оперативного втручання групи статистично значущо не відрізнялися.

Усім пацієнтам проведено оцінку інтенсивності больового синдрому в момент надходження в стаціонар, на 5-ту–7-му добу після оперативного втручання, при контрольних оглядах через 3, 6 та 12–18 міс після операції. В ці самі терміни проводили спондилографію ШВХ та комп'ютерну томографію. Як інструмент для оцінки інтенсивності больового синдрому використовували числову рейтингову шкалу (Numerical Rating Scale (NRS), (Рис. 3), яка, на думку більшості авторів, є зрозумілішою для пацієнта та зручною для оброб-

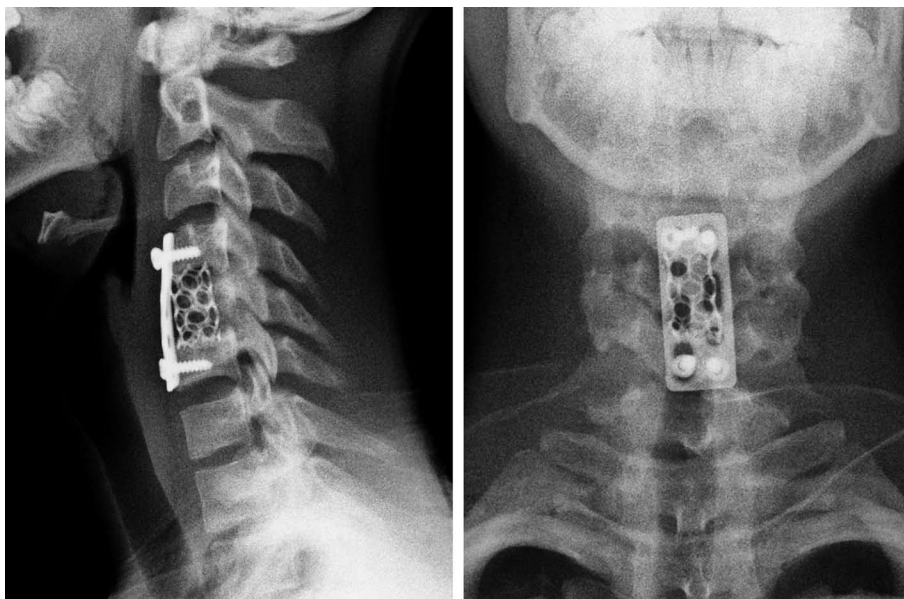


Рис. 1. Спондилограма пацієнта після спондилодезу із застосуванням конструкції Mesh у поєднанні з вентральною пластиною

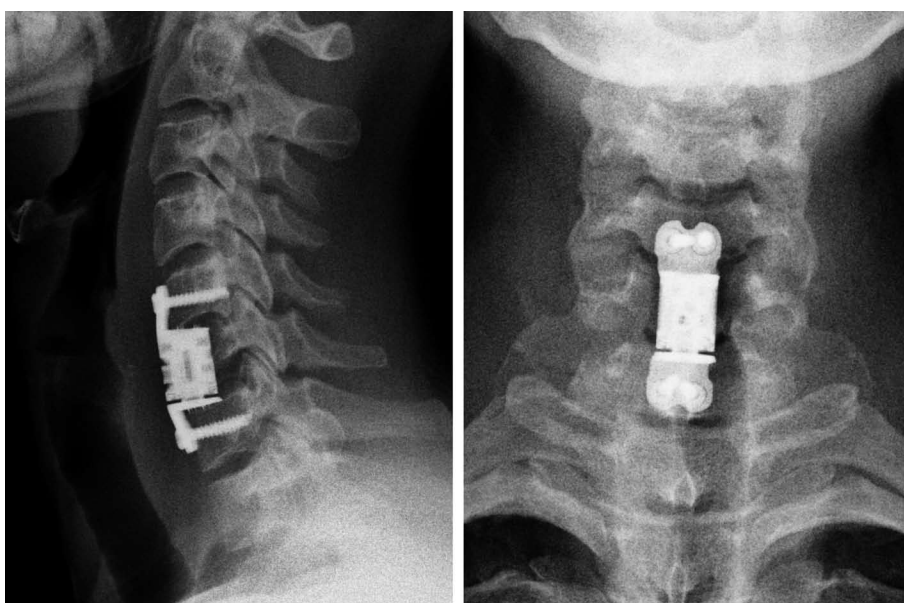


Рис. 2. Спондилограма пацієнта після спондилодезу із застосуванням телескопічного тілозамінного імплантату

ки дослідником порівняно з візуальною аналоговою шкалою [25,26].

