



# СПОСОБ ПРОФИЛАКТИКИ ПЕРЕЛОМОВ СМЕЖНЫХ ПОЗВОНКОВ ПРИ ТРАНСПЕДИКУЛЯРНОЙ ФИКСАЦИИ НА ФОНЕ ОСТЕОПОРОЗА

И.В. Басанкин<sup>1</sup>, К.К. Тахмязян<sup>1</sup>, А.А. Афаунов<sup>2</sup>, Д.А. Пташников<sup>3</sup>, О.Н. Понкина<sup>1</sup>,  
Н.С. Гаврюшенко<sup>4</sup>, С.Б. Малахов<sup>1</sup>, В.К. Шаповалов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>НИИ — Краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Краснодар

<sup>2</sup>Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар

<sup>3</sup>Российский НИИ травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург

<sup>4</sup>Центральный научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва

**Цель исследования.** Экспериментальное обоснование способа профилактики переломов смежных позвонков при цементной транспедикулярной фиксации (ТПФ) на фоне остеопороза.

**Материал и методы.** Проведено экспериментальное исследование общей прочности десяти кадаверных блоков позвоночных сегментов Th<sub>10</sub>–L<sub>4</sub> с имитацией перелома L<sub>1</sub> типа А (по Magerl) и ТПФ Th<sub>12</sub>–L<sub>2</sub> 4-винтовой системой с цементной имплантацией винтов. В пяти блоках контрольной группы после имитации перелома L<sub>1</sub> выполняли только цементную ТПФ, в пяти блоках основной группы краниальнее и каудальнее ТПФ дополнительно выполняли вертебропластику (Th<sub>11</sub> и L<sub>3</sub>). Проводили нагрузочное тестирование блоков путем их разрушения под действием вертикально направленного усилия.

**Результаты.** Вертикальные нагрузки на анатомический препарат в контрольной группе (в среднем 0,84000 kN) приводили к возникновению переломов тел Th<sub>11</sub>, в основной группе позвонки с вертебропластикой оказались устойчивыми к нагрузкам, переломы происходили в телах Th<sub>10</sub> (над позвонком с вертебропластикой) в среднем при 1,91000 kN.

**Заключение.** Вертебропластика вышележащего от уровня ТПФ позвонка является эффективным способом предупреждения его перелома.

**Ключевые слова:** позвоночник, перелом, эксперимент, остеопороз.

## METHOD FOR PREVENTING FRACTURES OF ADJACENT VERTEBRAE DURING TRANSPEDICULAR FIXATION IN OSTEOPOROSIS

I.V. Basankin, K.K. Takhmazyan, A.A. Afaunov,  
D.A. Ptashnikov, O.N. Ponkina, N.S. Gavryushenko,  
S.B. Malakhov, V.K. Shapovalov

**Objective.** To substantiate experimentally a method for preventing adjacent vertebra fractures during cement transpedicular fixation of vertebral fractures in osteoporotic patients.

**Material and Methods.** An experimental study included the assessment of overall strength of 10 cadaver blocks of Th<sub>10</sub>–L<sub>4</sub> vertebral segments with simulated Magerl's type A fracture at the L<sub>1</sub> level and transpedicular fixation at the Th<sub>12</sub>–L<sub>2</sub> levels with four-screw system and cement augmentation. In five control blocks, only cement augmented transpedicular fixation was performed after the L<sub>1</sub> fracture simulation. In five blocks of the study group it was supplemented by vertebroplasty at Th<sub>11</sub> and L<sub>3</sub> levels cranial and caudal to the level of fixation. Load testing of the blocks was carried out by destruction under the influence of a vertically directed force.

**Results.** Vertical loading of anatomical specimens in the control group (average of 0.84 kN) caused Th<sub>11</sub> vertebral body fractures. In the study group, the vertebrae augmented by vertebroplasty were resistant to loading. Fractures occurred in the Th10 vertebral bodies (over the vertebra with vertebroplasty) under the average load of 1.91 kN.

