

Ukr Neurosurg J. 2023;29(1):54-60
doi: 10.25305/unj.271590

Ефективність ревізійного хірургічного втручання у віддалений період травматичного ушкодження грудопоперекового переходу

Нехлопочин О.С.¹, Чешук Є.В.^{2,3}

¹ Відділення патології спинного мозку та хребта, Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України, Київ, Україна

² Відділення відновлювальної нейрохірургії, Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України, Київ, Україна

³ Кафедра нейрохірургії, Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ, Україна

Надійшла до редакції 10.01.2023
Прийнята до публікації 31.01.2023

Адреса для листування:

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

Хоча травматичні ушкодження хребта становлять відносно невелику частину наслідків дії травмувального чинника на організм людини, вони значною мірою впливають на соціальну та економічну складову життя постраждалих. Під час російсько-української війни значно збільшилася кількість постраждалих із травматичним ушкодженням хребта та спинного мозку. Всупереч думці, що склалася, аналіз попередніх збройних конфліктів свідчить про те, що більшість травм хребта як у військовослужбовців, так і у цивільного населення, є закритими. Тому тактика їхнього лікування відповідає такій у мирний час. Одним із найменш вивчених є питання про доцільність виконання хірургічної декомпресії хребтового каналу в пізній та віддалений період хребетно-спинномозкової травми.

Наведено анамнестично складний випадок травматичного ушкодження грудопоперекового переходу. Пацієнту з поєднаною травмою через 11 діб після ургентної госпіталізації проведено ламінектомію хребця Th12 і транспедикулярну стабілізацію хребців Th11, Th12, L1 та L2 у зв'язку з переломо-вихом хребців Th12 та L1, що супроводжувався грубою неврологічною симптоматикою ASIA A. Через 6 міс після травми виявлено незадовільне розташування гвинтів у тілах хребців Th12 та L1. Через 10 міс проведено хірургічне втручання: видалення лівого транспедикулярного гвинта з тіла хребця Th12, ламінектомію хребців Th12, L1 та L2, встановлено електронейростимулятор на спинний мозок. Через 12 міс після травми виконано перестановку транспедикулярної системи стабілізації та видалено електроди електронейростимулятора. Через 3 роки 7 міс у зв'язку з появою різких болів у ділянці нирок проведено додаткове обстеження. Виявлено фрагментацію лівої балки системи стабілізації між хребцями L1 та L2, а також наявність осифікованих фрагментів міжхребцевого диска на рівні Th12-L1, що спричинило абсолютний стеноз хребтового каналу. В Інституті нейрохірургії ім. А.П. Ромоданова НАМН України виконано ревізійне хірургічне втручання: адекватну перестановку системи стабілізації та широку декомпресію хребтового каналу з фасетектомією і повною декомпресією дурального мішка. Під час контрольного огляду через 4 міс зафіксовано регрес неврологічного дефіциту від ASIA A до ASIA B.

Розглянуто класичні помилки під час надання допомоги постраждалим із травматичними ушкодженнями грудопоперекового переходу та доцільність виконання декомпресивно-ревізійних хірургічних втручань у віддалений період хребетно-спинномозкової травми.

Ключові слова: травматичні ушкодження хребта; грудопоперековий перехід; ревізійна хірургія; віддалений період травми

Вступ

Хоча частка травматичних ушкоджень хребта серед наслідків дії травмувального чинника на організм людини відносно невелика, їхній вплив на соціальну та економічну складову життя постраждалих значно більший порівняно з іншими ушкодженнями [1]. Аналіз частоти переломів залежно від рівня ушкодження виявив, що найуразливішою є зона грудопоперекового переходу (ГПП) [2], до складу якої входять два нижні (на думку деяких авторів, три) грудні хребці та два верхні поперекові хребці. Ця зона характеризується специфічною біомеханікою, що зумовлено переходом ригідного

грудного відділу хребта у відносно рухливий поперековий. За даними деяких епідеміологічних досліджень, саме на зону ГПП припадає близько 60 % випадків переломів хребта [3]. Наприклад, за даними P. Leucht та співавт. [4], зона хребців Th11-L2 була ушкоджена у 58,4 % випадків (Th11 – у 3,7 %, Th12 – у 14,1 %, L1 – у 28,5, L2 – у 12,1 %). Також зазначено, що на хребці Th12 та L1 припадає близько 48 % вибухових переломів хребта [5].

Якщо розглядати ушкодження хребта як комплекс патоморфологічних змін різних анатомічних структур, то найбільший вплив на стан постраждалого має неврологічний дефіцит, спричинений травмою

Copyright © 2023 Нехлопочин О.С., Чешук Є.В.



Робота опублікована під ліцензією Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

невральних структур хребтового каналу. Оскільки хребтовий канал має найбільший діаметр в нижньопоперековому відділі хребта, а корінці попереково-крижових нервів значно рухоміші, ніж конус спинного мозку, частота неврологічних ушкоджень, що супроводжують переломи хребців L3–L5, зазвичай нижче, ніж у разі переломів хребців розташованих вище відділів [6], тоді як травми верхньогрудного та середньогрудного відділів найчастіше супроводжуються грубими неврологічними розладами, і залежно від характеру та ступеня ушкодження у пацієнтів у більшості випадків реєструють або ASIA A, або ASIA D–E [7]. Для зони ГПП характерний повний спектр ступеня ушкодження невральних структур (від ASIA A до ASIA E). За даними різних досліджень, частота ступенів ушкодження значно варіює, але за інших однакових умов ушкодження ГПП «сприятливіші» щодо регресу неврологічних порушень порівняно із зоною Th1–Th10 [8–13]. Зазначені особливості визначають «агресивнішу» хірургічну тактику, спрямовану на максимально можливе поліпшення якості життя постраждалих.

