

Радченко В.О., Куценко В.О., Попов А.І., Карпінський М.Ю., Карпінська О.Д.
ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України», м. Харків, Україна

Моделювання варіантів транспедикулярної фіксації грудного відділу хребта при резекції одного-трьох хребців

Резюме. Актуальність. Патологічні переломи хребців є найбільшим ускладненням пухлинного процесу. Застосування додаткової внутрішньої фіксації металевими імплантатами значно покращує результати лікування й скорочує строки реабілітації хворих. Використання транспедикулярних пристроїв забезпечує стабільну фіксацію й стабільність сегментів хребта навіть при максимальному ступені його нестабільності.

Мета: визначення оптимального варіанта протяжності заднього спондилодезу при паліативному та радикальному хірургічному лікуванні пухлин хребта. **Матеріали та методи.** Для вивчення можливостей стабілізації за допомогою транспедикулярної фіксації при резекції одного-трьох хребців провели експериментальні випробування на препаратах хребта свині. Використовували препарати сегментів грудного відділу хребта від Th3 до Th12 хребців. Вивчали 3 групи моделей: з одним резектованим хребцем Th6, з двома — Th5-Th6 і з трьома — Th5-Th7. **Результати.** Виявлено, що при резекції одного хребця в грудному відділі хребта транспедикулярна фіксація за схемами 111x111, 101x101 та 011x110 має однакову ефективність. При резекції двох хребців найкращі стабілізуючі можливості мала конструкція за схемою 111xx111, схеми 101xx101 та 011xx110 показали доволі непогану фіксуючу здатність. При резекції трьох хребців грудного відділу хребта найбільш стабільну фіксацію показала схема 111xxx111. Схема фіксації 001xxx100 виявилась нестабільною при всіх видах резекції хребців. **Висновки.** Експериментальні дослідження транспедикулярної фіксації при радикальному хірургічному лікуванні пухлин хребта, який включає резекцію одного-трьох хребців, показали, що конструкція відповідає вимогам фіксації, коли кріплення відбувається не менше ніж за два верхніх та два нижніх хребці (можна через один), при резекції трьох хребців найбільш стабільною є конструкція з кріпленням за три верхні та три нижні хребці (без пропусків). Система кріплення за один хребець виявилася неспроможною майже при всіх видах резекції.

Ключові слова: транспедикулярна фіксація; задній спондилодез; резекція хребців

Вступ

Патологічні переломи хребців є найбільшим ускладненням пухлинного процесу, що різко змінює якість життя пацієнта [7].

Найбільш поширеною причиною неврологічних розладів є компресія спинного мозку кістково-зв'язковим структурами хребта при патологічному переломі та деформації хребта або в результаті безпосереднього впливу на нього пухлинної тканини. При цьому компресія дурального мішка часто виникає під час патологічних змін у тілі хребця [4].

Важлива особливість хірургічного етапу лікування полягає в тому, що його основними задачами є усунення компресії спинного мозку, корекція деформації та

відновлення опороспроможності хребтового стовпа й радикальне усунення пухлини. Іноді радикальна резекція пухлини неможлива [5].

Паліативні резекції хребця або циторедуктивні операції використовуються тоді, коли видалити пухлину локалістично неможливо. Ці операції мають використовуватися точно за показаннями, оскільки при частковій резекції злоякісної пухлини вони можуть бути причиною її рецидиву з бурхливим вторинним ростом [3].

У більшості випадків застосування додаткової внутрішньої фіксації за допомогою металевих імплантів значно покращує результати лікування й скорочує строки реабілітації хворих за рахунок первинної стабі-

лізації хребта в ранньому післяопераційному періоді. З огляду на концепцію трьох колон стабільності хребта стабілізуючі операції можна розподілити на передні — зі стабілізацією вентральних опорних колон і задні — зі стабілізацією задніх опорних колон [2]. Вибір способу стабілізації частіше за все залежить від здійснюваного доступу. При вентральних доступах можлива стабілізація передньої й центральної опорних колон. При задніх — вибір фіксуючого пристрою багато в чому визначає ступінь наступної стабільності хребта [6].

Використання транспедикулярних пристроїв забезпечує стабільну фіксацію й стабільність сегментів хребта навіть при руйнуванні всіх трьох колон (тобто при максимальному ступені його нестабільності) [1].

Визначення оптимального варіанта протяжності заднього спондилодезу при паліативному та радикальному хірургічному лікуванні пухлин хребта є досить актуальним та недостатньо висвітленим у літературі.

Матеріали та методи

Для визначення стабілізуючих можливостей транспедикулярної фіксації при резекції одного або декількох хребців були проведені експериментальні випро-

бування на препаратах хребта свині. Для випробування використовували препарати хребцево-рухових сегментів (ХРС) грудного відділу хребта свині на протязі від Th3 до Th12 хребця. Використовували 3 групи моделей: з одним резектованим хребцем — Th6, з двома резектованими хребцями — Th5-Th6 та з трьома резектованими хребцями — Th5-Th7.