Для отримання максимально достовірних даних у разі виявлення рентгенологічних ознак дислокації, фрагментації елементів стабілізуювальної системи, пролабування конструкції в тіло хребця із втратою досягнутої корекції сагітального контуру пацієнтів вилучали з дослідження. В жодному випадку не зареєстровано негативну неврологічну динаміку. Повторні оперативні втручання не проводили. Дані

щодо загальної кількості пацієнтів у різні терміни спостереження наведено на **Рис. 4**.

Результати та їх обговорення

У доопераційний період усі пацієнти оцінили больові відчуття за шкалою NRS у діапазоні від 6 до 10 см (**Рис. 5**). Так, мінімальне значення (6 см) у першій групі відзначили 3 (10,34%) пацієнти, максимальне значення (10 см) – 5 (17,24%). Четверть пацієнтів оцінили свої больові відчуття як 8 см, більшість – як 9 см.



Рис. 3. Числова рейтингова шкала болю

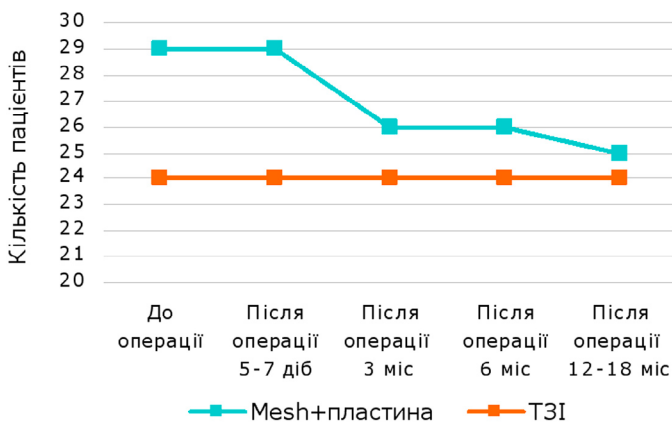


Рис. 4. Кількість пацієнтів груп у різні терміни спостереження

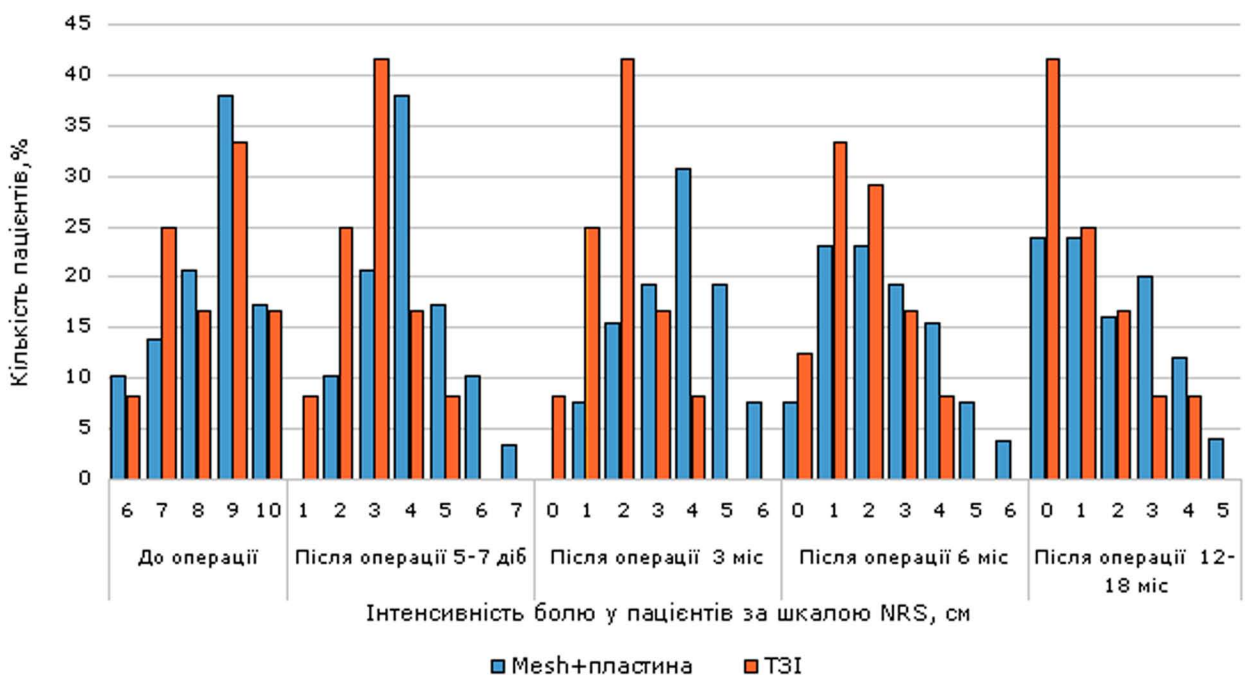


Рис. 5. Розподіл пацієнтів за інтенсивністю болю в різні терміни спостереження

Аналогічну ситуацію спостерігали в другій групі: 8 (33,3%) пацієнтів оцінили біль як 9 см. максимальний рівень болю зареєстровано у 4 (16,67%) осіб, мінімальний рівень (6 см) – у 2 (8,33%), 7 та 8 см – 6 (25,0%) і 4 (16,67%) відповідно.

У середньому в доопераційний період значення інтенсивності больового відчуття було практично однаковим: у пацієнтів першої групи – 8,38 см, в осіб другої групи – 8,25 см.

Найчастіше пацієнти скаржилися на біль у шийному відділі хребта (100,0%) інтенсивну, постійну з іррадіацією в ділянку потилиці (69,7%), корінь язика, зуби (27,3%), верхні кінцівки (72,7%), ділянку груднини (21,2%), спини (15,2%), серця (12,1%). У деяких випадках цервікалгія супроводжувалася вираженими вегетативними розладами: порушенням сну (24,2%), дратівливістю (42,4%), підвищенням артеріального тиску до 140–180/100 мм рт. ст. (24,2%), тахікардією 96–140 уд./хв (12,1%).

Відзначено легкі сенсорні розлади, які підтверджували наявність болю і рівень її локалізації, зокрема м'язово-тонічні реакції в потиличних і шийних м'язах (42,4%), виражену болючість в окципітальних (30,3%) і шийних паравертебральних (87,9%) точках.

Другий етап тестування пацієнтів проводили на 5-ту–8-му добу після хірургічного втручання. Всі пацієнти були вертикалізовані з фіксацією ШВХ коміром типу «Філадельфія». Пацієнтам проводили спондилографію або спіральну комп'ютерну томографію шийного відділу, що дало змогу заперечити дефекти установки металоконструкцій, не візуалізовані при інтраопераційному рентгенологічному контролі. На цьому етапі дослідження зафіксовано значне зниження інтенсивності больового синдрому в усіх пацієнтів. Так, у першій групі середнє значення за NRS становило 4,1 см. Мінімальне значення 2 см відзначено у 3 (10,34%) осіб, максимальний рівень дискомфорту (7 см) – в 1 (3,45%). Третина пацієнтів (8 осіб) характеризували біль як 4 см, 6 – як 3 см, 11 – як 5 см. Частина пацієнтів відзначали незадовільну якість життя у зв'язку із вираженою цервікалгією, сенсорними розладами за типом гіперестезії, дизестезії (23,8%) або вегетативної дисфункції (14,3%).