**Conclusion.** Vertebroplasty of the vertebra overlying the level of transpedicular fixation is an effective way to prevent its fracture.

**Key Words:** spine, fracture, experiment, osteoporosis.

Для цитирования: Басанкин И.В., Тахмязян К.К., Афаунов А.А., Пташников Д.А., Понкина О.Н., Гаврюшенко Н.С., Малахов С.Б., Шаповалов В.К. Способ профилактики переломов смежных позвонков при транспедикулярной фиксации на фоне остеопороза // Хирургия позвоночника. 2016. Т. 13. № 3. С. 8–14.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2016.3.8-14>.

Please cite this paper as: Basankin IV, Takhmazyan KK, Afaunov AA, Ptashnikov DA, Ponkina ON, Gavryushenko NS, Malakhov SB, Shapovalov VK. Method for preventing fractures of adjacent vertebrae during transpedicular fixation in osteoporosis. Hir. Pozvonoc. 2016;13(3):8–14. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2016.3.8-14>.

Количество пациентов с повреждениями грудного и поясничного отделов позвоночника на фоне остеопороза неуклонно растет [9]. Основным методом лечения данной патологии при значительной компрессии тел позвонков и деформации является транспедикулярная фиксация (ТПФ). Известно, что ТПФ с цементной имплантацией винтов по прочности существенно превосходит стандартную бесцементную [1, 3], что предотвращает дестабилизацию фиксированных позвоночно-двигательных сегментов (ПДС). Однако активное использование двухсегментарной фиксации и более при хирургическом лечении переломов позвоночника на фоне остеопороза показало, что после подобного лечения усиливается нагрузка на смежные ПДС, что приводит к переломам позвонков, смежных с зафиксированными [4]. Известно, что проблема состояния смежного с транспедикулярной системой позвонка существует даже в условиях отсутствия остеопороза. Кадаверные исследования и клинические наблюдения за пациентами с выполненной протяженной ТПФ показали уязвимость краниально расположенных от транспедикулярной системы позвонков по отношению к стресс-перелому в условиях обычной повседневной жизнедеятельности человека [5, 6, 8]. Поиск оптимальных путей профилактики подобных осложнений является актуальной проблемой современной вертебрологии. Цель исследования – экспериментальное обоснование способа профилактики переломов смежных позвонков при цементной ТПФ на фоне остеопороза.

### Материал и методы

Использовали кадаверный материал, полученный от десяти лиц женского пола старше 66 лет, погибших от различных соматических заболеваний. В патолого-анатомическом отделении изымали блоки ПДС протяженностью от Th<sub>10</sub> до L<sub>4</sub> (7 позвонков). При этом сохраняли в целостности не только позвонки с межпозвонковыми диска-

ми, но и капсульно-связочный аппарат. Паравертебральные мышцы полностью удаляли.

Все блоки после изъятия исследовали с помощью рентгенографии в двух проекциях, КТ и КТ-денситометрии. КТ и КТ-денситометрию блоков проводили на 128-срезовом компьютерном томографе «CT Somatom Sensation 24 Open».

Критерии включения в исследование: отсутствие деструктивных изменений позвоночника, отсутствие выраженных фронтальных или сагиттальных деформаций, признаков анкилозирующего спондилоартрита, наличие рентгенологических и денситометрических признаков остеопороза (Т-критерий ниже чем -2,5).

На всех блоках проводили имитацию нестабильного перелома L<sub>1</sub> типа А (по классификации Magerl, Aebi, Nazaian, вошедшей в Универсальную классификацию переломов АО/ASIF 1996 г.) с разрушением до 40–50 % костного массива тела позвонка в его краниальной части. Этого достигали путем резекции краниальной части тела L<sub>1</sub> с межпозвонковым диском Th<sub>12</sub>–L<sub>1</sub>. Таким образом создавали условия, приближенные к действительности, когда при потере опороспособности ventральных отделов позвонка появляются предпосылки кифотической деформации. Выбор L<sub>1</sub> был не случайным, так как по статистике чаще всего повреждается именно этот позвонок [7].