На всіх трьох групах моделей використовували 4 способи транспедикулярної фіксації: за один хребець вище та нижче від резектованого, за два хребці вище та нижче від резектованого, за три хребці вище та нижче від резектованого, за перші та треті хребці вище та нижче від зони резекції. Схеми накладання транспедикулярних фіксаторів наведені на рис. 1.

Експериментальні дослідження виконували на базі лабораторії біомеханіки ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України». Випробування проводили на стенді для біомеханічних досліджень.

При проведенні експерименту модель жорстко закріплювали за тіло нижнього хребця Th12. Вертикальне стискаюче навантаження прикладали до тіла хребця Th3. Підвищували навантаження від 100 до 600 Н із

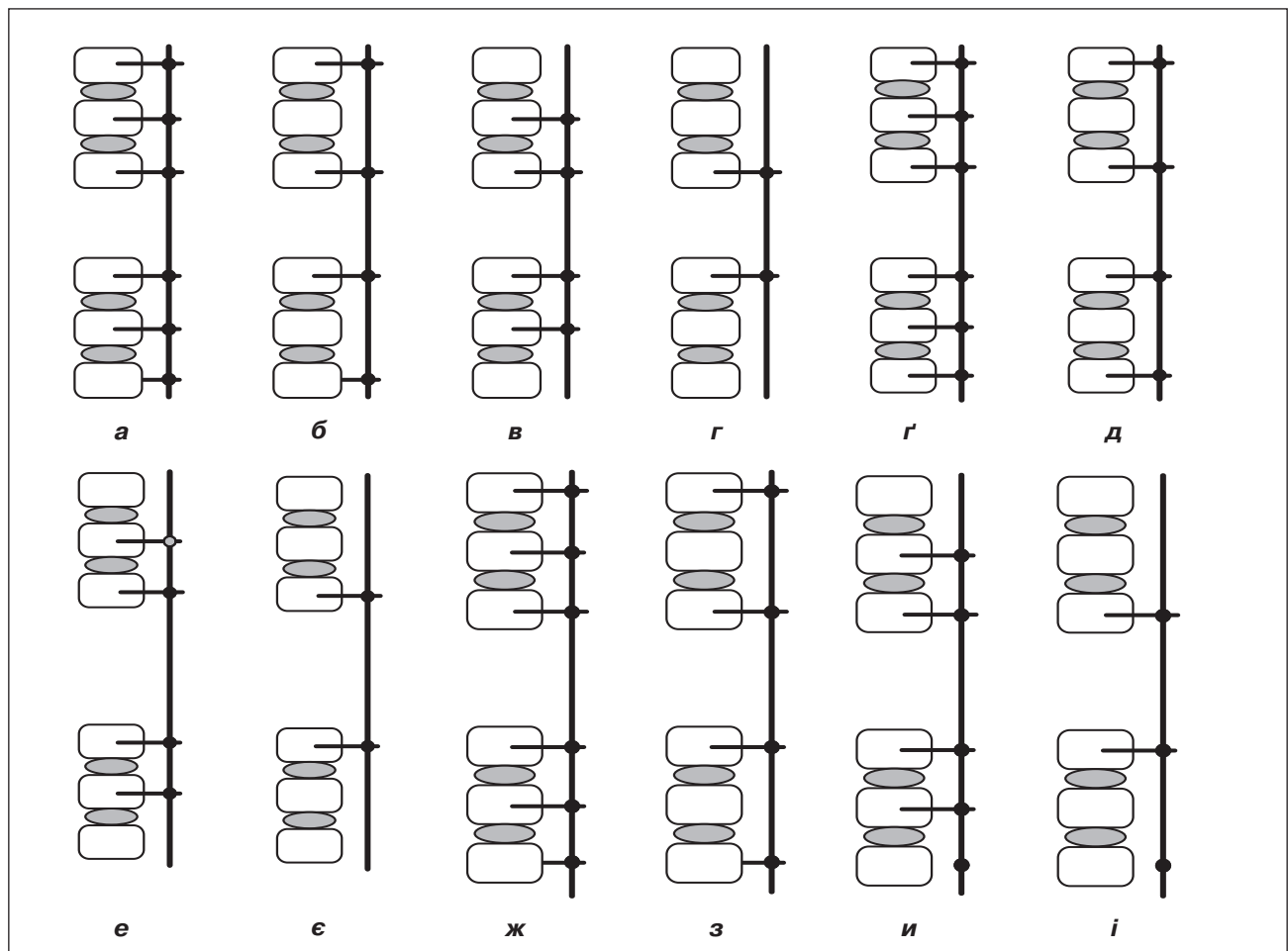


Рисунок 1. Схеми моделей хребта з транспедикулярною фіксацією після резекції тіл хребців:
 а) 111x111; б) 101x101; в) 011x110; г) 001x100; г) 111xx111; д) 101xx101; е) 011xx110;
 є) 001xx100; ж) 111xxx111; з) 101xxx101; и) 011xxx110; і) 001xxx100

Таблиця 1. Величини зміщення верхнього відділу препарату хребта з одним резектованим хребцем під впливом вертикального навантаження для різних схем транспедикулярної фіксації