На тлі військової агресії РФ проти України питання про тактику лікування закритих ушкоджень хребта і зокрема зони ГПП є актуальним. Зазвичай бойову травму хребта розглядають насамперед як вогнепальне ураження (кульове або осколкове) з наявністю чи відсутністю ушкодження невральних структур, а отже, неврологічного дефіциту. Такі ушкодження часто досить легко діагностувати через наявність ушкодження шкірних покривів (вхідний отвір). Рентгенологічно добре візуалізуються сторонні тіла, що фактично або ймовірно вплинули на структури хребтового стовпа [14]. Дані щодо ушкоджень хребта у військовослужбовців США під час проведення Operation Iraqi Freedom (2003–2010) та Operation Enduring Freedom (2001–2013) демонструють, що більшість травм (66–71 %) є закритими, і тактика їхнього лікування відповідає такій у мирний час [15, 16]. Так, J.A. Blair та співавт. зазначають, що 56 % ушкоджень хребта було отримано в результаті вибухів, але лише 32 % з них пов'язані з безпосереднім впливом уламків, 29 % – під час пересування на транспорті, 15 % були вогнепальними [17]. У військовослужбовців із грубим неврологічним дефіцитом ушкодження спинного мозку внаслідок проникного поранення зареєстровано менш ніж у 50 % випадків. Хоча загалом на частку ушкодження хребта під час ведення воєнних дій припадає лише 5 % від усіх ушкоджень, вони є другою за частотою причиною інвалідизації [18].

В умовах сучасної війни абсолютна більшість постраждалого як мирного населення, так і військовослужбовців, – це пацієнти з політравмою. Тому медичну допомогу надають, дотримуючись принципів «damage control», згідно з якими хірургічні втручання на хребті не є такими, що рятують життя, і можуть бути відстрочені. Найчастіше тяжкість стану постраждалого, етапність евакуації та відсутність належної кількості фахівців необхідної кваліфікації є причинами виконання хірургічної корекції через декілька тижнів після травми, а обсяг втручання не завжди оптимальний.

Сучасні підходи до лікування постраждалих із закритою хреботно-спинномозковою травмою розглядають виконання хірургічної корекції через 72 год після отримання ушкодження як «пізню хірургію» та пов'язують її з гіршим прогнозом щодо регресу неврологічних порушень [19]. При цьому фактично пропонується принцип «краще пізно, ніж ніколи», але межі цього «пізно» не визначено [20]. В Україні не поодинокі випадки, коли пацієнтам не виконують декомпресію хребтового каналу в пізній період хреботно-спинномозкової травми через відсутність, на думку хірургів, позитивного неврологічного результату. Така тактика спостерігається і щодо технічно некоректно встановлених систем стабілізації (переважно транспедикулярних фіксаторів), якщо дефекти виявлено через 6 міс і більше після проведення хірургічного втручання. Аналіз спеціалізованої літератури останніх десятиліть не виявив досліджень, які переконливо визначають оптимальну тактику терапії цих пацієнтів.

Особливістю зарубіжних публікацій з проблем хірургії, зокрема присвячених хірургії хребта, є вільніше обговорення помилок та ускладнень порівняно з вітчизняними науковими працями [21–24]. Проте низка критичних моментів залишаються невисвітленими. Наприклад, відомо, що 17–25 % травматичних ушкоджень ГПП первинно не діагностуються, але випадки тривало неусуненої компресії спинного мозку не описано. Також відомо, що завжди реєструють дефекти постановки транспедикулярних гвинтів з перфорацією в хребтовий канал, частота яких залежить від рівня стабілізації [25, 26]. Однак випадки тривалої відсутності корекції таких дефектів зазвичай не обговорюються.

Зазначені особливості залишають відкритим питання щодо доцільності виконання декомпресивно-стабілізувальних втручань у пацієнтів з тривало існуючим стисненням структур хребтового каналу, спричиненим компресивним чинником травматичного (кісткові фрагменти, фрагменти міжхребцевого диска, гематома тощо) або ятрогенного (транспедикулярний гвинт) генезу. Раніше нами описано клінічний випадок позитивної неврологічної симптоматики у пацієнтки з грубим травматичним спондилоптозом ГПП під час виконання хірургічної корекції через 3 міс після травми [27]. Наводимо анамнестично складнішу ситуацію.

Клінічний випадок

Пацієнт М., 26 років, отримав травму за невстановлених обставин. При госпіталізації у лікувально-профілактичний заклад за місцем проживання встановлено діагноз: закрыта хреботно-спинномозкова травма, зчеплений перелома-вивих хребців Th12 і L1, забій спинного мозку тяжкого ступеня, закрыта черепно-мозкова травма, забій головного мозку II (**Рис. 1**).