После повреждения L<sub>1</sub> на всех блоках имитировали ТПФ Th<sub>12</sub>–L<sub>2</sub> 4-винтовой транспедикулярной системой с цементной имплантацией винтов. Количество вводимого костного цемента для укрепления винтов составляло 7–8 мл на каждый позвонок. Корректность положения винтов контролировали во время имплантации С-дугой с электронно-оптическим преобразователем «Siemens Arcadis», после завершения фиксации – на стационарном рентген-аппарате «Philips Duo Diagnost». Таким образом, в каждом блоке анатомических препаратов 2 позвонка выше и 2 позвонка ниже транспедикулярной системы остава-

лись интактными. Далее все анатомические блоки были разделены на 2 группы по 5 блоков в каждой.

Контрольная группа: блоки с имитированным переломом L<sub>1</sub>, ТПФ 4-винтовой системой Th<sub>12</sub>–L<sub>2</sub> на прямых штангах с цементной имплантацией винтов; по два позвонка выше и ниже фиксированных ПДС интактны.

Основная группа: блоки, аналогичные блокам из контрольной группы, но с дополнительной вертебропластикой тел Th<sub>11</sub> и L<sub>3</sub>; вертебропластику выполняли путем введения костного цемента через иглу 13G, установленную транспедикулярно в тела соответствующих позвонков; объем цемента 7–8 мл в каждый позвонок, что примерно соответствует 25 % объема тела позвонка [2]; степень заполнения позвонка контролировали рентгенологически.

Подготовленные таким образом анатомические блоки позвоночных сегментов основной и контрольной групп подвергали тестирующему вертикально направленному механическому воздействию для определения их общей прочности. Нагрузочные тесты проводили в испытательной лаборатории ЦИТО им. Н.Н. Приорова (Москва) на универсальной сервогидравлической испытательной машине «Walter+bay ag» LFV-10-T50 (Швейцария).

Исследуемые блоки позвоночных сегментов закрепляли в специальных платформах между сближаемыми траверсами испытательной машины. Проксимальный узел платформы, фиксирующей краниальный позвонок тестируемого препарата, закрепляли на датчике сжатия, который был жестко связан с подвижной траверсой испытательной машины. Дистальный узел платформы, фиксирующей каудальный позвонок тестируемого препарата, закрепляли в трехкулачковом захвате, который фиксировали на оси мотора, жестко закрепленного на неподвижной траверсе. Расстояние между траверсами предварительно устанавливали в соответствии с вертикальными размерами тестируемых препаратов (рис. 1). Перед началом

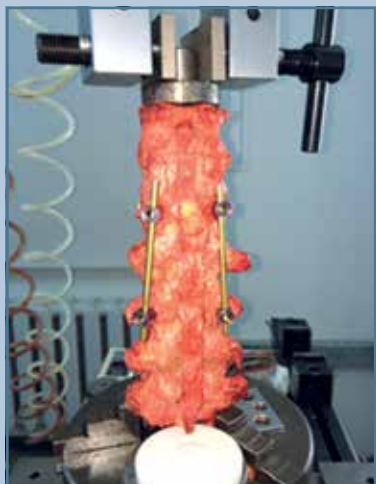


Рис. 1

Анатомический блок позвоночных сегментов перед проведением нагрузочного тестирования

испытаний устанавливали нулевое положение датчика. Машину включали в режим сжатия. После этого давали нарастающую вертикально направленную тестирующую нагрузку со скоростью сближения траверс 5 мм/мин. Сжатие блоков проводили с усилием от 0 до 3–5 kN.