Тип конструкції	Навантаження, Н M ± SD (Min÷Max)					
	100	200	300	400	500	600
111x111	0,878 ± 0,048 (0,940÷0,820)	1,254 ± 0,103 (1,360÷1,110)	1,674 ± 0,033 (1,720÷1,630)	2,218 ± 0,190 (2,340÷1,900)	3,510 ± 0,574 (4,240÷2,890)	6,634 ± 0,535 (7,400÷6,010)
101x101	0,892 ± 0,046 (0,960÷0,840)	1,594 ± 0,110 (1,690÷1,470)	1,864 ± 0,249 (207,0÷148,0)	2,384 ± 0,405 (2,690÷1,680)	3,574 ± 0,572 (4,300÷2,950)	6,720 ± 0,503 (7,450÷6,200)
011x110	0,928 ± 0,053 (1,000÷0,870)	1,622 ± 0,050 (1,690÷1,570)	2,358 ± 0,219 (2,710÷2,160)	3,502 ± 0,456 (4,030÷2,860)	5,322 ± 0,407 (5,880÷4,850)	7,194 ± 0,390 (7,480÷6,520)
001x100	2,388 ± 0,049 (2,430÷2,330)	3,836 ± 0,087 (3,960÷3,720)	5,638 ± 0,130 (5,770÷5,510)	8,254 ± 0,343 (8,780÷7,860)	> 10	> 10
	t = 868,324 p = 0,001	t = 643,853 p = 0,001	t = 414,043 p = 0,001	t = 234,224 p = 0,001	t = 159,732 p = 0,001	t = 47612,225 p = 0,001

кроком 100 Н. При кожній величині навантаження вимірювали величину зміщення нижнього краю хребця над зоною резекції. Величину деформації вимірювали мікрометром годинникового типу. Величину навантаження вимірювали за допомогою тензометричного датчика SBA-100L, результати контролювали пристроєм реєстрації CAS типу CI-2001A.

Отримані дані експерименту були оброблені статистичними методами [1]. У результаті статистичного аналізу визначали середнє значення величини деформації моделей для кожного значення навантаження та її стандартне відхилення. Порівняння типів конструкцій проводили за допомогою дисперсійного аналізу.

Обробку даних для статистичних розрахунків виконували за допомогою електронних таблиць MS Excel. Статистичний аналіз виконували за допомогою пакета прикладних програм для статистичної обробки даних SPSS 20.0.

Результати та обговорення

На першому етапі роботи виконували дослідження стабільності транспедикулярної фіксації при резекції одного хребця за моделями 111x111, 101x101, 011x110 (рис. 1a-1в). Дані про величину зміщення верхнього відділу препарату хребта під впливом вертикального навантаження наведені в табл. 1.

Результати експериментальних досліджень показали, що найменша величина зміщення хребцевих рухових сегментів при резекції одного хребця досягається при використанні транспедикулярної фіксації з кріпленням за три хребці вище та нижче від зони резекції (схема 111x111). Найгірші результати показала транспедикулярна конструкція з кріпленням за перший хребець, розташований вище та нижче від зони резекції (схема 001x100). При використанні даної схеми транспедикулярної фіксації при навантаженнях 500 та 600 Н визначити величину зміщення ХРС не вдалося, бо вона перевищувала значення 10 мм, що знаходиться за межами діапазону вимірювання мікрометра, використаного в експерименті.

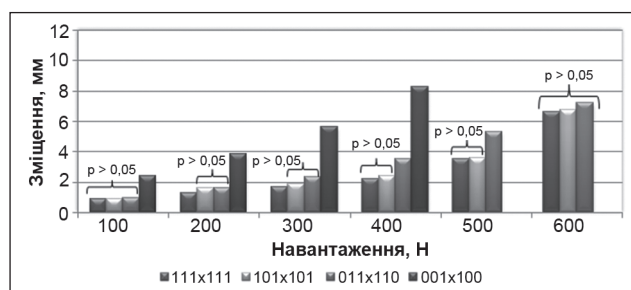


Рисунок 2. Діаграма величин зміщення верхнього відділу препарату хребта з одним резектованим хребцем під впливом вертикального навантаження для різних схем транспедикулярної фіксації

Порівняння величин зміщення ХРС при резекції одного хребця при задньому спондилодезі з різними варіантами кріплення при осьових навантаженнях наведено на рис. 2.

У результаті експерименту було доведено, що при навантаженні величиною 100 Н транспедикулярна фіксація грудного відділу хребта з одним резектованим хребцем, накладена за схемами 111x111, 101x101 та 011x110, забезпечує практично однакову стабільність ХРС ($p = 0,144$) у зоні резекції (величини зміщення не перевищують 1 мм). Транспедикулярна фіксація, накладена за схемою 001x100, показала величину зміщення ХРС $2,388 \pm 0,049$ мм, цей результат статистично значущо гірший порівняно з іншими схемами.