У другій групі мінімальний рівень болю за NRS становив 1 см і був зафіксований у 2 (8,33%) пацієнтів. Четверть осіб відзначали рівень больового відчуття як 2 см, 10 – як 3 см. Максимальне значення 5 см констатували у 2 (8,33%) пацієнтів. Середнє значення досліджуваного показника в цій групі – 2,92 см. Зареєстровані больові відчуття були однотипними за клінічним оформленням, характеризувалися наявністю помірного, ниючого характеру цервікалгії, пов'язаної зі зміною положення тіла і спробою повернути голову.

Подальші спостереження виявили тенденцію до регресу інтенсивності больового синдрому. Так, через 3 міс у першій групі середній показник болю дорівнював 3,61 см. У 2 (7,69%) пацієнтів зафіксовано мінімальний показник 1 см за NRS, ще у 2 – максимальний показник 6 см. Найбільша кількість

пацієнтів (30,77%) відзначала больові відчуття на рівні 4 см, по 5 осіб – на рівні 5 і 3 см.

У другій групі виявлено схожу закономірність, однак рівень болю в середньому був статистично значущо нижчим – 1,91 см. Більшість пацієнтів відзначили мінімальний рівень дискомфорту – 1 і 2 см у 6 та 10 осіб відповідно. Максимальний зареєстрований рівень (4 см) зафіксували у 2 пацієнтів, 3 см – у 4. Два пацієнта відзначили повну відсутність болю.

Через 6 міс спостерігали подальше поліпшення стану пацієнтів, особливо в першій групі. Так, середній показник болю зменшився до 2,5 см. Близько половини пацієнтів відзначили мінімальні больові відчуття на рівні 1 і 2 см. Максимальний показник 6 см зафіксовано в 1 пацієнта, 3 см – у 5, 4 см – у 4, 5 см – у 2. Відсутність больового відчуття відзначили 2 пацієнта. У 10 осіб періодично виникав біль у ШВХ, який був локальним і мав позиційний характер.

Аналіз показників пацієнтів з імплантованим ТЗІ не виявив таких значущих змін порівняно з даними у попередній термін спостереження. Так, середнє значення становило 1,75 см. В 1 пацієнта показник за NRS знизився з 2 до 1 см, ще в 1 – з 2 до 0 см. Розподіл решти пацієнтів за досліджуваним параметром не змінився. Величина інтенсивності болю свідчила про більш позитивний ефект від оперативного втручання, ніж у пацієнтів першої групи.

В останній термін спостереження відзначено подальший регрес інтенсивності болю в обох групах. Так, у першій групі середній показник за NRS становив 1,84 см. Близько половини пацієнтів оцінили свій стан як 0 або 1 см, 20% осіб – як 3 см. Максимальний показник інтенсивності болю 5 см зафіксовано в 1 пацієнта.

У другій групі середній показник за NRS становив 1,17 см. У 66,7% пацієнтів рівень болю оцінено як 0 або 1 см, у 16,7% – як 2 см, по 8,33% – як 3 і 4 см.

Результати статистичної обробки отриманих даних наведено на **Рис. 6**.

У доопераційний період у групах в середній показник інтенсивності больового синдрому статистично значущо не відрізнявся ($8,38 \pm 0,23$ і $8,25 \pm 0,26$ см, критерій Стьюдента для незалежних груп змінних (p) – 0,7086), що підтверджує випадковість вибірки пацієнтів.

У ранній післяопераційний період у другій групі рівень больового відчуття був статистично значущо ($p = 0,0008$) нижчим ($2,91 \pm 0,21$ см проти $4,07 \pm 0,26$ см). Це пояснюється, ймовірно, відмінностями в техніці хірургічного лікування. Крім статистично значущо тривалішого оперативного втручання, що зумовлює виражений набряк м'яких тканин хірургічної зони, можна виділити низку чинників, які потенційно провокують больовий синдром.