Через 11 діб після травми виконано хірургічне втручання: ламінектомію хребця Th12 і транспедикулярну стабілізацію хребців Th11, Th12, L1 та L2 (**Рис. 2**). При виписці зі стаціонару позитивної динаміки не зареєстровано.

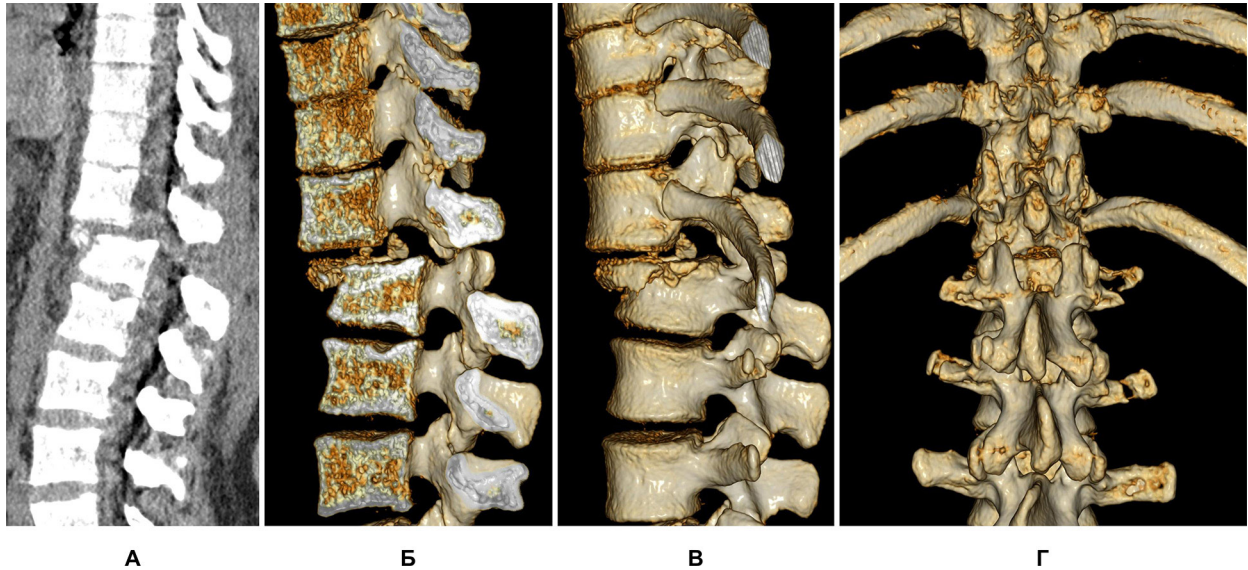


Рис. 1. Комп'ютерна томографія зони грудопоперекового переходу під час первинної госпіталізації пацієнта: А – сагітальна реконструкція. Тривимірна реконструкція: Б – зріз у серединній сагітальній площині; В – вигляд ліворуч; Г – вигляд ззаду

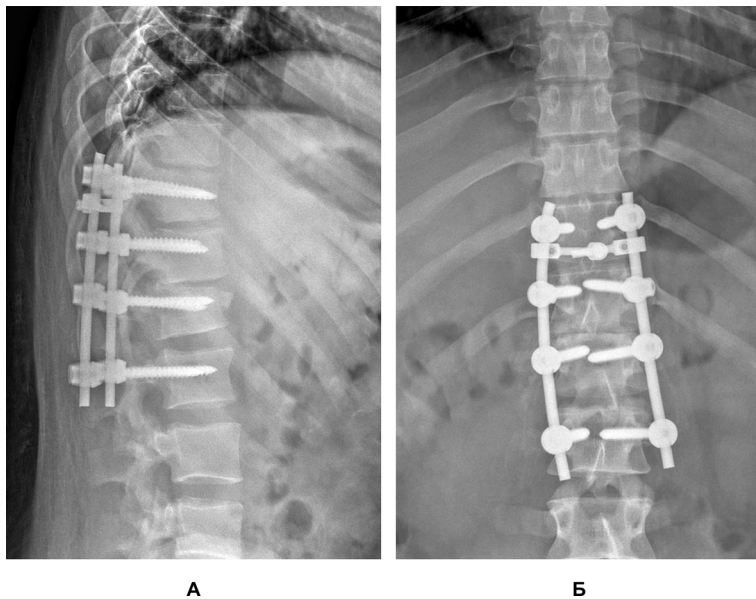


Рис. 2. Рентгенографія через 23 доби після травми: А – бічна проекція; Б – передньо-задня проекція

Після проходження курсу реабілітаційної терапії через 6 міс після травми пацієнту виконано магнітно-резонансну томографію. Виявлено незадовільне розташування гвинтів у тілах хребців Th12 та L1, а також наявність фрагмента великого розміру, що компримував спинний мозок (**Рис. 3**).

Через 10 міс після травми пацієнту проведено хірургічне втручання: видалення лівого транспедикулярного гвинта з тіла хребця Th12, ламінектомію хребців Th12, L1 і L2, встановлено електронейростимулятор на спинний мозок. Через 12 міс після травми виконано перестановку транспедикулярної системи стабілізації та видалено електроди електронейростимулятора.