При навантаженні 200 Н найменшу величину зміщення ХРС у зоні резекції ($1,254 \pm 0,103$ мм) показала транспедикулярна фіксація за схемою 111x111, що статистично значимо відрізняє її від інших схем. Схеми транспедикулярної фіксації 101x101 і 011x110 не показали статистично значущих ($p = 0,631$) відмінностей між собою ($1,254 \pm 0,103$ мм та $1,594 \pm 0,110$ мм відповідно), найгірші результати отримані при використанні транспедикулярної фіксації за схемою 001x100 (величина зміщення ХРС $3,836 \pm 0,087$ мм).

Таблиця 2. Величини зміщення верхнього відділу препарату хребта з двома резектованими хребцями під впливом вертикального навантаження для різних схем транспедикулярної фіксації

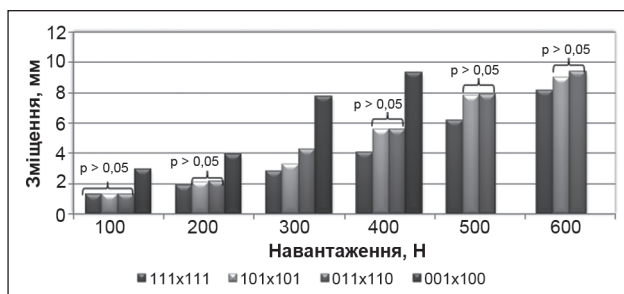
Тип конструкції	Навантаження, Н M ± SD (Min÷Max)					
	100	200	300	400	500	600
111x111	1,258 ± 0,030 (1,300÷1,220)	1,896 ± 0,047 (1,950÷1,820)	2,772 ± 0,159 (2,980÷2,600)	4,060 ± 0,363 (4,490÷3,760)	6,134 ± 0,534 (6,740÷5,290)	8,140 ± 0,760 (9,210÷7,380)
101x101	1,290 ± 0,057 (1,380÷1,240)	2,078 ± 0,070 (2,150÷1,990)	3,224 ± 0,133 (3,390÷3,090)	5,536 ± 0,245 (5,950÷5,340)	7,778 ± 0,388 (8,280÷7,290)	8,966 ± 0,706 (1,0110÷8,270)
011x110	1,308 ± 0,019 (1,330÷1,280)	2,146 ± 0,067 (2,230÷2,050)	4,246 ± 0,194 (4,520÷4,030)	5,556 ± 0,328 (5,980÷5,230)	7,868 ± 0,411 (8,220÷7,270)	9,380 ± 0,407 (9,860÷8,810)
001x100	2,912 ± 0,052 (2,970÷2,830)	3,930 ± 0,045 (3,990÷3,870)	7,744 ± 0,134 (7,950÷7,590)	9,346 ± 0,105 (9,470÷9,200)	> 10	> 10
	t = 1836,168 p = 0,001	t = 1336,532 p = 0,001	t = 1026,202 p = 0,001	t = 328,722 p = 0,001	t = 71112,936 p = 0,001	t = 33478,009 p = 0,001

При навантаженні величиною 300 Н транспедикулярна фіксація за схемами 111x111 та 101x101 (величина зміщення ХРС $1,674 \pm 0,033$ мм та $1,864 \pm 0,249$ мм відповідно) не показала значущих відмінностей ($p = 0,113$) між величинами зміщення ХРС. Найгірші результати показала фіксація за схемою 001x100 (величина зміщення $5,638 \pm 0,130$ мм). Транспедикулярна фіксація за схемою 011x110 визначила проміжний показник зміщення ХРС ($2,358 \pm 0,219$ мм), що статистично значно відрізняє цю схему від інших.

При збільшенні навантаження до 400 Н результати транспедикулярної фіксації за схемами 111x111 та 101x101 (величини зміщення ХРС $2,218 \pm 0,190$ мм та $2,384 \pm 0,405$ мм відповідно) статистично не відрізняються між собою ($p = 0,480$). Найгірший результат ($8,254 \pm 0,343$ мм) показала фіксація за схемою 001x100. Проміжний результат — конструкція 011x110 ($3,502 \pm 0,456$ мм).

При підвищенні навантаження до 500 Н величина зміщення ХРС у зоні резекції перевищувала значення 10 мм, що знаходиться за межею діапазону вимірювання мікрометра. Найкращі й статистично близькі ($p = 0,835$) результати відзначені при використанні схем фіксації 111x111 та 101x101 (величина зміщення ХРС $3,510 \pm 0,574$ мм та $3,574 \pm 0,572$ мм відповідно). Трохи гірші показники зміщення ХРС відзначили на моделях із транспедикулярною фіксацією хребців за схемою 011x110 ($5,322 \pm 0,407$ мм), ці відмінності мають статистичну значущість, що віднесло цю схему до другої підмножини.

При зростанні величини навантаження до 600 Н при транспедикулярній фіксації за схемами 111x111, 101x101 та 011x110 були отримані результати зміщення ХРС у зоні резекції, які не мали статистичних відмінностей один від одного. Моделі з фіксацією за схемою 001x100 на даному етапі експерименту не вивчали, тому що вони перевищили межу діапазону виміру величини зміщення ще на попередній величині навантаження в 500 Н.

