

**Оригінальна стаття = Original article = Оригинальная статья**DOI: <https://doi.org/10.25305/unj.127792>**Аналіз розмірів хребтового каналу і динаміки неврологічної симптоматики при хірургічному лікуванні вибухових переломів грудного та поперекового відділів хребта**

Радченко В.О., Попсуйшапка К.О., Тесленко С.О.

Відділення інструментальної та малоінвазивної хірургії хребта, Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України, Харків, Україна

Надійшла до редакції 03.04.2018  
Прийнята до публікації 18.05.2018

**Адреса для листування:**

Тесленко Сергій Олександрович, відділення інструментальної та малоінвазивної хірургії хребта, Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка, вул. Пушкінська, 80, Харків, Україна, e-mail: [mdteslenko@gmail.com](mailto:mdteslenko@gmail.com)

**Мета:** оцінити розміри хребтового каналу і динаміку неврологічної симптоматики при хірургічному лікуванні вибухових переломів грудного та поперекового відділів хребта.

**Матеріали і методи.** Загальна кількість хворих з травматичними ушкодженнями грудного та поперекового відділів хребта становила 99 (37,4%) жінок, 62 (62,6%) чоловіки віком від 16 до 69 років (середній вік – 36,1 року)). Проведено ретроспективне дослідження історій хвороби (дані клінічного обстеження і комп'ютерно-томографічних досліджень до та після лікування). Аналізували дані хворих з неускладненими та ускладненими вибуховими переломами грудного і поперекового відділів хребта, які отримали хірургічне лікування (задня коротка транспедикулярна фіксація (n=17), задня довга транспедикулярна фіксація з/без ламінектомії (n=55), комбінований передньо-задній спондилодез на 360° (n=22) та трьохколонна реконструкція хребта із заднього доступу (n=5)).

**Результати.** Середня величина відновлення просвіту хребтового каналу в групі з короткою 6-гвинтовою фіксацією становила 8,8% і досягала максимуму через рік і більше після повної перебудови кісткової тканини. В групі з 8-гвинтовою фіксацією середній ступінь звуження (стенозу) хребтового каналу після травми становив 44,9%. Після операції відзначено відновлення просвіту хребтового каналу на 7,5%, а через рік і більше – на 21,6%. Середній ступінь стенозу хребтового каналу в групі, в якій використовували метод передньо-заднього спондилодезу, до операції становив 63,5% від норми, а в групі, в якій використовували метод трьохколонної реконструкції хребта із заднього доступу, – 96,0%.

**Висновки.** У хворих з ускладненими ушкодженнями у вигляді повного порушення провідності спинного мозку або корінців кінського хвоста типу А за шкалою ASIA – нижньої параплегії, яка виникла безпосередньо в момент травми, неврологічна симптоматика була найтяжчою і в ранній післяопераційний період не змінювалася. Хворі з частковою неврологічною симптоматикою типу В, С, D у разі хірургічного лікування можуть мати сприятливий результат. У хворих з тяжкою неврологічною симптоматикою типу В і С найефективнішим є відновлення протягом року і більше. Хворі з неврологічною симптоматикою типу D найбільш ефективно відновлюються в перші два тижні після операції, а подальше поступове відновлення відбувається протягом року.

**Ключові слова:** вибуховий перелом хребта; стеноз хребтового каналу

Український нейрохірургічний журнал. 2018;(2):47-60.

**Analysis of the spinal canal dimensions and neurological symptoms dynamics in surgical treatment of burst fractures of the thoracic and lumbar spine**

Vladimir A. Radchenko, Konstantin A. Popsuyshapka, Sergii A. Teslenko

Department of Instrumental and Minimally Invasive Spine Surgery, Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology, Kharkiv, Ukraine

Received: 03 April 2018  
Accepted: 18 May 2018

**Address for correspondence:**

Sergii A. Teslenko, Department of Instrumental and Minimally Invasive Spine Surgery, Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology, Pushkinskaya St., 80, Kharkiv, Ukraine, e-mail: [mdteslenko@gmail.com](mailto:mdteslenko@gmail.com)

**Objective.** To estimate the spinal channel dimensions and neurological symptoms dynamics in surgical treatment of burst fractures of thoracic and lumbar spine.

**Materials and methods.** There were studied 99 patients with traumatic injuries of the thoracic and lumbar spine. A retrospective study of disease history was conducted: clinical examination data, computed tomography, before and after treatment. There was performed the analysis of the patients with uncomplicated and complicated burst fractures of the thoracic and lumbar spine. They were surgically treated using the back short transpedicular fixation, posterior long transpedicular fixation with or without laminectomy, combined anterior-posterior spondylodesis at 360°, and three-column reconstruction of the spine through posterior approach.

**Results.** The average volume of recovering of the lumen of the vertebral canal in the group of patients with short six-screw fixation is 8.8% and reaches its maximum after a year or more after complete rebuilding of bone tissue.

In the group with eight-screw fixation, the overall average degree of narrowing (stenosis) of the spinal canal after the injury was 44.9%. After surgery, restoration of the lumen of the vertebral channel was 7.5%. Restoration of the lumen of the vertebral canal during the year and more amounted to 21.55%. The average degree of stenosis of the spinal canal in the group with anterior-posterior spondylodesis used before the operation was 63.5% of the norm, and in the group of patients, in which the method of three-column spine reconstruction through posterior approach was used the degree of the spinal canal narrowing reached 96%.

**Conclusion.** In patients with complicated injuries as the complete violation of the conduction of the spinal cord or roots of the cauda equina of A type – the lower paraplegia immediately after injury, their neurological symptoms were the most severe and in the early postoperative period did not change. The patients with partial neurological symptoms of type B, C, D by the ASIA scale may have a favorable outcome in the case of surgical treatment. The patients with more severe neurological symptoms such as B, C have the most effective recovery within a year or more. Patients with type D neurological symptoms are the most effectively recovered in the first two weeks after surgery, and further gradual recovery occurs during the year.

**Key words:** burst fracture of the spine; spinal stenosis

Ukrainian Neurosurgical Journal. 2018;(2):47-60.

## Анализ размеров позвоночного канала и динамики неврологической симптоматики при хирургическом лечении взрывных переломов грудного и поясничного отделов позвоночника

Радченко В.А., Попсуйшапка К.А., Тесленко С.А.

Отделение инструментальной и малоинвазивной хирургии позвоночника, Институт патологии позвоночника и суставов им. проф. М.И. Ситенко НАМН Украины, Харьков, Украина

Поступила в редакцию 03.04.2018  
Принята к публикации 18.05.2018

### Адрес для переписки:

Тесленко Сергей Александрович, отделение инструментальной и малоинвазивной хирургии позвоночника, Институт патологии позвоночника и суставов им. проф. М.И. Ситенко, ул. Пушкинская, 80, Харьков, Украина, e-mail: mdtleslenko@gmail.com.

**Цель:** оценить размеры позвоночного канала и динамику неврологической симптоматики при хирургическом лечении взрывных переломов грудного и поясничного отделов позвоночника.

**Материалы и методы.** Общее количество больных с травматическими повреждениями грудного и поясничного отделов позвоночника составило 99 (37 (37,4%) женщин, 62 (62,6%) мужчины в возрасте от 16 до 69 лет (средний возраст – 36,1 года). Проведено ретроспективное исследование историй болезни (данные клинического обследования и компьютерно-томографических исследования до и после лечения). Анализировали данные больных с неосложненными и осложненными взрывными переломами грудного и поясничного отделов позвоночника, получивших хирургическое лечение (задняя короткая транспедикулярная фиксация (n=17), задняя длинная транспедикулярная фиксация с/без ламинэктомии (n=55), комбинированный передне-задний спондилодез на 360° (n=22) и трехколонная реконструкция позвоночника из заднего доступа (n=5)).