Протягом 3,5 року після травми пацієнт регулярно проходив курси реабілітації, які не дали клінічно значущого ефекту. Через 3 роки 7

міс постраждалий відзначив появу різких болів у поперековій ділянці у зоні проведеного хірургічного втручання. Під час контрольного обстеження виявлено фрагментацію лівої балки системи стабілізації між хребцями L1 та L2, а також наявність осифікованих фрагментів міжхребцевого диска на рівні Th12-L1, що спричинило абсолютний стеноз хребтового каналу (**Рис. 4**).

Після неодноразових відмов у проведенні хірургічної корекції пацієнт звернувся до Інституту нейрохірургії ім. А.П. Ромоданова НАМН України.

Неврологічний статус на момент госпіталізації: з боку черепних нервів патології не виявлено. Сила у верхніх кінцівках – 5 балів, нижня параплегія, повна анестезія з рівня Th11-Th12. Сухожилкові та періостальні рефлекси з верхніх кінцівок живі, симетричні, з нижніх кінцівок – відсутні. Виразна

локальна болючість у зоні післяопераційного рубця при мінімальних ротаційних рухах.

Виконано хірургічне втручання: демонтаж сполучних балок системи стабілізації, видалення транспедикулярного гвинта з тіла хребця Th12 праворуч і гвинтів з тіла хребця L1, розширену ламінектомію хребців Th12 та L1 з медіальною і латеральною фасетектомією, менингеоліз і радикалеліз зазначеної зони, видалення вентральної компресії дурального мішка, перестановку транспедикулярних гвинтів у тіла хребців Th12 та L1 з монтажем балок і двох поперечних стяжок (**Рис. 5**).

У післяопераційний період двічі виконано спіральну комп'ютерну томографію: через 2 дні та 3 тиж після хірургічного втручання, коли пацієнт вже приймав положення сидячи (**Рис. 6**).

За період перебування у стаціонарі переконливих ознак зміни рівня неврологічних розладів не

відзначено, але змінився характер больових відчуттів, що набули нейропатичного характеру. Під час контрольного огляду через 4 міс відзначено регрес неврологічних розладів до ASIA B. Больовий синдром практично повністю регресував.

У наведеному клінічному випадку варті уваги два аспекти, що мають принципове значення у лікуванні пацієнтів із травматичними ушкодженнями зони ГПП. По-перше, під час лікування, на нашу думку, припустилися низки «класичних» помилок, аналіз яких дає змогу виявити найкритичніші моменти надання допомоги постраждалим. По-друге, одержана позитивна неврологічна динаміка дає підставу стверджувати про доцільність проведення реконструктивних ревізійних хірургічних втручань навіть у віддалений період травми.

Для упорядкування помилок надання допомоги постраждалим нами запропоновано поділяти їх на такі

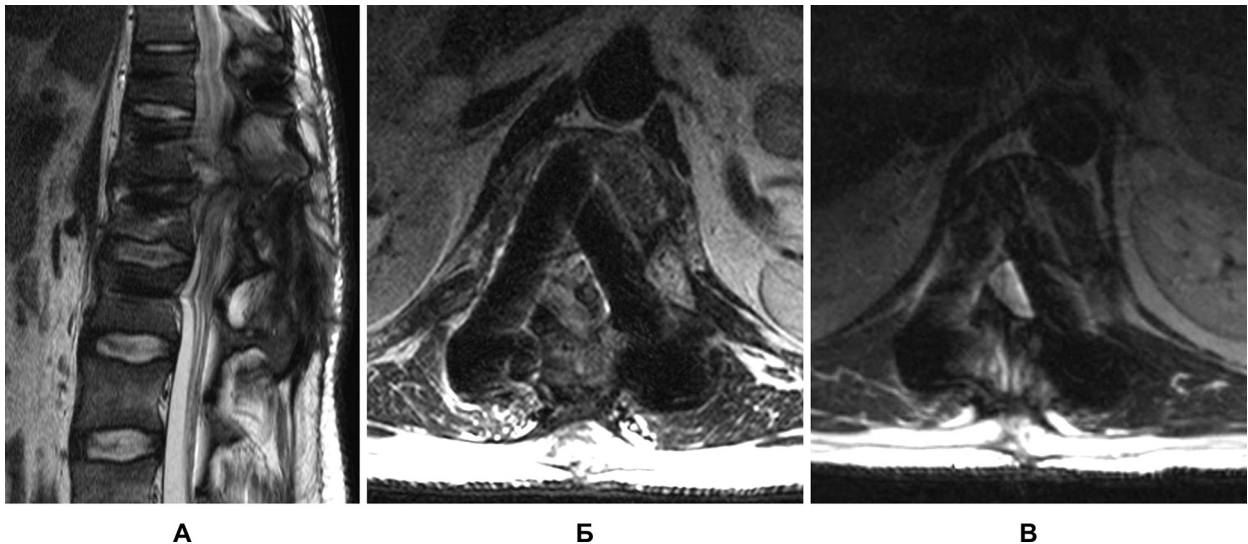


Рис. 3. Магнітно-резонансна томографія (через 6 міс після травми): А – серединний сагітальний зріз; Б – зріз на рівні хребця Th12; В – зріз на рівні хребця L1