По-перше, встановлення вертикального циліндричного полого імплантату типу Mesh потребує значної дистракції оперованого сегмента. Відомо, що надлишкова тракція травматично ушкодженого ХРС неминуче призводить до перерозтягнення зв'язкового апарату фасеткових суглобів. Крім того, в разі помилки

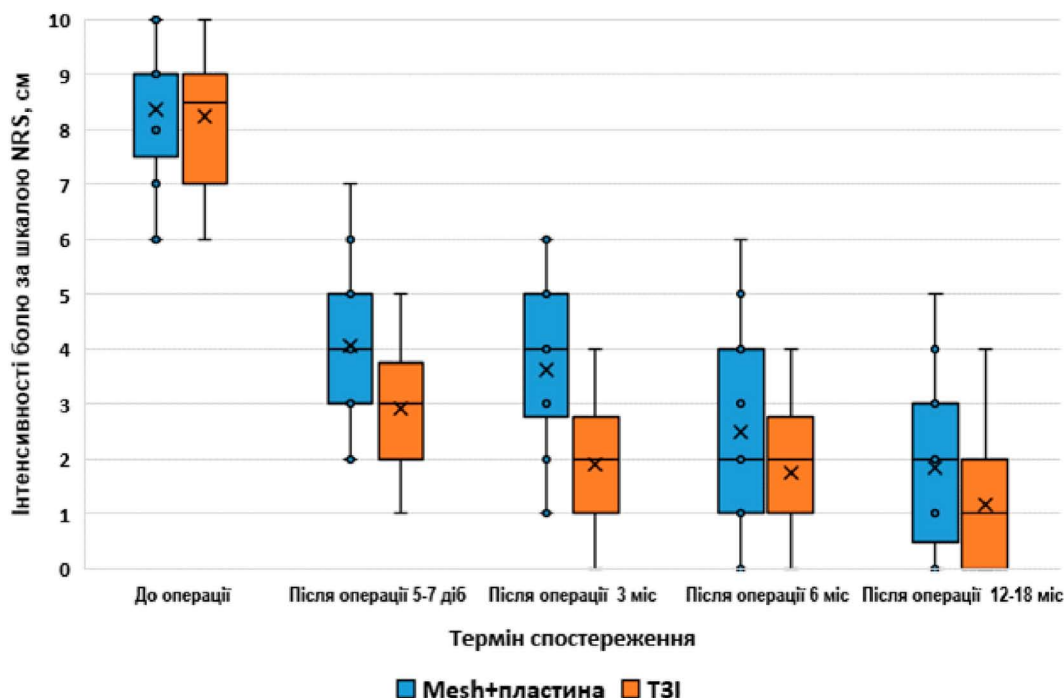


Рис. 6. Середні значення інтенсивності болювого синдрому в різні терміни спостереження

при визначенні висоти ендопротеза можуть виникати небажані ситуації. Так, якщо висота є недостатньою, то виникає її рухливість в міжтіловому проміжку. Якщо довжина імплантату перевищуватиме розмір кісткового дефекту, то напруження, спричинене компресійним навантаженням ХРС у системі «метал-тіло хребця», буде надто високим. Це призведе до пришвидшення процесів резорбції кісткової тканини в системі «імплантат-тіло хребця» і підвищить ризик виникнення нестабільності. Ці два чинники створюють передумови для збільшення інтенсивності післяопераційного болювого синдрому.

По-друге, методика встановлення шийного дистрактора безпосередньо передбачає тимчасове впровадження осьових опор в тіла хребців з подальшим їх видаленням, що призводить до додаткового пошкодження окістя [27].

По-третє, шийний дистрактор має лише одну точку фіксації до тіла хребця, суміжного з резектованим, і стійка система в момент розтягнення формується за рахунок двох додаткових опорних точок на фасеточні суглоби. У разі травматичного пошкодження заднього опорного комплексу може виникати викривлення, яке часто призводить до іритациї спинномозкового нерва та нерва Льюшка відповідного рівня.

У термін спостереження 3 міс болюві відчуття у пацієнтів першої групи в середньому були статистично значущо сильнішими – $3,61 \pm 0,27$ см проти $1,92 \pm 0,22$ см ($p = 0,00001$). Як відзначає низка авторів, телескопічний тілозамінний пластино-інтегрований імплантат забезпечує стабільнішу фіксацію, ніж дві окремі конструкції. Таким чином зменшується гіпермобільність прооперованого та нівелюється подразнення як нервових структур, так і зв'язкового апарату. Крім цього, використання телескопічної

моноконструкції забезпечує рівномірніший розподіл навантаження як у зоні операції, так і в суміжних рухових сегментах, що знижує ймовірність появи зон критичного напруження, котрі формують болюві відчуття.