**Результаты.** Средняя величина восстановления просвета позвоночного канала в группе с короткой 6-винтовой фиксацией составляла 8,8% и достигала максимума через год и более после полной перестройки костной ткани. В группе с 8-винтовой фиксацией средняя степень сужения (стеноза) позвоночного канала после травмы составляла 44,9%. После операции отмечено восстановление просвета позвоночного канала на 7,5%, на протяжении года и более – на 21,6%. Средняя степень стеноза позвоночного канала в группе, в которой использовали метод передне-заднего спондилодеза, до операции составляла 63,5% от нормы, а в группе, в которой применяли метод трехколонной реконструкции позвоночника из заднего доступа, – 96,0%.

**Выводы.** У больных с осложненными повреждениями в виде полного нарушения проводимости спинного мозга или корешков конского хвоста типа А по шкале ASIA – нижней параплегии, возникшей непосредственно в момент травмы, неврологическая симптоматика была наиболее тяжелой и в ранний послеоперационный период без изменений. Больные с частичной неврологической симптоматикой типа В, С, D в случае хирургического лечения могут иметь благоприятный результат. У больных с более тяжелой неврологической симптоматикой типа В, С наиболее эффективным восстановлением является в течение года и более. Больные с неврологической симптоматикой типа D наиболее эффективно восстанавливаются в первые две недели после операции, а дальнейшее постепенное восстановление происходит в течение года.

**Ключевые слова:** взрывной перелом позвоночника; стеноз позвоночного канала

Украинский нейрохирургический журнал. 2018;(2):47-60.

## Вступ

Вибуховий перелом тіла хребця — це травматичне ушкодження хребта, при якому тіло хребця вибухає без або зі зміщенням під впливом високоенергетичного осьового стискання та характеризується відцентровою екструзією фрагментів з проникненням кісткових фрагментів у паравертебральні тканини або в хребтовий канал [1]. Неврологічні вияви можуть бути відсутні (неускладнений вибуховий перелом) або виникають безпосередньо в момент травми і можуть прогресувати з часом (ускладнений вибуховий перелом) [1]. Проведене експериментальне дослідження на 15 трупах для порівняння значущості динамічного стенозу хребтового каналу за рахунок фрагмента тіла хребця та статичного структурного стенозу хребтового каналу [2]. Автори дійшли висновку, що середній розмір хребтового каналу дорівнює  $(16,06 \pm 1,3)$  мм, статичний структурний стеноз хребтового каналу — 18% від загальної площі хребтового каналу, а динамічний стеноз хребтового каналу — 33%. Таким чином, динамічне вторгнення заднього фрагмента тіла хребця було на 85% більше, ніж статичне структурне стискання. Цей феномен частково пояснює відсутність кореляції між розмірами хребтового каналу та неврологічною симптоматикою [14]. Більшість вибухових переломів тіл хребців, як ускладнених, так і неускладнених, супроводжуються стенозом хребтового каналу за рахунок фрагментації задньо-верхнього краю тіла хребця. Задньо-верхній край відколюється від основної фрагментованої ділянки тіла хребця, а в деяких випадках відколюється ізольовано зі збереженням цілісності всього тіла (Рис. 1). Розміри фрагмента і ступінь його пролабіювання в хребтовий канал залежать від розподілу та інтенсивності зовнішньої травматичної сили. Побачити справжні розміри фрагмента задньо-верхньої частини тіла хребця можна лише за допомогою комп'ютерної томографії (КТ). До появи КТ розміри заднього фрагмента недооцінювали, тому що за даними рентгенологічного дослідження важко було оцінити його наявність і розміри. Після впровадження КТ вивчали кореляцію між неврологічною симптоматикою і ступенем стенозу хребтового каналу [3,4,7,14,15]. Деякі хірурги пропонують видаляти фрагмент, якщо



**Рис. 1.** Томограми хворих, які демонструють вибухові переломи та механізми формування стенозу хребтового каналу

за даними КТ стеноз понад 40–50%, але ці критерії ґрунтуються на клінічних дослідженнях, які не відповідають принципам доказової медицини [3].

Клінічні та лабораторні дані свідчать, що параліч виникає в момент травми і не пов'язаний з положенням кісткового фрагмента [4,5].

Клінічні дослідження проведено на 115 пацієнтах з тораколюмбальною травмою, яким виконували хірургічні втручання із заднього доступу з distraкцією. Відразу після операції середній розмір хребтового каналу становив від 49 до 72% від норми, при спостереженні через рік відновлення просвіту хребтового каналу становило 87% від норми. Ступінь розширення хребтового каналу залежав від ступеня початкового звуження. Ремодельовання хребтового каналу залежало від кількості кістки, яка залишалась в хребтовому каналі після операції. Крім того, в тій самій серії досліджень не виявлено статистично значущої різниці між хворими, яким було проведено раннє або пізнє хірургічне втручання [6].

У літературі є дані, що неврологічне відновлення після вибухових переломів тораколюмбального відділу хребта можна прогнозувати за ступенем стенозу хребтового каналу та величиною кіфотичної деформації [7]. Тяжкість клінічного перебігу вибухового перелому залежить від неврологічної симптоматики та ступеня стенозу хребтового каналу [8,15].

**Мета:** оцінити розміри хребтового каналу і динаміку неврологічної симптоматики при хірургічному лікуванні вибухових переломів грудного та поперекового відділів хребта.

## Матеріали і методи

Проведено ретроспективне дослідження історій хвороби (дані клінічного обстеження, комп'ютернотомографічних досліджень до та після лікування) 99 хворих (37 (37,4%) жінок, 62 (62,6%) чоловіки віком від 16 до 69 років (середній вік – 36,1 року)) з травматичними ушкодженнями грудного та поперекового відділів хребта.

**Критерії залучення в дослідження:** хворі з неускладненими і ускладненими вибуховими переломами грудного та поперекового відділів хребта, які отримували хірургічне лікування (задня коротка транспедикулярна фіксація, задня довга транспедикулярна фіксація з/без ламінектомії, комбінований передньо-задній спондилодез на 360° та трьохколонна реконструкція хребта із заднього доступу).

Хворих розподілили на чотири групи залежно від методу лікування: у першій групі (n=17) використовували коротку транспедикулярну фіксацію, у другій (n=55) – 8-гвинтову фіксацію, у третій (n=22) – комбінований передньо-задній спондилодез на 360°, у четвертій (n=5) – трьохколонну реконструкцію хребта із заднього доступу.

Ушкодження грудного відділу хребта (Th1-Th10) виявлено у 14 хворих, грудо-поперекового відділу хребта (Th11-L2) – у 69, поперекового відділу хребта (L3-S1) – у 16.

Ступінь тяжкості та динаміку неврологічної симптоматики оцінювали згідно з Міжнародними стандартами для неврологічної класифікації травми спинного мозку (International Standards for

Neurological Classification of Spinal Cord Injured (ISNCSCI)) Американської асоціації ушкодження спинного мозку (American Spinal Injury Association (ASIA)) та Міжнародного товариства спинного мозку (International Spinal Cord Society (ISCoS)) [9].