**Рисунок 3. Діаграма величин зміщення верхнього відділу препарату хребта з двома резектованими хребцями під впливом вертикального навантаження для різних схем транспедикулярної фіксації**

На другому етапі роботи виконували дослідження стабільності транспедикулярної фіксації при резекції двох хребців. Дані про величину зміщення верхнього відділу препарату хребта під впливом вертикального навантаження наведені в табл. 2.

Результати досліджень показали, що найменша величина зміщення ХРС при резекції двох хребців досягається при використанні транспедикулярної фіксації за схемою 111x111. Найгірші результати показала транспедикулярна конструкція, накладена за схемою 001x100. При використанні даної схеми транспедикулярної фіксації при навантаженнях 500 та 600 Н визначити величину зміщення ХРС не вдалося, тому що вона перевищувала значення 10 мм, що знаходиться за межами діапазону вимірювання мікрометра часового типу, який використовували в експерименті.

Порівняння величин зміщення ХРС при резекції двох хребців при задньому спондилодезі з різними варіантами кріплення при осьових навантаженнях наведено на рис. 3.

При величині навантаження 100 Н при транспедикулярній фіксації за схемами 111x111, 101x101 та 011x110 (величина зміщення ХРС $1,258 \pm 0,030$ мм, $1,290 \pm 0,057$ мм та $1,308 \pm 0,019$ мм відповідно) було

Таблиця 3. Величини зміщення верхнього відділу препарату хребта з трьома резектованими хребцями під впливом вертикального навантаження для різних схем транспедикулярної фіксації

Тип кон-струкції	Навантаження, Н M ± SD (Min÷Max)					
	100	200	300	400	500	600
111x111	1,258 ± 0,030 (1,300÷1,220)	3,436 ± 0,135 (3,570÷3,240)	4,628 ± 0,094 (4,740÷4,480)	565,8 ± 0,288 (594,0÷5,320)	7,404 ± 0,299 (6,640÷7,910)	9,614 ± 0,317 (9,150÷9,960)
101x101	1,290 ± 0,057 (1,380÷1,240)	3,564 ± 0,092 (3,720÷3,480)	4,802 ± 0,221 (5,050÷4,540)	699,8 ± 0,199 (728,0÷6,810)	8,462 ± 0,415 (8,950÷8,000)	> 10
011x110	1,308 ± 0,019 (1,330÷1,280)	3,572 ± 0,065 (3,660÷3,510)	5,126 ± 0,194 (5,440÷4,910)	7,800 ± 0,260 (7,950÷7,340)	8,850 ± 0,232 (8,640÷9,170)	> 10
001x100	2,912 ± 0,052 (2,970÷2,830)	5,886 ± 0,607 (6,580÷4,930)	> 10	> 10	> 10	> 10
	t = 4108,252 p = 0,001	t = 70,062 p = 0,001	t = 473301,055 p = 0,001	t = 228418,656 p = 0,001	t = 132615,162 p = 0,001	t = 51492,636 p = 0,001

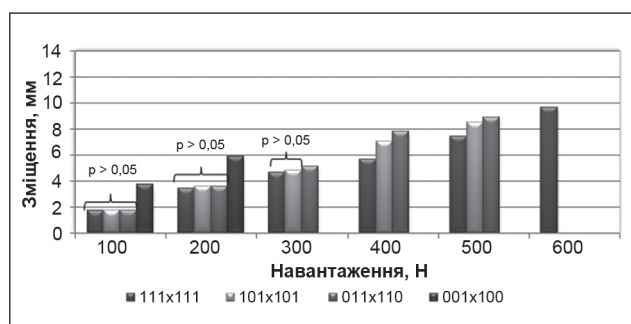


Рисунок 4. Діаграма величин зміщення верхнього відділу препарату хребта з трьома резектованими хребцями під впливом вертикального навантаження для різних схем транспедикулярної фіксації

отримано статистично близькі результати ($p = 0,096$). Моделі з фіксацією за схемою 001x100 показала статистично гірший результат — $2,912 \pm 0,052$ мм.

При навантаженні 200 Н найменшу величину зміщення ХРС у зоні резекції ($1,896 \pm 0,047$ мм) відзначено при накладанні апарата транспедикулярної фіксації за схемою 111x111. Ця схема статистично значущо відрізняється від інших схем. Схеми транспедикулярної фіксації 101x101 та 011x110 не показали статистично близьких ($p = 0,083$) результатів зміщення ХРС у зоні резекції ($2,078 \pm 0,070$ мм та $2,146 \pm 0,067$ мм відповідно). Статистично гірші результати отримані при фіксації за схемою 001x100 (величина зміщення ХРС $3,930 \pm 0,045$ мм).

Збільшення навантаження на моделі до 300 Н привело до статистично значимого розбігу величин зміщення ХРС у зоні резекції. При цьому найкращий результат ($2,772 \pm 0,159$ мм) отримано на моделі з транспедикулярною фіксацією за схемою 111x111. Найгірший ($7,744 \pm 0,134$ мм) — на моделі з транспедикулярною фіксацією за схемою 001x100.