У строки 6 міс після втручання зберігалось співвідношення досліджуваного показника в групах, однак різниця була статистично незначущою ($p = 0,063$). У більшості випадків завершився процес консолідації і заміщення композитного наповнювача конструкцій кістковою тканиною, що в усіх випадках стабілізувало систему «імплантат-тіло хребця» і сприяло зменшенню впливу чинників, котрі формують болюві відчуття.

У кінцевий термін спостереження різниця між групами за інтенсивністю болю була статистично незначущою ($p = 0,1036$). Завершений процес формування кісткового регенерату і повна адаптація зв'язкового апарату до біомеханічно нового стану ШВХ нівелювали різницю між групами.

Висновки

Аналіз інтенсивності болювого синдрому у пацієнтів, які перенесли вентральний цервікоспондилодез із застосуванням тілозамінної системи, виявив статистично значущу перевагу використання тілозамінного імплантату в терміни спостереження 3-7 днів і 3 міс після операції. У віддалений післяопераційний період рівень болювого відчуття не пов'язаний з типом використаної для фіксації системи.

Отримані результати обґрунтовують доцільність диференційованого підходу до використання тілозамінних систем при проведенні вентрального спондилодезу в пацієнтів з травмами шийного відділу хребта.

Розкриття інформації*Конфлікт інтересів*

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів у відношенні будь-яких препаратів, матеріалів, пристроїв, методів, використаних в цьому дослідженні, або результатів, зазначених у цій статті.

Етичні норми

Всі процедури, виконані учасникам в ході дослідження, відповідають етичним стандартам інституційного і національного комітетів з етики та Гельсінської декларації 1964 року і її пізнішим поправкам або аналогічним етичним стандартам.

Інформована згода

Інформована згода отримана від кожного з учасників, включених до дослідження.