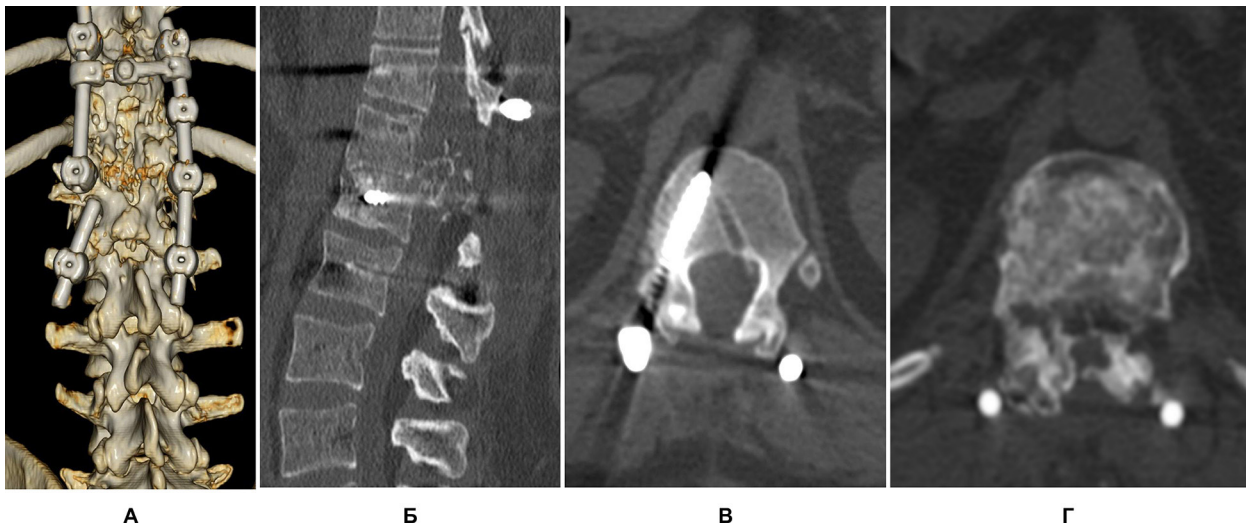


Рис. 4. Комп'ютерна томографія через 3 роки 7 міс після травми: А – тривимірна реконструкція, вигляд ззаду; Б – сагітальна реконструкція; В – зріз на рівні хребця Th12; Г – зріз на рівні міжхребцевого диска Th12-L1

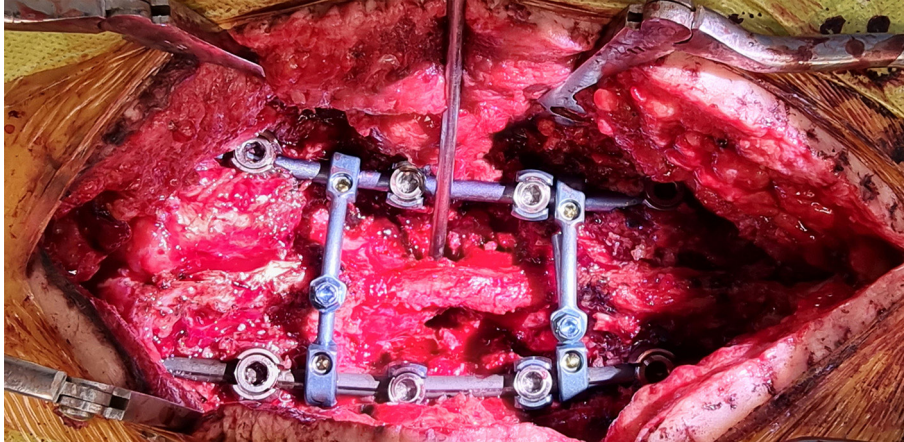


Рис. 5. Інтраопераційно після виконання основних етапів хірургічного втручання. Канюля аспиратора розташована під дуральним мішком на рівні міжхребцевого диска Th12-L1