При навантаженні 400 Н найменшу величину зміщення ХРС у зоні резекції ($4,060 \pm 0,363$ мм) по-

казала схема 111x111, яка значущо відрізняється від схем 101x101 та 011x110 ($5,536 \pm 0,245$ мм та $5,556 \pm 0,328$ мм відповідно) із незначним розбігом значень зміщення ($p = 0,911$) та схеми 001x100 ($9,346 \pm 0,105$ мм), що показала статистично гірший результат.

При підвищенні навантаження до 500 Н з експерименту випала схема 001x100. Найкращі результати визначені при використанні схеми транспедикулярної фіксації 111x111 ($6,134 \pm 0,534$ мм), трохи більші зміщення показали моделі за схемами 101x101 та 011x110 ($7,778 \pm 0,388$ мм та $7,868 \pm 0,411$ мм відповідно).

При зростанні величини навантаження до 600 Н кращі результати показала схема фіксації 111x111 ($8,140 \pm 0,760$ мм). На моделях із транспедикулярною фіксацією хребців за схемами 101x101 та 011x110 визначили трохи гірші, але близькі за значеннями ($p = 0,257$) показники зміщення ХРС ($8,966 \pm 0,706$ мм та $9,380 \pm 0,407$ мм відповідно).

Наступним етапом роботи було дослідження стабільності транспедикулярної фіксації при резекції трьох хребців. Дані про величину зміщення верхнього відділу препарату хребта під впливом вертикального навантаження наведені в табл. 3.

Результати третього етапу експериментальних досліджень показали, що найменша величина зміщення хребцевих рухових сегментів при резекції одного хребця традиційно досягається при використанні транспедикулярної фіксації, що передбачає закріплення за три хребці вище та нижче від зони резекції (схема 111xxx111). Найгірші результати також традиційно показала транспедикулярна конструкція з кріпленням за перший хребець, розташований вище та нижче від зони резекції (схема 001xxx100), причому ця конструкція випала з експерименту при навантаженнях від 300 Н через перевищення значення вимірювального діапазону.

Порівняння величин зміщення ХРС при резекції трьох хребців при задньому спондилодезі з різними варіантами кріплення при осьових навантаженнях наведено на рис. 4.

При навантаженні величиною 100 Н моделей із резекцією трьох хребців грудного відділу хребта найкращими ($p = 0,189$) виявилися варіанти транспедикулярної фіксації за схемами 111xxx111 та 101xxx101, їх показники були близькими (величини зміщення ХРС $1,692 \pm 0,013$ мм та $1,722 \pm 0,019$ мм відповідно). Значущо відрізнялась транспедикулярна фіксація за схемою 011xxx110 ($1,748 \pm 0,029$ мм). Значущо найгірший результат ($3,704 \pm 0,058$ мм) знову показала фіксація за схемою 001xxx100.

При величині навантаження 200 Н транспедикулярна фіксація за схемами 111xxx111, 101xxx101 та 011xxx110 показала близькі ($p = 0,529$) значення зміщення ХРС у зоні резекції — $3,436 \pm 0,135$ мм; $3,564 \pm 0,092$ мм та $1,572 \pm 0,065$ мм відповідно. Модель із фіксацією за схемою 001xxx100 показала статистично гірший результат — $5,886 \pm 0,607$ мм.

На моделях грудного відділу хребта з резекцією трьох хребців транспедикулярна фіксація за схемою 001xxx100 випала за межі діапазону вимірювання величини зміщення ХРС і надалі в експериментах не використовувалась. Моделі з фіксацією за схемами 111xxx111 та 101xxx101 показали найкращі результати (величина зміщення ХРС становила $4,628 \pm 0,094$ мм та $4,802 \pm 0,221$ мм відповідно), статистично близькі ($p = 0,940$). Величина зміщення ХРС при використанні фіксації за схемою 011xxx110 була статистично значущо більша за результати попередніх схем ($7,800 \pm 0,260$ мм).

Підвищення величини навантаження до 400 Н привело до статистичного розбігу значень зміщення ХРС у зоні резекції. За абсолютними показниками найкращі результати показали моделі зі схемою фіксації 111xxx111 — $5,658 \pm 0,288$ мм, на другому місці — моделі зі схемою фіксації 101xxx101 — $6,998 \pm 0,199$ мм, на третьому — моделі зі схемою фіксації 011xxx110 — $7,800 \pm 0,260$ мм.

При досягненні величини навантаження 500 Н статистична значущість відмінностей величини зміщення ХРС у зоні резекції між моделями всіх схем транспедикулярної фіксації зберігається. Як і при попередній величині навантаження, найкращий результат за абсолютними величинами зміщення ХРС отримано на моделях з фіксацією за схемою 111xxx111 — $7,404 \pm 0,299$ мм. Другий результат — за схемою 101xxx101 — $8,462 \pm 0,415$ мм, третій — за схемою 011xxx100 — $8,850 \pm 0,232$ мм.

При навантаженні величиною 600 Н у межах діапазону вимірювання величини зміщення ХРС у зоні резекції залишилися тільки моделі зі схемою фіксації 111xxx111 ($9,614 \pm 0,317$ мм).