References

- Lee SH, Lee JC, Tauchi R, Daniel Riew K. Influence of the Number of Cervical Fusion Levels on Cervical Spine Motion and Health-Related Quality of Life. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2016 Apr;41(8):E474-80. doi: 10.1097/BRS.0000000000001299. PubMed PMID: 26630418.
- Hatch MN, Cushing TR, Carlson GD, Chang EY. Neuropathic pain and SCI: Identification and treatment strategies in the 21st century. *J Neurol Sci*. 2018 Jan 15;384:75-83. doi: 10.1016/j.jns.2017.11.018. Epub 2017 Nov 16. Review. PubMed PMID: 29249383.
- Arts MP, Peul WC. Vertebral body replacement systems with expandable cages in the treatment of various spinal pathologies: a prospectively followed case series of 60 patients. *Neurosurgery*. 2008 Sep;63(3):537-44; discussion 544-5. doi: 10.1227/01.NEU.0000325260.00628.DC. PubMed PMID: 18812965.
- Elder BD, Lo SF, Kosztowski TA, Goodwin CR, Lina IA, Locke JE, Witham TF. A systematic review of the use of expandable cages in the cervical spine. *Neurosurg Rev*. 2016 Jan;39(1):1-11; discussion 11. doi: 10.1007/s10143-015-0649-8. Epub 2015 Jul 28. Review. PubMed PMID: 26212700.
- Ames CP. Erratum: Expandable cylindrical cages in the cervical spine: a review of 22 cases. *J Neurosurg Spine*. 2016 Dec;25(6):795. Epub 2016 Jul 29. PubMed PMID: 2742745.
- Koller H, Schmidt R, Mayer M, Hitzl W, Zenner J, Midderhoff S, Graf N, Resch H, Wilke HJ. The stabilizing potential of anterior, posterior and combined techniques for the reconstruction of a 2-level cervical corpectomy model: biomechanical study and first results of ATPS prototyping. *Eur Spine J*. 2010 Dec;19(12):2137-48. doi: 10.1007/s00586-010-1503-x. Epub 2010 Jun 30. Erratum in: *Eur Spine J*. 2011 Sep;20(9):1579. Willke, Hans-Joachim [corrected to Graf, Nicolaus]; Gräf, Nicolaus [corrected to Midderhoff, Stefan]. PubMed PMID: 20589516; PubMed Central PMCID: PMC2997200.
- Fischer CR, Cassilly R, Cantor W, Edusei E, Hammouri Q, Errico T. A systematic review of comparative studies on bone graft alternatives for common spine fusion procedures. *Eur Spine J*. 2013 Jun;22(6):1423-35. doi: 10.1007/s00586-013-2718-4. Epub 2013 Feb 26. Review. PubMed PMID: 23440339; PubMed Central PMCID: PMC3676568.
- Sewell MD, Rothera L, Stokes O, Clarke A, Hutton M. Assessing the amount of distraction needed for expandable anterior column cages in the cervical spine. *Ann R Coll Surg Engl*. 2017 Nov;99(8):659-660. doi: 10.1308/rcsann.2017.0052. Epub 2017 Sep 13. PubMed PMID: 29022803; PubMed Central PMCID: PMC5696915.
- Shen Y, Du W, Wang LF, Dong Z, Wang F. Comparison of Zero-profile Device Versus Plate-and-Cage Implant in the Treatment of Symptomatic Adjacent Segment Disease after Anterior Cervical Discectomy and Fusion: A Minimum 2-Year Follow-Up Study. *World Neurosurg*. 2018 Jul;115:e226-e232. doi: 10.1016/j.wneu.2018.04.019. Epub 2018 Apr 12. PubMed PMID: 29654956.
- Shaw KA, Griffith M, Mottern ET, Gloystein DM, Devine JG. Preventing Construct Subsidence Following Cervical Corpectomy: The Bump-stop Technique. *Asian Spine J*. 2018 Feb;12(1):156-161. doi: 10.4184/asj.2018.12.1.156. Epub 2018 Feb 7. PubMed PMID: 29503696; PubMed Central PMCID: PMC5821922.
- Ordway NR, Rim BC, Tan R, Hickman R, Fayyazi AH. Anterior cervical interbody constructs: effect of a repetitive compressive force on the endplate. *J Orthop Res*. 2012 Apr;30(4):587-92. doi: 10.1002/jor.21566. Epub 2011 Oct 14. PubMed PMID: 22002745.