Початковим рівнем неврологічного статусу вважали дані, отримані при госпіталізації хворого до стаціонару. Неврологічний статус оцінювали ще двічі – через 2 тиж та 1 рік після операції. Оскільки обстежували хворих з різним рівнем тяжкості неврологічної симптоматики та ушкоджень, ступінь тяжкості неврологічної симптоматики оцінювали у відсотках від норми (суб'єктивна оцінка), рухову та поверхневу чутливість – за шкалою ASIA (об'єктивна оцінка). Аналізували тяжкість неврологічної симптоматики на момент травми, до та після проведення хірургічного лікування. Критерієм ефективності лікування була різниця між показниками контрольного обстеження та доопераційними показниками. В кожного хворого оцінювали кратність змін балів за шкалою ASIA під час лікування. Вираження тяжкості неврологічної симптоматики у відсотках дало змогу провести порівняння всередині групи.

Неускладнені ушкодження виявлено у 65 хворих, ускладнені – у 34. В групі з використанням короткої транспедикулярної фіксації всі ушкодження були неускладненими (тип Е (норма) – неврологічна симптоматика відсутня) в групі з використанням 8-гвинтової фіксації у 31 (56,3%) хворого ушкодження хребта були неускладненими, у решти – ускладненими, в

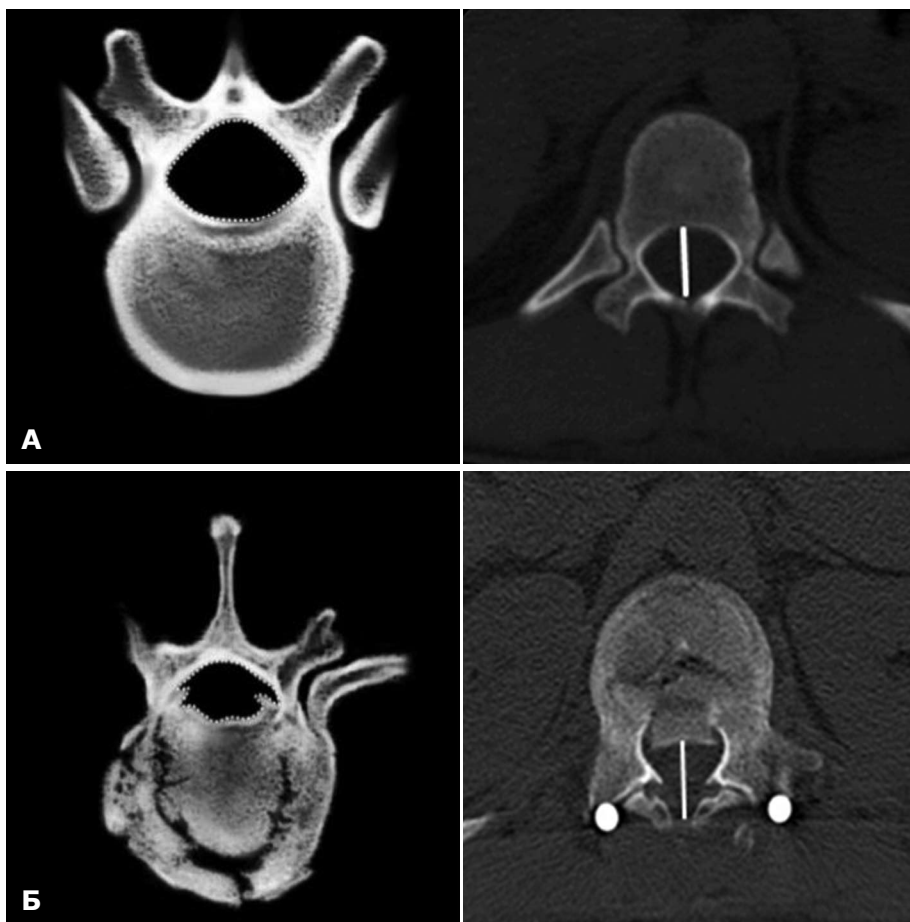
групі з використанням спондилезу на 360° у 12 (63%) хворих ушкодження були неускладненими, в групі з використанням трьохколонної реконструкції хребта із заднього доступу всі ушкодження були ускладненими.

Ускладнені ушкодження розподілили на дві підгрупи: перша – повне порушення провідності спинного мозку або корінців кінського хвоста типу А (нижня паралегія), яке виникло безпосередньо в момент травми (зі слів хворого) і не змінювалось у процесі лікування (n=14); друга – часткова неврологічна симптоматика типу В, С, D – неповне порушення провідності, при якому хворі після травми частково відчували кінцівки, в них зберігалися рухи, під час лікування неврологічна симптоматика змінювалася, після хірургічного втручання – відновлювалася (n=20).

Усім хворим відразу після травми виконували КТ та вимірювали розмір хребтового каналу, насамперед – сагітальний розмір, який першим звужується в разі вибухового перелому. Вимірювання розмірів хребтового каналу проводили перед хірургічним втручанням, після нього та у віддалений післяопераційний період ( у середньому – через 19,4 міс). Найточнішим є вимірювання площі хребтового каналу за допомогою електронного дигітайзера (**Рис. 2**). Загальну площу хребтового каналу (S) розраховують за формулою [10].

$$S = 0,8 [(0,5 \text{ MSD} \cdot 0,5 \text{ TD})] \cdot 0,1,$$

де MSD – сагітальний діаметр; TD – поперечний діаметр.



**Рис. 2.** Методики вимірювання розмірів хребтового каналу: А – методика комп'ютерного вимірювання площі хребтового каналу; Б – методика графометричного вимірювання сагітального розміру хребтового каналу

Найпростішим методом дослідження сагітально-го розміру хребтового каналу є порівняння розміру каналу на рівні ушкодженого та неушкодженого хребця. Для зменшення погрішності вимірювання аксіальне сканування потрібно виконувати з нахилом, ураховуючи величину лордозу або кіфозу. Для цього кут Гентрі слід виставляти вздовж замикальної пластинки хребця, а не перпендикулярно вісі хребта. Сагітальний розмір (CP, %) вимірювали на аксіальних зрізах та розраховували у відсотках за формулою

$$CP (\%) = (CY \cdot 100\%) : CH,$$

де CY – сагітальний розмір каналу на рівні ушкодженого хребця (мм); CH – сагітальний розмір хребтового каналу на рівні неушкодженого хребця (мм).

Вимірювання сагітального розміру слід виконувати на однаковому томографічному зрізі в ушкодженому і неушкодженому сегментах. Середній ступінь звуження (стенозу) хребтового каналу в сагітальному напрямі (%) являє собою різницю (%) між значеннями сагітального розміру хребтового каналу на рівні ушкодження та неушкодженого сегмента (останній завжди дорівнює 100%). Наприклад, якщо величина хребтового каналу на рівні ушкодження становить 15 мм, а на рівні неушкодженого сегмента – 20 мм, то сагітальний розмір хребтового каналу на рівні ушкодження становить 75%  $((15 \cdot 100\%) : 20)$ , а середній ступінь звуження (стенозу) хребтового каналу – 25%. Після хірургічного лікування середній ступінь звуження (стенозу) хребтового каналу розраховують так само, як і до операції. Якщо величина стенозу дорівнює 25%, то вважають, що розміри хребтового каналу не змінилися. Якщо середній ступінь стенозу каналу після операції становить 10%, це означає збільшення розмірів каналу, або відновлення просвіту на 15%.

Таким чином, якщо оцінюють ступінь тяжкості ушкодження, то йдеться про середній ступінь звуження (стенозу) хребтового каналу, якщо оцінюють результат лікування, то йдеться про відновлення просвіту хребтового каналу, який оцінюють за зменшенням ступеня звуження (стенозу).

Усі хірургічні втручання виконували у відстрочені терміни (через 5–7 діб) після травми. Неврологічну симптоматику оцінювали відразу після травми

зі слів хворого та за даними історії хвороби при госпіталізації.