Под действием возрастающей нагрузки при визуальном наблюдении первоначально отмечали появление незначительной кифотической деформации краниальнее уровня ТПФ. Далее происходило этапное разрушение тестируемых блоков, сопровождающееся характерным звуком и дальнейшим нарастанием деформации без пропорционального увеличения нагрузки. Полученные данные обрабатывали на вычислительном блоке универсальной испытательной машины. Запись параметров измерения деформации тестируемых препаратов в зависимости от прилагаемой нагрузки осуществляли в виде диаграмм в координатах «вертикальная нагрузка (N) – компрессионная деформация (мм)».

Во время тестов определяли силу вертикального воздействия на подготовленные анатомические блоки позвоночных сегментов, вызывающую

первоначальные локальные разрушения (переломы), которые отображались на диаграммах в виде колебаний графической линии зависимости деформации сжатия от прилагаемой нагрузки. Именно эти параметры характеризуют общую прочность исследуемых анатомических блоков позвоночных сегментов. Угловые деформации исследуемых позвоночных сегментов, возникающие под действием вертикально направленной нагрузки, регистрировали цифровой фото- и видеосъемкой. По полученным диаграммам составляли таблицы зависимости деформации тестируемых препаратов от прилагаемой нагрузки для последующего анализа. Дискретность нагрузки в таблицах составляла 20 N. Количественные характеристики результатов проведенных экспериментов подвергали статистической обработке с определением стандартной ошибки средних значений.

После завершения нагрузочного тестирования все блоки подвергали контрольному рентгенологическому и КТ-исследованию для визуализации переломов. Контролировали состоя-

ние транспедикулярной системы для выявления признаков ее дестабилизации. Выполняли поиск зон локальных разрушений (переломов) в костных массивах позвонков с имплантированными винтами, а также расположенных краниально и каудально от ПДС, зафиксированных транспедикулярными системами. Данные лучевого исследования сопоставляли с графическими диаграммами, отображающими перелом.

## Результаты

Рентгенологическое и КТ-исследования блоков позвоночных сегментов ни в одном из 10 экспериментов в основной и контрольной группах не выявили признаков дестабилизации 4-винтовых транспедикулярных систем с цементной имплантацией винтов в позвонки Th<sub>12</sub> и L<sub>2</sub>. Не выявлено переломов позвонков, в которые были имплантированы винты с костным цементом, либо переломов или разблокирования элементов металлоконструкций.

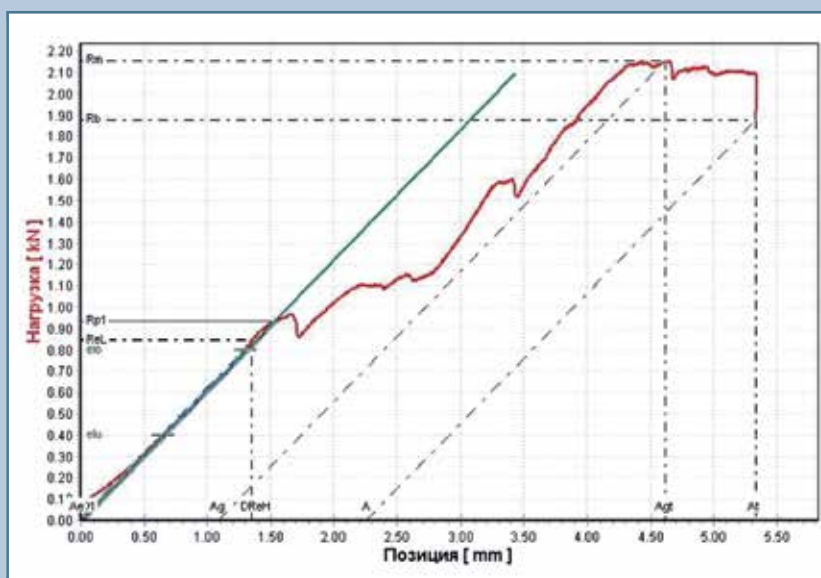


Рис. 2

Зависимость деформации тестируемого блока позвоночных сегментов контрольной группы от прилагаемой вертикальной нагрузки