- Weber MH, Fortin M, Shen J, Tay B, Hu SS, Berven S, Burch S, Chou D, Ames C, Deviren V. Graft Subsidence and Revision Rates Following Anterior Cervical Corpectomy: A Clinical Study Comparing Different Interbody Cages. *Clin Spine Surg*. 2017 Nov;30(9):E1239-E1245. doi: 10.1097/BSD.0000000000000428. PubMed PMID: 27623304.
- Nekhlopochin AS, Nekhlopochin SN, Syrovoy GV. The analysis of stress-strain state in the cortical screw-vertebral body system when modelling of fixation of implants for anterior cervical interbody fusion. *Russ J Biomech*. 2017;21(1):77-88. doi: 10.15593/RZhBiomech/2017.1.08
- Slynko II, Nekhlopochin AS. The clinically and biomechanically based optimization of sagittal contour surgical correction of the injured segment with the anterior subaxial fusion. *MOJ App Bio Biomech*. 2018;2(2):150-5. doi: 10.15406/mojabb.2018.02.00058
- Brenke C, Fischer S, Carolus A, Schmieder K, Ening G. Complications associated with cervical vertebral body replacement with expandable titanium cages. *J Clin Neurosci*. 2016 Oct;32:35-40. doi: 10.1016/j.jocn.2015.12.036. Epub 2016 Jul 18. PubMed PMID: 27440319.
- Magu S, Singh D, Yadav RK, Bala M. Evaluation of Traumatic Spine by Magnetic Resonance Imaging and Correlation with Neurological Recovery. *Asian Spine J*. 2015 Oct;9(5):748-56. doi: 10.4184/asj.2015.9.5.748. Epub 2015 Sep 22. PubMed PMID: 26435794; PubMed Central PMCID: PMC4591447.
- Wang T, Ma L, Yang DL, Wang H, Bai ZL, Zhang LJ, Ding WY. Factors predicting dysphagia after anterior cervical surgery: A multicenter retrospective study for 2 years of follow-up. *Medicine (Baltimore)*. 2017 Aug;96(34):e7916. doi: 10.1097/MD.00000000000007916. PubMed PMID: 28834916; PubMed Central PMCID: PMC5572038.
- Passias PG, Poorman GW, Segreto FA, Jalai CM, Horn SR, Bortz CA, Vasquez-Montes D, Diebo BG, Vira S, Bono OJ, De La Garza-Ramos R, Moon JY, Wang C, Hirsch BP, Zhou PL, Gerling M, Koller H, Lafage V. Traumatic Fractures of the Cervical Spine: Analysis of Changes in Incidence, Cause, Concurrent Injuries, and Complications Among 488,262 Patients from 2005 to 2013. *World Neurosurg*. 2018 Feb;110:e427-e437. doi: 10.1016/j.wneu.2017.11.011. Epub 2017 Nov 11. PubMed PMID: 29138069.
- Feuchtbaum E, Buchowski J, Zebala L. Subaxial cervical spine trauma. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2016 Dec;9(4):496-504. Review. PubMed PMID: 27864669; PubMed Central PMCID: PMC5127957.
- Shashua A, Geva Y, Levran I. Translation, Validation, and Crosscultural Adaptation of the Hebrew Version of the Neck Disability Index. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2016 Jun;41(12):1036-40. doi: 10.1097/BRS.0000000000001445. PubMed PMID: 27285662.
- Schomberg D, Miranpuri G, Duellman T, Crowell A, Vemuganti R, Resnick D. Spinal cord injury induced neuropathic pain: Molecular targets and therapeutic approaches. *Metab Brain Dis*. 2015 Jun;30(3):645-58. doi: 10.1007/s11011-014-9642-0. Epub 2015 Jan 15. Review. PubMed PMID: 25588751.
- Wu J, Luo D, Ye X, Luo X, Yan L, Qian H. Anatomy-related risk factors for the subsidence of titanium mesh cage in cervical reconstruction after one-level corpectomy. *Int J Clin Exp Med*. 2015 May 15;8(5):7405-11. eCollection 2015. PubMed PMID: 26221282; PubMed Central PMCID:

PMC4509227.

23. Barysh O, Buznytsky R. Anterior interbody cervicospondylodesis with use of vertical cylindrical mesh implants. *Orthopaedics, traumatology and prosthetics*. 2010;4:50-5. Russian. doi: 10.15674/0030-59872010450-55.
24. Nekhlopochin AS, Shvets AI, Nekhlopochin SN. [A telescopic vertebral endoprosthesis for subaxial cervical fusion]. *Zh Vopr Neurokhir Im N N Burdenko*. 2016;80(1):19-26. doi: 10.17116/neiro201680119-26. English, Russian. PubMed PMID: 27029328.
25. Ferreira-Valente MA, Pais-Ribeiro JL, Jensen MP. Validity of four pain intensity rating scales. *Pain*. 2011 Oct;152(10):2399-404. doi: 10.1016/j.pain.2011.07.005. PubMed PMID: 21856077.
26. Brunelli C, Zecca E, Martini C, Campa T, Fagnoni E, Bagnasco M, Lanata L, Caraceni A. Comparison of numerical and verbal rating scales to measure pain exacerbations in patients with chronic cancer pain. *Health Qual Life Outcomes*. 2010 Apr 22;8:42. doi: 10.1186/1477-7525-8-42. PubMed PMID: 20412579; PubMed Central PMCID: PMC2868814.
27. Ughratdar I, Muquit S, Sivakumar G, White BD. A simple method to ease insertion and removal of vertebral body distractor pins in anterior cervical surgery. *Br J Neurosurg*. 2013 Feb;27(1):141-2. doi: 10.3109/02688697.2012.709553. Epub 2012 Aug 21. PubMed PMID: 22905885.