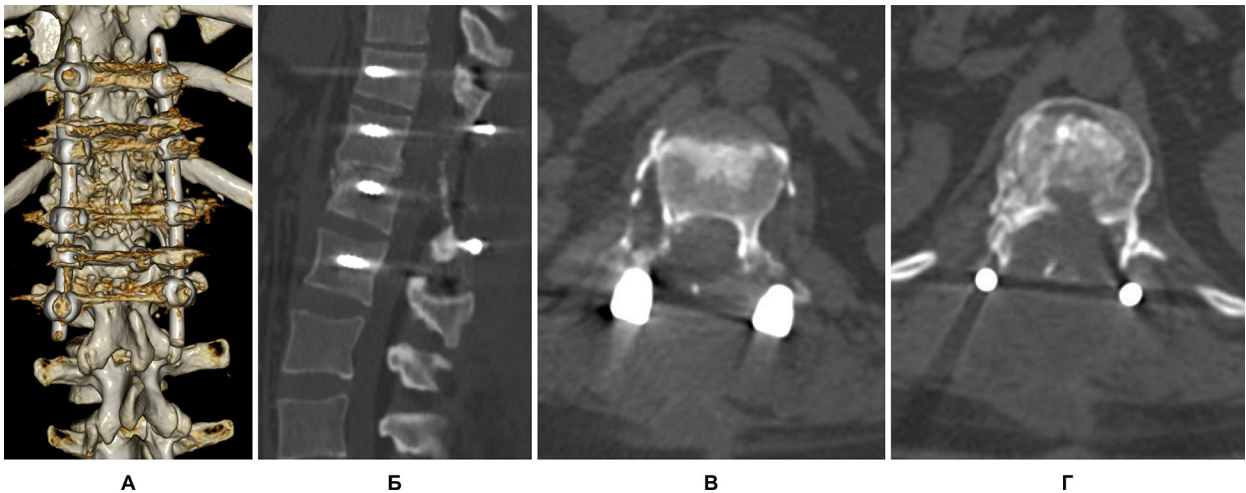


Рис. 6. Комп'ютерна томографія через 3 тиж після ревізійного хірургічного втручання: А – тривимірна реконструкція, вигляд ззаду; Б – сагітальна реконструкція; В – зріз на рівні хребця Th12 (вище за входження гвинтів у тіло); Г – зріз на рівні міжхребцевого диска Th12-L1

категорії: стратегічні, тактичні та технічні. Помилкова стратегія характеризується початково невірною загальною спрямованістю надання допомоги. Наприклад, вибір консервативного методу лікування за наявності показань до хірургічної корекції. До цієї категорії можна також віднести необґрунтовано значну тривалість доопераційного періоду, що, безумовно, має важливе значення для регресу неврологічних порушень у пацієнтів з явищами компресії структур хребтового каналу. Помилки тактики – це некоректний вибір оптимального методу хірургічного втручання, який не враховує весь комплекс клінічних та патоморфологічних змін, наявних у пацієнта. До цієї категорії можна віднести вибір хірургічного доступу, обсяг резекції кісткових структур, повноту декомпресії, метод і протяжність стабілізації тощо. Безумовно, зазначені складові, незважаючи на наявність більш-менш деталізованих рекомендацій щодо надання допомоги постраждалим, фактично визначаються лікарем, який на момент проведення хірургічного втручання

керується певними клінічними аргументами. Лише ретроспективний аналіз результату проведеної операції дає змогу оцінити правильність вибору, що у перспективі дасть змогу оптимізувати алгоритм вибору тактики. Помилки технічні є дефектами проведення хірургічного втручання заздалегідь запланованого обсягу, наприклад, неправильна установка транспедикулярних гвинтів, ушкодження твердої мозкової оболонки тощо.

У наведеному випадку наявні деякі із зазначених вище дефектів. Очевидно, що значна тривалість доопераційного періоду може бути зумовлена тяжкістю стану пацієнта та іншими чинниками і не підлягає однозначній оцінці без детального аналізу всієї медичної документації. Обсяг виконання декомпресії, ймовірно, є недостатнім (див. Рис. 4В). Поняття декомпресії хребтового каналу при травматичному ушкодженні хребта не є чітко регламентованим. Відсутні чіткі рекомендації щодо її протяжності (кількість дуг, які резектують) і ширини. При виконанні декомпресії хірург має вирішити декілька

завдань: усунути компресію структур хребтового каналу, провести ревізію епідурального простору для виявлення чинників компресії, не візуалізованих під час доопераційних обстежень або які виникли безпосередньо під час операції. Деякі автори зазначають, що не врахування стану міжхребцевого диска травмованого хребетно-рухового сегмента є однією з причин ревізійних хірургічних втручань при травматичному ушкодженні хребта. Це особливо важливо при ушкодженні типу С за класифікацією AO Spine, коли репозиція зміщених хребців може спричинити пролабування в хребтовий канал травматично ушкодженого міжхребцевого диска.

Як зазначено вище, дефект постановки транспедикулярного гвинта не є унікальною ситуацією. Так, за даними M. Kreinest та співавт., у середньому кожен 5-й установлений гвинт виходить за межі ніжки дуги (21,8 % – при відкритій установці, 15,2 % – при малоінвазивній) [28]. Найчастіше дефект реєструють на рівні хребців Th12 та L1, а також хребців Th7 і Th8. Латеральне відхилення трапляється вдвічі частіше, ніж медіальне. Однак ушкодження медіальної стінки ніжки дуги з входженням гвинта в хребтовий канал при своєчасному виявленні та усуненні в більшості випадків не є катастрофічним. Оскільки доцільність післяопераційного контролю із застосуванням комп'ютерної томографії залишається дискусійною, то основними ознаками, що дають підставу запідозрити інтраканальне розташування гвинта є поява або наростання неврологічних розладів та/або порушення критеріїв Ленке [29–31]. У наведеному випадку оцінка неврологічного дефіциту не могла свідчити про технічні дефекти через вихідний рівень ASIA A, однак відзначено порушення 3-го критерію Ленке (тіла хребців Th12 і L1), що могло бути підставою для виконання післяопераційної спіральної комп'ютерної томографії (див. Рис. 2Б).