### Результати та їх обговорення

*Аналіз результатів лікування хворих у групі із 6-гвинтовою фіксацією.* Середній ступінь звуження (стенозу) хребтового каналу після травми становив 17,05% (при розрахунку враховували хворих з показниками стенозу до та після втручання 0%), через рік після хірургічного втручання – 8,25%. У трьох хворих цієї групи були дані КТ, проведеної безпосередньо після операції. У однієї хворої розміри хребтового каналу не змінилися (**Рис. 3**), а у двох хворих – зменшилися на 5%. Таким чином, середня величина відновлення просвіту хребтового каналу становила 8,8% і досягала максимуму через рік і більше після повної перебудови кісткової тканини (**Рис. 4**). У всіх хворих, у яких використовували коротку 6-гвинтову фіксацію, корені дуг та дуги хребців були неушкоджені, а ступінь руйнації тіла хребця (переважно верхньої частини) був незначним.

Стеноз хребтового каналу до 10% площі перетину відзначено у 9 хворих, з них у 7 стеноз хребтового каналу становив 0%, а у 2 хворих зі стенозом 10% після хірургічного втручання повністю відновився просвіт хребтового каналу. Стеноз хребтового каналу від 11 до 30% виявлено у 5 хворих (**Табл. 1**).

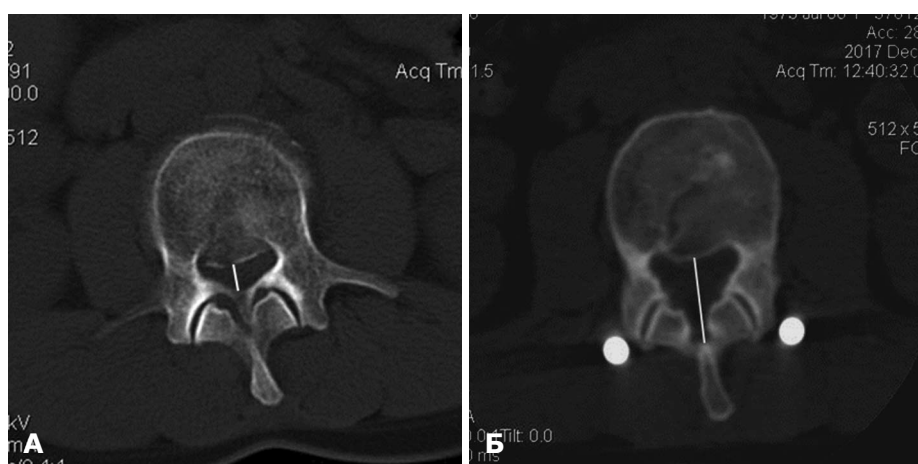
Четверо хворих мали стеноз хребтового каналу від 40 до 60%. Один з них зі стенозом до 60% мав вибуховий перелом L5 хребця. Решта хворих з вибуховими переломами грудо-поперекового відділу хребта мали стеноз хребтового каналу 40–50%. У всіх хворих з таким ступенем стенозу відзначено відновлення просвіту хребтового каналу різного ступеня.

### Клінічний приклад

Хворий Ч., 30 років, отримав травму при падінні з висоти приблизно 4 м з працюючого атракціону в парку розваг. При надходженні до стаціонару хворий мав такий діагноз: Неускладнений неповний вибуховий перелом тіла Th12 хребця. Зі слів хворого, відразу після травми жодних порушень функції нижніх кінцівок не відчував. Протягом деякого часу після



**Рис. 3.** Ступінь стенозу хребтового каналу: А – до хірургічного втручання (15%); Б – у найближчий період після хірургічного втручання (15%); В – через 6 міс (15%)



**Рис. 4.** Ступінь стенозу хребтового каналу: А – до хірургічного втручання (30%); Б – через 2 роки після хірургічного втручання (7%).

**Таблиця 1.** Розподіл хворих за ступенем стенозу в групі, в якій використовували 6-гвинтову фіксацію

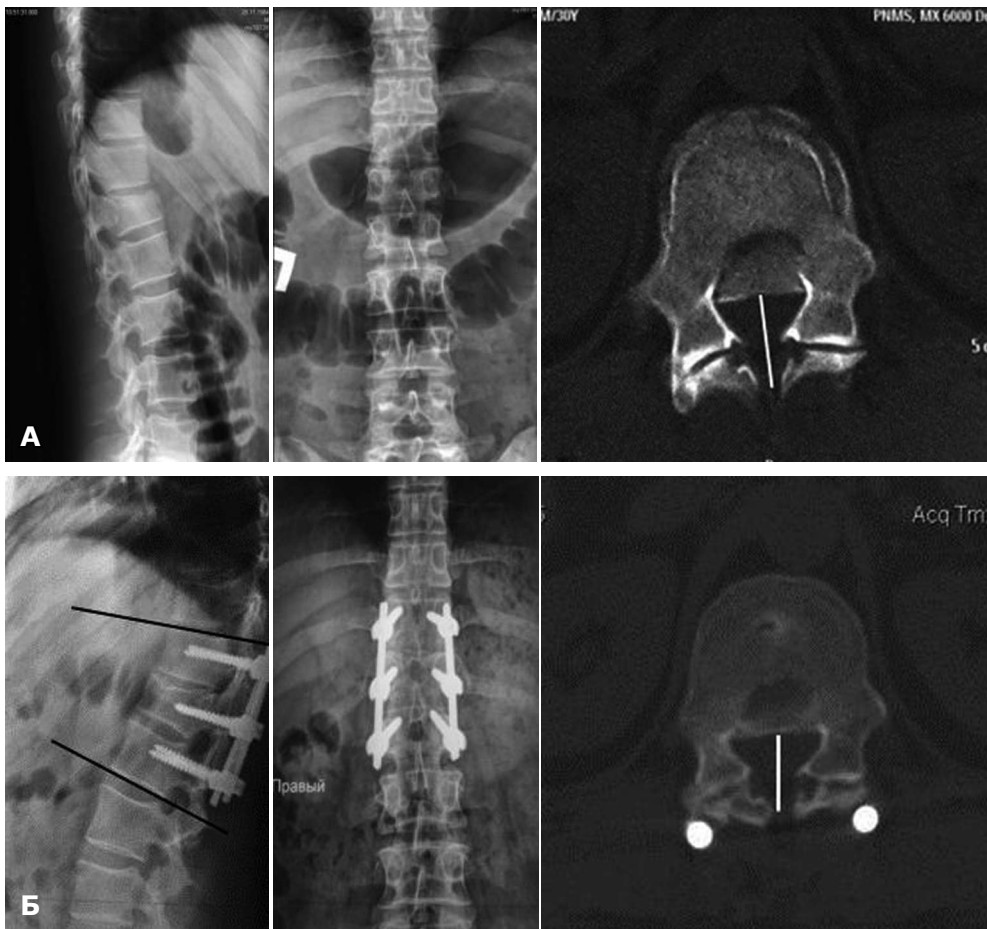
№ хворого	Стать	Вік, роки	Рівень ушкодження	Тип ушкодження	Стеноз,%		
					До операції	Після операції	Через 19,4 міс після операції
1.	Ж	16	L1	A3.1	10	—	0
2.	Ж	27	L1	A3.1	15	15	—
3.	Ж	35	L1	A3.1	0	—	—
4.	Ж	32	L1	A3.1	0	—	—
5.	Ж	30	L1	A3.1	10	—	0
6.	Ж	56	L3	A3.1	20	15	0
7.	Ж	38	L5	A3.2	20	—	—
8.	Ч	42	L3	A3.1	20	15	7
9.	Ч	33	Th12	A3.1	0	—	—
10.	Ж	28	Th12	A3.1	50	—	20
11.	Ж	26	L1	A3.2	40	—	15
12.	Ж	24	L3	A3.1	50	—	20
13.	Ч	43	L3	A3.2	0	—	—
14.	Ч	49	L1	A3.2	0	—	—
15.	Ч	27	Th7	A3.1	0	—	—
16.	Ч	33	Th8	A3.1	0	—	—
17.	Ч	18	L5	A3.1	60	50	—