За результатами експерименту було виявлено, що при резекції одного хребця в грудному відділі хребта транспедикулярна фіксація за схемами 111x111, 101x101 та 011x110 має практично однакову ефективність за величиною зміщення ХРС у зоні резекції, про що свідчить відсутність статистично значущих відмінностей при мінімальному та максимальному навантаженні. Відмінності між цими схемами, що

отримані при проміжних величинах навантаження, можуть бути результатом технічних помилок експерименту. При резекції двох хребців грудного відділу хребта найкращі стабілізуючі можливості показала транспедикулярна конструкція, накладена за схемою 111xx111. Схеми транспедикулярної фіксації 101xx101 та 011xx110 показали практично однакові результати випробувань, але статистично значимо вони програють схемі 111xx111. Найгірші результати за величиною зміщення ХРС у зоні резекції отримані при використанні схеми 001xx100. Стабілізацію при резекції трьох хребців грудного відділу хребта, найбільш стабільну фіксацію показали моделі з накладанням апарата транспедикулярної фіксації за схемою 111xxx111. Схема фіксації 001xxx100 виявилась дуже нестабільною й випала з експерименту вже при навантаженнях 300 Н.

Висновки

1. При моделюванні резекції одного хребця грудного відділу хребта моделі з апаратами транспедикулярної фіксації, накладені за схемами 111x111, 101x101 та 011x110, показали приблизно рівні величини зміщення ХРС у зоні резекції.

2. При моделюванні резекції двох хребців грудного відділу хребта найкращі стабілізуючі можливості показала транспедикулярна конструкція, накладена за схемою 111xx111. Схеми транспедикулярної фіксації 101xx101 та 011xx110 показали практично однакові результати випробувань, але статистично значимо вони програють схемі 111xx111.

3. При моделюванні резекції двох хребців грудного відділу хребта найкращі стабілізуючі можливості показала транспедикулярна конструкція, накладена за схемою 111xx111. Транспедикулярна фіксація за схемою 001xxx100 виявилось дуже нестабільною і не може бути рекомендована до використання за будь-яких обставин.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів при підготовці даної статті.

Список літератури

1. Усиков В.Д. Реконструктивно-стабілізуючі втручання при пошкодженні позвоночника: Дис... д-ра мед. наук. — СПб., 1998. — 325 с.
2. Denis F. The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries / F. Denis // *J. Spine.* — 1983. — Vol. 8, № 8. — P. 817.
3. De Wald R.-L. Reconstructive spinal surgery as palliation for metastatic malignancies of the spine / R.L. De Wald, K.H. Bridwell, C. Prodromal, M.F. Rodts // *J. Spine.* — 1985. — Vol. 10, № 1. — P. 21.
4. Christopher P. Ames Spine and Spinal Cord Tumors: Advanced Management and Operative Techniques / Christopher P. Ames, Stefano Boriani, Rahul Jandial. — 2013. — 952 p.
5. Luiz Roberto Gomes Vialle. AO Spine Masters Series: Volume 2: Primary Spinal Tumors / Luiz Roberto Gomes Vi-

alle, Ziya L. Gokaslan Stefano Boriani, Charles G. Fisher. — 2014. — 216 p.

6. Taneichi V.I. Risk factors and probability of vertebral body collapse in metastases of the thoracic and lumbar spine / H. Taneichi, K. Kaneda, N. Takeda et al. // *J. Spine.* — 1997. — Vol. 3, № 22. — P. 239-245.

7. William W. Schairer, Alexandra Carrer, David C. Sing et al. *Hospital Readmission Rates After Surgical Treatment of*

Primary and Metastatic Tumors of the Spine // *J. Spine.* — 2014. — Vol. 39, № 21. — P. 1801-1808.

8. Бююль Ахим. *SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей: Пер. с нем. / Ахим Бююль, Петер Цефлер.* — СПб.: ДиасофтЮП, 2005. — 608 с.

Отримано 19.10.2017 ■

Радченко В.А., Куценко В.А., Попов А.И., Карпинский М.Ю., Карпинская Е.Д.
ГУ «Институт патологии позвоночника и суставов им. проф. М.И. Ситенко НАМН Украины», г. Харьков, Украина

Моделирование вариантов транспедикулярной фиксации грудного отдела позвоночника при резекции одного-трех позвонков

Резюме. Актуальность. Патологические переломы позвонков являются самым большим осложнением опухолевого процесса. Использование дополнительной фиксации металлическими имплантатами значительно улучшает результаты лечения и сокращает сроки реабилитации больных. Использование транспедикулярных устройств обеспечивает стабильную фиксацию и стабильность сегментов позвоночника даже при максимальной степени его нестабильности.