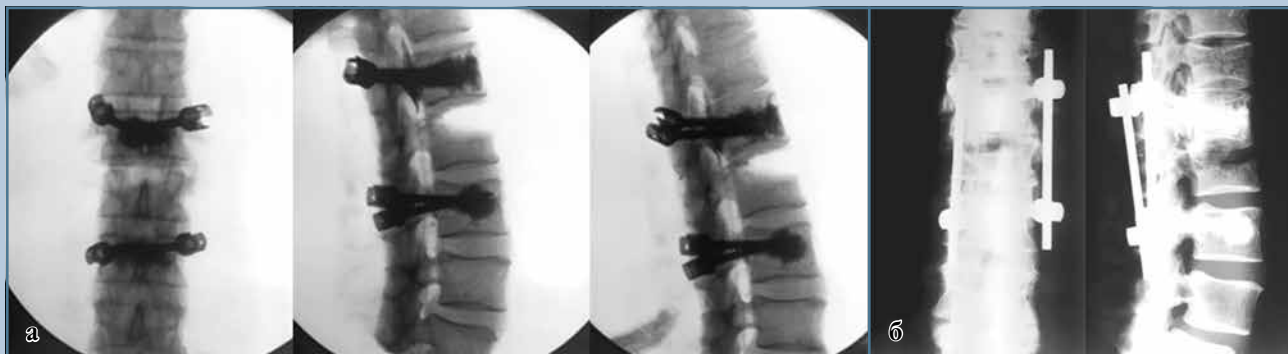


Рис. 3

Рентгенограммы блока позвоночных сегментов контрольной группы: а – перед проведением нагрузочного тестирования; цементная имплантация винтов в Th<sub>12</sub> и L<sub>2</sub>, резецирована краниальная часть тела L<sub>1</sub> с вышележащим диском; б – после проведения нагрузочного тестирования диагностирован перелом тела Th<sub>11</sub> в виде потери вертикального размера тела, наличия линий перелома в боковой проекции и снижения вертикального размера тела позвонка по левой стороне в прямой проекции

В контрольной группе первые графические колебания, соответствующие перелому, были выявлены в диапазоне 0,78–0,94 (в среднем  $0,84 \pm 0,39831$ ) kN (рис. 2). Дальнейшее увеличение нагрузки до 1,24–1,6 (в среднем  $1,47 \pm 0,39831$ ) kN сопровождалось графическим отображением еще нескольких колебаний и появлением визуально наблюдаемой кифотической деформации, что указывало на более грубое разрушение анатомических препаратов.

Выполненные после тестирования рентгенологическое и КТ-исследования выявили во всех блоках контрольной группы переломы смежного с транспедикулярной системой позвонка Th<sub>11</sub>. В других позвонках, входящих в исследуемые блоки контрольной группы, рентгенологических признаков переломов не обнаружено. На рис. 3 представлены рентгенограммы до и после проведения эксперимента в анатомическом препарате контрольной группы без вертебропластики тел позвонков, смежных с уровнем ТПФ.

В основной группе при соблюдении аналогичной методики нагрузочного тестирования были получены данные, существенно отличающиеся от контрольной группы. Первые графические колебания, соответствующие

появлению перелома, выявлены в диапазоне 1,78–2,05 (в среднем  $1,91 \pm 0,40566$ ) kN. Признаки более грубого разрушения позвонка выявлены в пределах 2,12–2,88 (в среднем  $2,51 \pm 0,40566$ ) kN.

На рис. 4 представлен график зависимости деформации тестируемого

блока позвоночных сегментов основной группы от прилагаемой вертикальной нагрузки, отображающий возникновение перелома Th<sub>10</sub> позвонка (над позвонком с вертебропластикой).