травми хворий активно пересувався, не маючи жодних скарг. Відразу після госпіталізації хворому виконано рентгенологічне обстеження, а потім КТ. Хворий пред'являв скарги на біль у грудно-поперековому відділі хребта середньої інтенсивності (7 балів за візуальною аналоговою шкалою), порушення функції хребта. Після обстеження встановлено діагноз: Неускладнений неповний вибуховий перелом тіла Th12 хребця. За даними томографії, стеноз хребтового каналу становив 50% за рахунок зміщення верхньо-заднього фрагмента тіла хребця. Ушкодження дуг і коренів дуг хребця не відзначено. За даними рентгенологічного дослідження, величина кіфотичної деформації становила 10°. Ступінь компресії (фрагментації) передньої частини тіла хребця – 30%.

Хворому було запропоновано хірургічне лікування. В плановому порядку виконано оперативне втручання: корекція деформації. Задній кістковопластичний спондилодез Th11–Th12–L1 хребців транспедикулярною конструкцією.

Післяопераційний період без особливостей. Наступного дня після операції хворого вертикалізовано. Після операції в положенні хворого стоячи величина кіфотичної деформації становила 4°. Через 2 роки після хірургічного лікування величина кіфотичної деформації не змінилася, а розміри хребтового каналу збільшилися з 50% до операції до 20% (**Рис. 5**).

*Аналіз хворих у другій групі з 8-гвинтовою фіксацією.* Метод 8-гвинтової фіксації найчастіше використовували при лікуванні вибухових переломів. За неврологічною симптоматикою хворих розподілили на три підгрупи: перша (n=31) – неускладнені ушкодження (тип E за шкалою ASIA), друга (n=10) – ускладнені ушкодження у вигляді повного порушення провідності спинного мозку або корінців кінського хвоста (тип А), які виникли безпосередньо в момент травми (зі слів хворого) і не змінювались в процесі лікування, третя (n=14) – часткова неврологічна симптоматика (тип В, С, D), яка після хірургічного втручання відновлювалась (**Табл. 2**). Клінічна картина була



**Рис. 5.** Рентгенограми та томограми хворого Ч.: А – до хірургічного втручання; Б – через 2 роки після операції

зумовлена наявністю неврологічної симптоматики або її відсутністю.

У другій підгрупі більшість хворих скаржилися, що відразу після травми або в найближчий період вони не відчували нижні кінцівки, які повністю втрачали рухові функції. Неврологічна симптоматика була найтяжчою порівняно з іншими підгрупами. У цих хворих силу м'язів оцінено 0 балів, повністю була відсутня чутлива функція (анестезія з рівня ураження). Порушення поверхневої чутливості супроводжувалося порушенням глибокої м'язово-суглобової чутливості. В усіх хворих мало місце порушення функції тазових органів. Усі хворі в доопераційний період не відчували змін у неврологічному статусі. В перші 2 тижні після операції хворі не відзначали зміни неврологічної симптоматики. З огляду на тяжкість неврологічної симптоматики, більшість хворих не з'явилися на контрольний огляд. Лише за одним хворим вдалося спостерігати протягом року, але неврологічна симптоматика була без змін. Відмітною ознакою хворих цієї групи була наявність структурного стенозу із середньою величиною 76%. У половини хворих величина стенозу становила майже 100%, у решти – варіювала від 10 до 70% розміру хребтового каналу.

Тяжкість неврологічної симптоматики була пов'язана з первинною травмою спинного мозку та можливою наявністю динамічного стенозу. Ще одна

відмітна ознака хворих цієї підгрупи – локалізація ураження (Th1–Th12).

У третій підгрупі спостерігали різні варіанти неврологічної симптоматики. До хірургічного втручання у трьох пацієнтів відзначено грубий неврологічний дефіцит типу В: відсутність рухів нижче за рівень ураження при частковому збереженні чутливої функції, тобто до 90% неврологічної втрати від норми. Загальний показник рухової функції нижніх кінцівок – 0–2 одиниці. Кратність неврологічних рухових змін цієї групи становила від 4 до 12 одиниць. У перші 2 тиж після операції спостерігали відновлення рухової функції в ступнях, починаючи з фаланг. Середній показник становив 6,5 одиниці за шкалою ASIA (від 4 до 8 одиниць) із максимально можливих 52. Протягом року відзначали позитивну динаміку у вигляді відновлення рухової функції. Найбільш ефективне відновлення (в середньому в 7 разів) відбувалося протягом року. В одного хворого з ушкодженням L3 хребця рухова функція відновилася повністю, через рік він працював з повною зайнятістю (неврологічна симптоматика повністю відсутня). В іншого хворого через рік залишилось 40% неврологічної симптоматики у вигляді спастичного нижнього парапарезу. Чутлива функція в обох хворих була частково збережена: тактильна чутливість – 15% від норми, больова та м'язово-суглобова чутливість – 25%.

**Таблиця 2.** Розподіл хворих залежно від неврологічної симптоматики і ступеня стенозу в групі, в якій застосовували 8-гвинтову фіксацію