Питання про доцільність хірургічної декомпресії у віддалений період хребетно-спинномозкової травми залишається відкритим. Усі виявлені нами публікації, присвячені цій тематиці, належать переважно до 1970–1980-х років [32,33]. Така тенденція свідчить більше про поліпшення якості надання допомоги постраждалим через розвиток медицини в цілому, оскільки праць, які б демонстрували недоцільність подібних втручань, не виявлено. Очевидно, що отриманий нами результат є поодиноким, а регрес неврологічного дефіциту не настільки виразним, але навіть незначне поліпшення функцій найчастіше є значним досягненням для цієї категорії пацієнтів та їхніх родичів. Інформування постраждалих про можливість виконання хірургічного втручання у віддалений період травми, а також збирання та систематизація отриманих результатів дадуть змогу оптимізувати тактику терапії пацієнтів і поліпшити якість їхнього життя.

Аналіз наведених даних дає підставу для таких висновків:

1. Виконання широкої декомпресії хребтового каналу у пацієнтів із травматичним ушкодженням грудноперекового відділу хребта дає змогу не лише усунути стиснення спинного мозку, а й провести необхідні ревізійні заходи.

2. Контроль постановки транспедикулярних гвинтів із застосуванням комп'ютерної томографії може бути доцільним як мінімум у тих випадках, коли оцінка неврологічного статусу неінформативна.

3. Декомпресивно-ревізійні хірургічні втручання у віддалений період хребетно-спинномозкової травми слід вважати доцільними, оскільки їх виконання може мати позитивний неврологічний результат.

Розкриття інформації

Конфлікт інтересів

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Інформована згода

Від пацієнта отримано інформовану згоду.

Список літератури

1. Vaccaro AR, An HS, Lin S, Sun S, Balderston RA, Cotler JM. Noncontiguous injuries of the spine. *J Spinal Disord*. 1992;5(3):320-329. doi: 10.1097/00002517-199209000-00010
2. Fradet L, Petit Y, Wagnac E, Aubin CE, Arnoux PJ. Biomechanics of thoracolumbar junction vertebral fractures from various kinematic conditions. *Medical & biological engineering & computing*. 2014;52(1):87-94. doi: 10.1007/s11517-013-1124-8
3. Kifune M, Panjabi MM, Liu W, Arand M, Vasavada A, Oxland T. Functional morphology of the spinal canal after endplate, wedge, and burst fractures. *J Spinal Disord*. 1997;10(6):457-466.
4. Leucht P, Fischer K, Muhr G, Mueller EJ. Epidemiology of traumatic spine fractures. *Injury*. 2009;40(2):166-172. doi: 10.1016/j.injury.2008.06.040
5. Rosenthal BD, Boody BS, Jenkins TJ, Hsu WK, Patel AA, Savage JW. Thoracolumbar Burst Fractures. *Clin Spine Surg*. 2018;31(4):143-151. doi: 10.1097/BSD.0000000000000634
6. Dai LD. Low lumbar spinal fractures: management options. *Injury*. 2002;33(7):579-582. doi: 10.1016/s0020-1383(02)00021-9
7. van den Berg ME, Castellote JM, Mahillo-Fernandez I, de Pedro-Cuesta J. Incidence of spinal cord injury worldwide: a systematic review. *Neuroepidemiology*. 2010;34(3):184-192; discussion 192. doi: 10.1159/000279335
8. Eckert MJ, Martin MJ. Trauma: Spinal Cord Injury. *The Surgical clinics of North America*. 2017;97(5):1031-1045. doi: 10.1016/j.suc.2017.06.008
9. Ahuja CS, Nori S, Tetreault L, Wilson J, Kwon B, Harrop J, et al. Traumatic Spinal Cord Injury-Repair and Regeneration. *Neurosurgery*. 2017;80(3S):S9-S22. doi: 10.1093/neuros/nyw080
10. Ahuja CS, Schroeder GD, Vaccaro AR, Fehlings MG. Spinal Cord Injury-What Are the Controversies? *J Orthop Trauma*. 2017;31 Suppl 4:S7-S13. doi: 10.1097/BOT.0000000000000943
11. Vaccaro AR, Nachwalter RS, Klein GR, Sowards JM, Albert TJ, Garfin SR. The significance of thoracolumbar spinal canal size in spinal cord injury patients. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26(4):371-376. doi: 10.1097/00007632-200102150-00013
12. Wilson JR, Hashimoto RE, Dettori JR, Fehlings MG. Spinal cord injury and quality of life: a systematic review of outcome measures. *Evid Based Spine Care J*. 2011;2(1):37-44. doi: 10.1055/s-0030-1267085
13. Mathur N, Jain S, Kumar N, Srivastava A, Purohit N, Patni A. Spinal cord injury: scenario in an Indian state. *Spinal Cord*. 2015;53(5):349-352. doi: 10.1038/sc.2014.153
14. Сірко АГ, Пилипенко ММ, Гук АП, Комок ОА. Бойова травма та поранення голови, шиї та хребта. Сучасні принципи невідкладної допомоги. Навчальний посібник. Київ: Медкнига; 2020.
15. Bernstock JD, Caples CM, Wagner SC, Kang DG, Lehman RA, Jr. Characteristics of combat-related spine injuries: a review of recent literature. *Mil Med*. 2015;180(5):503-512. doi: 10.7205/MILMED-D-14-00215
16. Blair JA, Possley DR, Petfield JL, Schoenfeld AJ, Lehman RA, Hsu JR, et al. Military penetrating spine injuries compared with blunt. *Spine J*. 2012;12(9):762-768. doi: 10.1016/j.spinee.2011.10.009
17. Blair JA, Patzkowski JC, Schoenfeld AJ, Cross Rivera JD,