Цель: определить оптимальный вариант протяженности заднего спондилодеза при паллиативном и радикальном хирургическом лечении опухолей позвоночника. **Материалы и методы.** Для изучения возможностей стабилизации при помощи транспедикулярной фиксации при резекции одного-трех позвонков провели экспериментальные испытания на препаратах позвоночника свиньи. Использовали препараты сегментов грудного отдела позвоночника от Th3 до Th12 позвонков. Изучали 3 группы моделей: с одним резецированным позвонком — Th6, с двумя — Th5-Th6 и тремя — Th5-Th7. **Результаты.** Выявлено, что при резекции в грудном отделе хребта транспедикулярная фиксация по схемам 111x111, 101x101 и 011x110 имеет одинаковую эф-

фективность. При резекции двух позвонков наилучшие стабилизирующие возможности показала конструкция по схеме 111x111, схемы 101x101 и 011x110 показали довольно неплохую фиксирующую способность. При резекции трех позвонков грудного отдела наиболее стабильную фиксацию показала схема 111xxx111. Схема фиксации 001xxx100 оказалась нестабильной при всех видах резекции позвонков.

Выводы. Экспериментальные исследования транспедикулярной фиксации при радикальном хирургическом лечении опухолей позвоночника, который включал резекцию одного-трех позвонков, показали, что конструкции отвечают требованиям фиксации, когда крепление осуществляется не менее чем за два верхних и три нижних позвонка (можно за два через один) при резекции одного или двух позвонков. При резекции трех позвонков наиболее стабильной является конструкция крепления за три верхних и три нижних позвонка (без пропусков). Конструкция крепления за один позвонок оказалась несостоятельной почти при всех видах резекции.

Ключевые слова: транспедикулярная фиксация; задний спондилодез; резекция позвонков

V.A. Radchenko, V.A. Kutsenko, A.I. Popov, M.Yu. Karpinskyi, O.D. Karpinska
State Institution "Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of the Academy of Medical Science of Ukraine",
Kharkiv, Ukraine

Modeling the variants of transpedicular fixation of the thoracic spine in the rejection of one-three vertebrae

Abstract. Background. Pathological vertebral fracture is a major complication of tumor, which dramatically changes the quality of life. The most common cause of neurological disorders is spinal cord compression by bone-ligament structures of the spine in pathological fractures and spinal deformity or as a result of direct effects of tumor tissues on it. An important feature of the surgical phase of treatment is that its main tasks are: to eliminate compression of the spinal cord, to correction deformity and to restore the support ability of the spine and to radically remove the tumor. Sometimes, radical resection of the tumor is impossible. In most cases, the use of additional internal fixation with metal implants significantly improves outcomes and reduces the period of rehabilitation of patients by primary spine stabilization in the early postoperative period. The use of transpedicular device provides stable fixation and stability of the spine segment, even with the destruction of all three columns (i.e. its maximum degree of instability). Determining the optimal length of poste-

rior spondylodesis in palliative and radical surgical treatment of tumors of the spine was the purpose of our study. **Materials and methods.** To explore stabilization possibilities of transpedicular fixation with resection of one-three vertebrae, experimental studies were conducted on pig spinal cord samples. We used samples of thoracic spine segments, from Th3 to Th12 vertebrae. We studied three groups of models: with 1 resected vertebra Th6, with 2 — Th5-Th6 and with 3 — Th5-Th7. In all three groups of models, we have used 4 ways of transpedicular fixation: one vertebra above and below the resected one, two vertebrae above and below resection, three vertebrae above and below the resected one, the first and third vertebrae above and below the zone of resection. In the experiment, the model firmly fixed on the body of lower Th12 vertebra. Vertical compressive load was applied to the Th3 vertebral body. The load was increased from 100 to 600 N, in increments of 100 N. In each of the load, the deflection of the lower vertebral edge above the resection

area was measured. Deformation was measured using clock type micrometer. The load was measured using strain gauge sensor SBA-100L, the results were monitored by the CAS type CI-2001A registration device. **Results.** It was found that when one vertebra is resected in the thoracic spine, transpedicular fixation by the schemes 111x111, 101x101 and 011x110 have almost the same efficiency in terms of spinal motion segment displacement in the area of resection, as evidenced by the lack of statistically significant differences in the minimum and maximum load. The differences between these schemes obtained at intermediate load values may be the result of technical errors of the experiment. In resection of two vertebrae of the thoracic spine, the best stabilizing capabilities was demonstrated by transpedicular structure imposed by the scheme 111xx111. Schemes of transpedicular fixation 101xx101 and 011xx110 showed almost identical results of the tests, but statistically, they are behind 111xx111 scheme. The worst results according to the value of spinal motion segment displacement in the area of resection

were obtained when using 001xx100 scheme. Models with transpedicular fixation scheme 111xxx111 showed the stabilization during resection of three thoracic vertebrae, as well as the most stable fixation. The fixation scheme 001xxx100 turned out to be very unstable and dropped out of the experiment even at loads of 300 N. **Conclusions.** Experimental studies of transpedicular fixation in radical surgical treatment of tumors of the spine, which includes resection of one-three vertebrae, have shown that the design meets the requirements of fixation when attachment occurs not less than two vertebrae above and two vertebrae below (one can be through one); in resection of three vertebrae, the most stable is structure of the fixation of three vertebrae above and three vertebrae below (without gaps). This mounting system provides the greatest stability in vertebral resection of any length. The fixation system in one vertebra proved to be unsuccessful for almost all types of resection.

Keywords: transpedicular fixation; posterior spondylosis; vertebral resection