№ хворого	Стать	Вік, роки	Тип ушкодження	Неврологічна симптоматика за шкалою ASIA	Неврологія, %			Оцінка рухової активності (ASIA M)			Оцінка чутливої функції (ASIA S)			Рівень ушкодження	Стеноз, %		
					До операції	Після операції	Через 1 рік після операції	До операції	Після операції	Через 1 рік після операції	До операції	Після операції	Через 1 рік після операції		До операції	Після операції	Через 19/4 міс після операції
1.	Ч	51	A3.1.	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	L2	50	—	15	
2.	Ч	42	A3.1.	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	L2	50	—	20	
3.	Ч	32	A3.1.	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	L1	60	—	—	
4.	Ж	44	A3.1.	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	Th12	10	—	—	
5.	Ч	33	A3.3.	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	L2	60	40	30	
6.	Ч	27	A3.2.	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	Th12	40	40	20	
7.	Ч	28	A3.1.	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	L1	30	—	10	
8.	Ж	40	A3.1.	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	Th12	20	—	10	
9.	Ж	16	A3.1.	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	L2	40	—	10	
10.	Ж	28	A3.1.	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	L1	50	—	15	
11.	Ч	49	A3.2	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	L2	10	—	10	
12.	Ч	34	A3.2	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	Th12	0	—	—	
13.	Ч	61	A3.1	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	L1	40	—	15	
14.	Ч	56	A3.2	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	L2	10	10	—	
15.	Ч	29	A3.1	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	L1	50	50	20	
16.	Ч	63	A3.1	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	L1	60	—	—	
17.	Ч	41	A3.1	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	L2	10	—	—	
18.	Ж	21	AB	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	L2	10	10	—	
19.	Ж	30	A3.3	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	Th10	0	—	—	
20.	Ч	28	A3.2	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	L1	50	—	10	
21.	Ж	18	AC	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	Th8	0	—	—	
22.	Ч	34	A3.3	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	Th3	0	—	—	
23.	Ж	54	A3.3	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	Th4	10	—	0	
24.	Ч	16	AB	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	L1	0	0	0	
25.	Ч	62	A3.2	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	L1	40	35	—	
26.	Ч	66	A3.1	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	L2	40	30	—	
27.	Ж	51	A3.2	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	Th7	10	—	—	
28.	Ч	22	A3.2	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	L2	60	—	20	
29.	Ж	31	A3.2	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	Th12	50	—	15	
30.	Ж	34	A3.2	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	L1	20	—	—	
31.	Ч	59	A3.1.	Відсутня	—	—	—	—	—	—	—	—	L1	30	—	—	
32.	Ж	51	A3.1	Неповна (С)	70	60	20	8	10	44	18	22	30	L1	30	—	—
33.	Ч	57	A.B.	Неповна (С)	70	50	10	22	26	40	26	26	28	L1	70	—	20
34.	Ч	34	AB	Неповна (Д)	30	30	10	12	16	20	16	16	20	L5	90	—	—
35.	Ч	23	A3.2	Неповна (Д)	20	10	0	38	40	50	24	24	36	L1	40	40	10
36.	Ч	31	A3.3.	Неповна (В)	90	60	0	0	4	50	12	12	24	L8	90	—	40
37.	Ч	24	AB	Неповна (Д)	30	30	0	42	46	50	30	30	36	L1	10	—	0
38.	Ч	40	AB.	Неповна (В)	95	80	40	2	8	34	28	28	30	L1	70	60	20
39.	Ж	56	AB	Неповна (В)	90	80	20	0	8	30	24	26	30	L2	100	80	—
40.	Ч	49	A3.3.	Неповна (С)	80	60	0	6	10	50	18	22	36	Th12	70	—	30
41.	Ж	41	A.B	Неповна (С)	90	60	0	8	12	50	12	16	34	L2	60	50	20
42.	Ж	54	AC	Неповна (С)	50	30	0	16	24	50	42	46	52	Th8	40	20	—
43.	Ч	27	A3.2	Неповна (Д)	60	50	20	30	36	50	22	26	30	L1	60	40	20
44.	Ч	27	A3.2	Неповна (Д)	20	0	—	40	50	50	26	32	32	L2	60	50	—
45.	Ж	69	AB	Неповна (Д)	20	0	—	12	15	15	18	22	22	L4	50	20	—
46.	Ч	31	AB	A (плегія)	100	100	—	0	—	—	0	—	—	Th10	30	—	—
47.	Ч	44	AC	A (плегія)	100	100	—	0	—	—	0	—	—	Th11	100	—	—
48.	Ч	53	AC	A (плегія)	100	100	—	0	—	—	0	—	—	Th11	90	—	—
49.	Ч	49	AB	A (плегія)	100	100	—	0	—	—	0	—	—	Th11	50	—	—
50.	Ж	31	AB	A (плегія)	100	100	—	0	—	—	0	—	—	Th8	10	—	—
51.	Ч	29	AC	A (плегія)	100	100	—	0	—	—	0	—	—	Th9	80	—	—
52.	Ч	32	AB	A (плегія)	100	100	—	0	—	—	0	—	—	Th12	70	—	—
53.	Ч	34	AB	A (плегія)	100	100	—	0	—	—	0	—	—	Th12	90	—	—
54.	Ч	37	AB	A (плегія)	100	100	—	0	—	—	0	—	—	Th11	100	—	—
55.	Ч	62	A3.3.	A (плегія)	100	100	—	0	—	—	0	—	—	Th12	90	60	—



У хворих з неврологічною симптоматикою типу В до операції поверхнева чутливість за шкалою ASIA становила від 12 до 28 одиниць (у середньому – 21 одиниця (норма – 56 одиниць)). Через 2 тиж після операції показники чутливої функції суттєво не змінилися (максимально – на 1-2 одиниці). Середній показник чутливої функції через рік після операції становив 28 одиниць, середня кратність відновлення чутливої функції – 1,4 разу. Отже, при застосуванні 8-гвинтової фіксації у хворих із неврологічною симптоматикою типу В відновлення рухової функції відбувалося протягом року після операції (переважно в найближчий період). У деяких хворих досягнуто повного відновлення чутливої функції.

У 5 хворих, які мали неврологічну симптоматику відразу після травми, протягом першої доби рухи в нижніх кінцівках було оцінено менше ніж 3 балами. Їх неврологічна клініка відповідала типу С за шкалою ASIA. Протягом наступних 2 діб неврологічна симптоматика зазвичай прогресувала. Середній неврологічний дефіцит становив 72% від норми, у ранній післяопераційний період – 52%, через рік – 6% від норми (майже повне відновлення функції). За шкалою ASIA показники поверхневої чутливості до операції було оцінено як 12–42 одиниці. В ранній післяопераційний період в середньому ці показники збільшилися на 3,2 одиниці, а через рік після операції – на 9,6 одиниці (від 28 до 52 одиниць – майже повне відновлення чутливої функції).

До операції показник рухової функції становив від 8 до 16 одиниць, через 2 тиж він у середньому збільшився на 4 одиниці, через рік після хірургічного лікування – у 5 разів. Таким чином, хворі через рік після хірургічного втручання мали дуже хороший результат відновлення рухової функції, зокрема у трьох хворих відзначено повне відновлення функції кінцівок.

У 6 пацієнтів неврологічна симптоматика (забій або струс спинного мозку, що виявлялося незначним зниженням функції м'язів у нижніх кінцівках, порушенням функції тазових органів та онімінням в аногенітальній ділянці) відповідала типу D за шкалою ASIA (неповне порушення провідності нижче за рівень ураження із силою м'язів понад 3 одиниці).

Неврологічний дефіцит становив від 20 до 60%. У трьох хворих неврологічна симптоматика повністю відновилася протягом перших 2 тиж. У всіх хворих мало місце повне або часткове відновлення неврології. Середня кратність відновлення рухової функції становила 1,2, через рік – 1,1, середня кратність відновлення поверхневої чутливості – відповідно 1,10 та 1,18. Невелика кратність відновлення рухової функції пояснюється незначною початковою неврологічною симптоматикою. Відновлення рухової функції відбувалося переважно протягом перших 2 тиж, а поверхневої чутливості – протягом року.

Таким чином, хворі з частковою неврологічною симптоматикою типу В, С, D за шкалою ASIA в разі хірургічного лікування можуть мати сприятливий результат. У хворих з тяжкою неврологічною симптоматикою типу В і С найбільш ефективно відновлення відбувається протягом року, в хворих з неврологічною симптоматикою типу D – в перші 2 тиж після операції.

Середній розмір хребтового каналу в хворих з частковою неврологічною симптоматикою становив 60%, у 5 – до 50%. Тяжкість неврологічної симптоматики була зумовлена первинним ушкодженням нервових структур. У 6 хворих з частковою неврологічною симптоматикою ступінь стенозу становив від 50 до 70%, у 3 – понад 70%. Таким чином, у більшості хворих з частковою неврологічною симптоматикою, в яких використовували метод 8-гвинтової фіксації з лямініктомією, ступінь стенозу був до 70%.

У більшості хворих (10) з частковою неврологічною симптоматикою ушкодження локалізувалося у грудо-поперековому відділі хребта (Th12–L2), в 1 – у грудному відділі, у 3 – у поперековому відділі (L3–L5).