- Grenier ES, Lehman RA, Jr., et al. Spinal column injuries among Americans in the global war on terrorism. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94(18):e135(131-139). doi: 10.2106/JBJS.K.00502
18. Cross JD, Ficke JR, Hsu JR, Masini BD, Wenke JC. Battlefield orthopaedic injuries cause the majority of long-term disabilities. *J Am Acad Orthop Surg.* 2011;19 Suppl 1:S1-7. doi: 10.5435/00124635-201102001-00002
 19. Sousa A, Rodrigues C, Barros L, Serrano P, Rodrigues-Pinto R. Early Versus Late Spine Surgery in Severely Injured Patients-Which Is the Appropriate Timing for Surgery? *Global Spine J.* 2022;12(8):1781-1785. doi: 10.1177/2192568221989292
 20. Rathod TN, Sathe AH, Marathe NA, Mohanty SS, Kamble P, Hadole B, et al. Better late than never: Clinical outcomes of delayed fixation in thoracolumbar spinal trauma. *Eur Spine J.* 2021;30(10):3081-3088. doi: 10.1007/s00586-021-06804-5
 21. Cha EDK, Lynch CP, Hrynewycz NM, Geoghegan CE, Mohan S, Jadcak CN, et al. Spine Surgery Complications in the Ambulatory Surgical Center Setting: Systematic Review. *Clin Spine Surg.* 2022;35(3):118-126. doi: 10.1097/BSD.0000000000001225
 22. Guerin P, El Fegoun AB, Obeid I, Gille O, Lelong L, Luc S, et al. Incidental durotomy during spine surgery: incidence, management and complications. A retrospective review. *Injury.* 2012;43(4):397-401. doi: 10.1016/j.injury.2010.12.014
 23. Strayer AL, Kuo WC, King BJ. In-hospital medical complication in older people after spine surgery: A scoping review. *International journal of older people nursing.* 2022;17(4):e12456. doi: 10.1111/opn.12456
 24. Swann MC, Hoes KS, Aoun SG, McDonagh DL. Postoperative complications of spine surgery. *Best practice & research Clinical anaesthesiology.* 2016;30(1):103-120. doi: 10.1016/j.bpa.2016.01.002
 25. Tang J, Zhu Z, Sui T, Kong D, Cao X. Position and complications of pedicle screw insertion with or without image-navigation techniques in the thoracolumbar spine: a meta-analysis of comparative studies. *Journal of biomedical research.* 2014;28(3):228-239. doi: 10.7555/JBR.28.20130159
 26. Theologou M, Theologou T, Zevgaridis D, Skoulios N, Matejic S, Tsonidis C. Pedicle screw placement accuracy impact and comparison between grading systems. *Surg Neurol Int.* 2017;8:131. doi: 10.4103/sni.sni_85_17
 27. Nekhlopochyn OS, Verbov VV, Cheshuk IV, Vorodi MV. Surgical management of traumatic irreducible spondyloptosis of thoracolumbar junction. *Ukrainian Neurosurgical Journal.* 2021;27(2):56-64. doi: 10.25305/unj.228926.
 28. Kreinest M, Rillig J, Kuffer M, Grutzner PA, Tinelli M, Matschke S. Comparison of pedicle screw misplacement following open vs. percutaneous dorsal instrumentation after traumatic spinal fracture. *European journal of trauma and emergency surgery : official publication of the European Trauma Society.* 2021;47(3):727-732. doi: 10.1007/s00068-019-01245-8
 29. Kim YJ, Lenke LG, Cheh G, Riew KD. Evaluation of pedicle screw placement in the deformed spine using intraoperative plain radiographs: a comparison with computerized tomography. *Spine (Phila Pa 1976).* 2005;30(18):2084-2088. doi: 10.1097/01.brs.0000178818.92105.ec
 30. Aigner R, Bichlmaier C, Oberkircher L, Knauf T, Konig A, Lechler P, et al. Pedicle screw accuracy in thoracolumbar fractures- is routine postoperative CT scan necessary? *BMC Musculoskelet Disord.* 2021;22(1):986. doi: 10.1186/s12891-021-04860-y
 31. Sarwahi V, Ayan S, Amaral T, Wendolowski S, Gecelter R, Lo Y, et al. Can Postoperative Radiographs Accurately Identify Screw Misplacements? *Spine deformity.* 2017;5(2):109-116. doi: 10.1016/j.jspd.2016.10.007
 32. Landau B, Ransohoff J. Late surgery for incomplete traumatic lesions of the conus medullaris and cauda equina. *J Neurosurg.* 1968;28(3):257-261. doi: 10.3171/jns.1968.28.3.0257
 33. Ramamurthi B, Ramamurthi R, Narayanan R. Late laminectomy in traumatic paraplegia. *Surg Neurol.* 1983;20(5):414-416. doi: 10.1016/0090-3019(83)90012-5