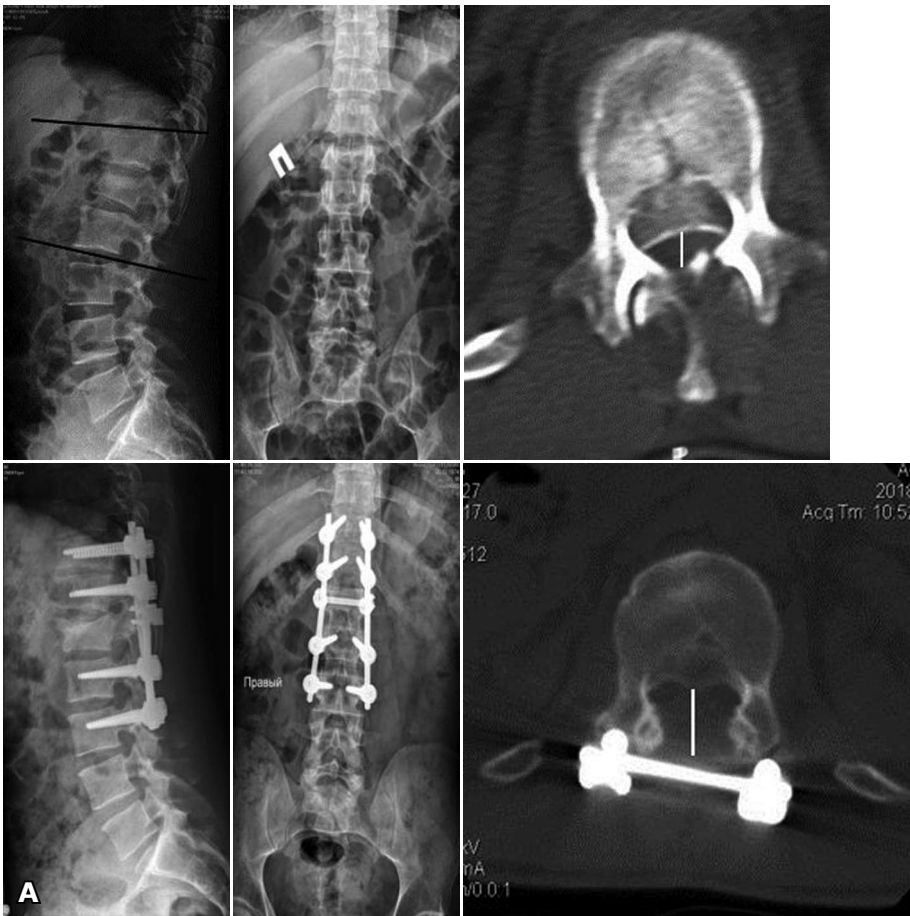
Проаналізували розміри хребтового каналу до, після і через рік після хірургічного лікування у 55 хворих, в яких використовували 8-гвинтову фіксацію, незважаючи на наявність або відсутність неврологічної симптоматики. Метою аналізу в цій групі хворих було виявити зміни кісткового фрагмента задньо-верхньої частини тіла хребця. Доступними для аналізу були дані КТ всіх хворих напередодні хірургічного втручання, 17 – безпосередньо після операції, 24 – через рік і більше.

Середній ступінь звуження (стенозу) сагітального розміру хребтового каналу в цій групі до операції становив 44,90%, безпосередньо після операції – 37,35% (тобто відновлення просвіту хребтового каналу дорівнювало 7,5%), через рік після хірургічного втручання і більше – 15,8%. Відновлення просвіту хребтового каналу протягом тривалого часу за рахунок природного ремоделювання становило 21,55% (Рис. 6). Усі розрахунки розмірів хребтового каналу є відносними і відображують загальну тенденцію морфологічних змін у хребтовому каналі.

Було вивчено кореляції між неврологічною симптоматикою та розмірами хребтового каналу у хворих, у яких використовували комбінований передньо-задній спондилодез на 360°.

Із 22 хворих 10 мали неврологічну симптоматику, зокрема у 3 вона була зумовлена повним порушенням провідності нервових структур типу А за шкалою ASIA (Табл. 3). Силу м'язів оцінено 0 балів. Відзначено повну відсутність чутливої функції у вигляді анестезії з рівня ураження. Порушення поверхневої чутливості супроводжувалося порушенням глибинної м'язово-суглобової чутливості. В усіх хворих виявлено порушення функції тазових органів. Протягом перших 2 тиж після операції не відзначено змін неврологічної симптоматики.

У 7 хворих симптоматика неповного ушкодження спинного мозку відповідала типам В, С або D. У 2 пацієнтів мав місце неврологічний дефіцит типу В, а саме повна відсутність рухів нижче за рівень ураження при частковому збереженні чутливої функції. Неврологічний дефіцит досягав 95%. Так, загальний показник рухової функції нижніх кінцівок у цих хворих оцінено 0-2 балами. В перші 2 тиж після операції відзначено відновлення рухової функції в ступнях, починаючи з фаланг. Середній показник становив від 4 до 8 балів за шкалою ASIA із максимально можливих 52. Протягом року спостерігали позитивну динаміку





– поступове відновлення рухової функції. В 1 хворого відновлення рухової функції протягом року становило 32 бали, тоді як в 1 хворій – лише 8 балів. Відновлення чутливої функції протягом року становило 30 та 32 бали відповідно.

У 2 хворих неврологічна симптоматика відповідала типу С. Відновлення рухової функції відбувалося протягом року. Досягнуто майже повного відновлення рухової функції – 46 і 50 балів відповідно. Відновлення чутливої функції наприкінці року становило 34–36 балів.

Ще 2 хворих мали неврологічну симптоматику типу Д. У них відзначено раннє відновлення рухової функції.

Таким чином, при використанні методу передньо-заднього спондилодезу на 360° динаміка неврологічної симптоматики нагадувала таку при застосуванні 8-гвинтової фіксації (**Рис. 7**).

Середній показник стенозу хребтового каналу в групі хворих, у яких використовували метод передньо-заднього спондилодезу, до операції становив 63,5%. У подальшому розміри хребтового каналу не вивчали, тому що цей метод передбачає повне усунення кісткового стенозу хребтового каналу.

Усі ушкодження в групі, в якій застосовували трьохколонну реконструкцію хребта із заднього доступу [13], мали неврологічну симптоматику типу А, В або С за шкалою ASIA (**Табл. 4, Рис. 8**).



**Рис. 7.** Рентгенограми і томограми хворої С.: А – до хірургічного втручання; Б – через два роки після застосування комбінованого передньо-заднього спондилодезу на 360°

**Таблиця 4.** Розподіл хворих за неврологічною симптоматикою та ступенем стенозу в групі, в якій використовували трьохколонну реконструкцію хребта із заднього доступу

№ хворого	Стать	Вік, роки	Тип ушкодження	Рівень ушкодження	Неврологічна симптоматика	Неврологія, %			Оцінка рухової активності (ASIA M)			Оцінка чутливої функції (ASIA S)			Ступінь стенозу, %
						До операції	Після операції	Через 1 рік після операції	До операції	Після операції	Через 1 рік після операції	До операції	Після операції	Через 1 рік після операції	
1.	Ж	23	АС	L1	Повна (А)	0	0	—	0	0	—	0	0	—	100
2.	Ч	24	А3.3	L4	Неповна (С)	70	60	30	20	24	36	26	26	28	90
3.	Ч	22	А3.3	L2	Неповна (В)	95	90	30	0	4	42	12	12	24	100
4.	Ч	32	АВ	L1	Неповна (В)	80	70	30	0	8	38	24	26	30	90
5.	Ч	44	АВ	L1	Повна (А)	0	0	—	0	0	—	0	0	—	100



**Рис. 8.** Томограми і рентгенограми хворого Д.: А – до хірургічного втручання; Б – після застосування трьохколонної реконструкції хребта

Динаміка неврологічних змін була такою самою, як у групах, в яких застосовували 8-гвинтову фіксацію та комбінований передньо-задній спондилодез на 360°, – основне відновлення функції кінцівок у хворих з неповним порушенням провідності спинного мозку відбувалося протягом року. У хворих з повним порушенням провідності спинного мозку в післяопераційний період змін у неврологічній симптоматиці не відзначено.

Хворі цієї групи мали критичний рівень стенозу хребтового каналу – 96%.

#### Висновки

Метод 6-гвинтової транспедикулярної фіксації використовували у хворих із неушкодженими коренями дуг та дугами хребців і незначним ступенем руйнації тіла хребця (переважно верхньої частини). В ранній післяопераційний період корекції стенозу хребтового каналу або зовсім не відбувалось, або незначною мірою (близько 5%). Середня величина корекції стенозу хребтового каналу в цій групі становила 8,8% і досягала максимального значення через рік і більше після повної перебудови кісткової тканини.

У групі хворих, в якій застосовували 8-гвинтову фіксацію, загальний середній ступінь звуження

(стенозу) хребтового каналу після травми становив 44,9%. У ранній післяопераційний період відзначено відновлення просвіту хребтового каналу на 7,50%, через рік і більше – 21,55%. Таким чином, відновлення просвіту хребтового каналу при вибухових переломах грудних та поперекових відділів хребта відбувається за рахунок лігаментотаксису під час хірургічного втручання і природного ремодельювання хребтового каналу протягом року і більше.

Середній показник стенозу хребтового каналу в групі хворих, в яких використовували передньо-задній спондилодез, до операції становив 63,5%, а в групі хворих, в яких застосовували трьохколонну реконструкцію хребта із заднього доступу, – 96%. У подальшому розміри хребтового каналу не вивчали, тому що ці методи лікування передбачають повне усунення кісткового стенозу хребтового каналу.

У хворих з ускладненими ушкодженнями у вигляді повного порушення провідності спинного мозку або корінців кінського хвоста типу А (нижня параплегія), яке виникло безпосередньо в момент травми, неврологічна симптоматика була найтяжчою і в ранній післяопераційний період не змінювалася. Хворі з частковою неврологічною симптоматикою типу В, С або D за шкалою ASIA в разі хірургічного

лікування можуть мати сприятливий результат. Хворі з тяжкою неврологічною симптоматикою типу В або С мають найбільш ефективне відновлення протягом року і більше, хворі з неврологічною симптоматикою типу D – в перші 2 тиж після операції, а подальше відновлення відбувається протягом року.

### Розкриття інформації

Автори не мають конфлікту інтересів щодо будь-яких препаратів, матеріалів, пристроїв, методів, використаних у цьому дослідженні, або результатів, зазначених у цій статті.

### References

1. Radchenko VA, Popsuyshapka KA, Babalyan YA, Teslenko SA. Burst fractures of the thoracolumbar spine (Part I): literature review. *Ukrainian Neurosurgical Journal*. 2017;(4):10-7. doi: 10.25305/unj.111352.
2. Panjabi MM, Kifune M, Wen L, Arand M, Oxland TR, Lin RM, Yoon WS, Vasavada A. Dynamic canal encroachment during thoracolumbar burst fractures. *J Spinal Disord*. 1995 Feb;8(1):39-48. doi: 10.1097/00002517-199502000-00006. PubMed PMID: 7711368.
3. Boerger TO, Limb D, Dickson RA. Does 'canal clearance' affect neurological outcome after thoracolumbar burst fractures? *J Bone Joint Surg Br*. 2000 Jul;82(5):629-35. Review. doi: 10.1302/0301-620X.82B5.0820629. PubMed PMID: 10963155.
4. Limb D, Shaw DL, Dickson RA. Neurological injury in thoracolumbar burst fractures. *J Bone Joint Surg Br*. 1995 Sep;77(5):774-7. doi: 10.1302/0301-620X.77b5.7559709. PubMed PMID: 7559709.
5. Shaw DL, Limb D, Dickson RA. Neurological injury in thoracolumbar burst fractures: a biomechanical study. *J Bone Joint Surg Br*. 1996;78:161.
6. Wessberg P, Wang Y, Irstam L, Nordwall A. The effect of surgery and remodelling on spinal canal measurements after thoracolumbar burst fractures. *Eur Spine J*. 2001 Feb;10(1):55-63. doi: 10.1007/s005860000194. PubMed PMID: 11276837; PubMed Central PMCID: PMC3611479.
7. Meves R, Avanzi O. Correlation among canal compromise, neurologic deficit, and injury severity in thoracolumbar burst fractures. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006 Aug 15;31(18):2137-41. doi: 10.1097/01.brs.0000231730.34754.9e. PubMed PMID: 16915102.
8. Vaccaro AR, Oner C, Kepler CK, Dvorak M, Schnake K, Bellabarba C, Reinhold M, Aarabi B, Kandziara F, Chapman J, Shanmuganathan R, Fehlings M, Vialle L; AOSpine Spinal Cord Injury & Trauma Knowledge Forum. AOSpine thoracolumbar spine injury classification system: fracture description, neurological status, and key modifiers. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013 Nov 1;38(23):2028-37. doi: 10.1097/BRS.0b013e3182a8a381. PubMed PMID: 23970107.
9. International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injured [Internet]. American Spinal Injury Association; 1982 [modified 2015 November; cited 2017 August 11]. Available from: [http://asia-spinalinjury.org/wp-content/uploads/2016/02/International\\_Stds\\_Diagram\\_Worksheet.pdf](http://asia-spinalinjury.org/wp-content/uploads/2016/02/International_Stds_Diagram_Worksheet.pdf)
10. Keynan O, Fisher CG, Vaccaro A, Fehlings MG, Oner FC, Dietz J, Kwon B, Rampersaud R, Bono C, France J, Dvorak M. Radiographic measurement parameters in thoracolumbar fractures: a systematic review and consensus statement of the spine trauma study group. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006 Mar 1;31(5):E156-65. Review. doi: 10.1097/01.brs.0000201261.94907.0d. PubMed PMID: 16508540.
11. Pham MH, Tuchman A, Chen TC, Acosta FL, Hsieh PC, Liu JC. Transpedicular Corpectomy and Cage Placement in the Treatment of Traumatic Lumbar Burst Fractures. *Clin Spine Surg*. 2017 Oct;30(8):360-366. doi: 10.1097/BSD.0000000000000312. PubMed PMID: 28937458.
12. Zahra B, Jodoin A, Maurais G, Parent S, Mac-Thiong JM. Treatment of thoracolumbar burst fractures by means of anterior fusion and cage. *J Spinal Disord Tech*. 2012 Feb;25(1):30-7. doi: 10.1097/BSD.0b013e31820b0a9. PubMed PMID: 21558966.
13. Haiyun Y, Rui G, Shucaï D, Zhanhua J, Xiaolin Z, Xin L, Xue W, Gongyi L, Jiankun L. Three-column reconstruction through single posterior approach for the treatment of unstable thoracolumbar fracture. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010 Apr 15;35(8):E295-302. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181c392b9. PubMed PMID: 20395775.
14. Radcliff K, Su BW, Kepler CK, Rubin T, Shimer AL, Rihn JA, Harrop JA, Albert TJ, Vaccaro AR. Correlation of posterior ligamentous complex injury and neurological injury to loss of vertebral body height, kyphosis, and canal compromise. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012 Jun 1;37(13):1142-50. doi: 10.1097/BRS.0b013e318240fcd3. PubMed PMID: 22146278.
15. Pizones J, Sánchez-Mariscal F, Zúñiga L, Álvarez P, Izquierdo E. Prospective analysis of magnetic resonance imaging accuracy in diagnosing traumatic injuries of the posterior ligamentous complex of the thoracolumbar spine. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013 Apr 20;38(9):745-51. doi: 10.1097/BRS.0b013e31827934e4. PubMed PMID: 23089929.