Представленный график показывает, что постепенное нарастание нагрузки до величины 2,05 kN не при-

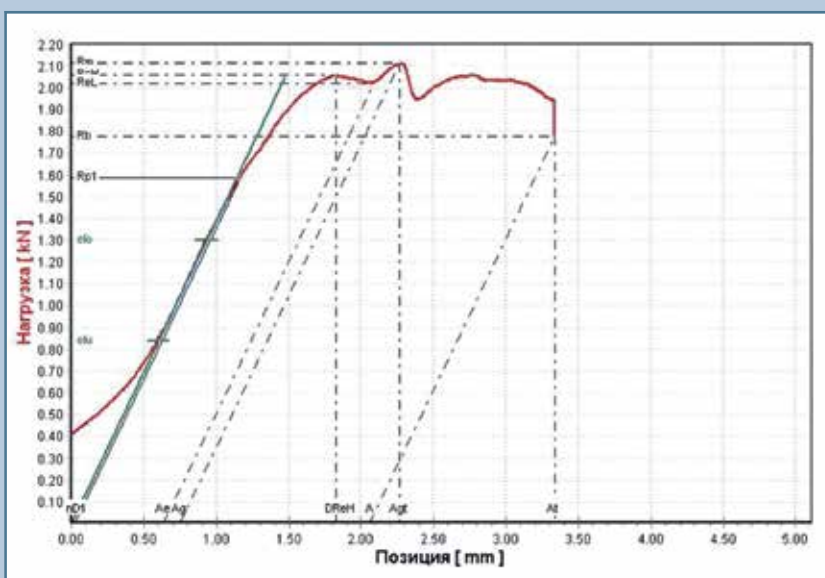


Рис. 4

Зависимость деформации тестируемого блока позвоночных сегментов основной группы от прилагаемой вертикальной нагрузки



водит к возникновению каких-либо колебаний. Только после достижения уровня нагрузки величиной в 2,05 kN отмечается первое графическое колебание, соответствующее возникновению первого микроперелома в теле позвонка 2,05–2,02 kN. После незначи-

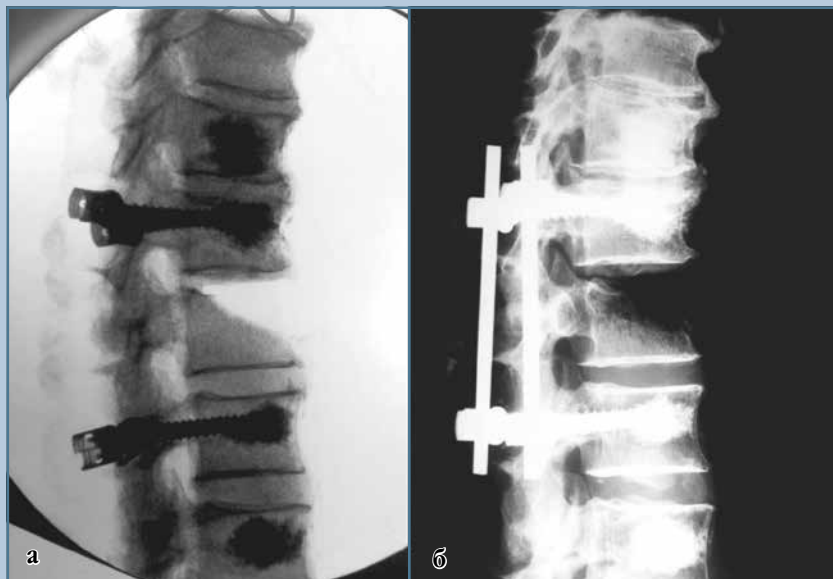
тельного усиления нагрузки отмечается более серьезный графический провал – 2,14–1,94 kN. Дальнейшее нарастание нагрузки показывает более глубокое разрушение трабекул позвонка.

При последующем рентгенологическом исследовании установлено, что смежные с транспедикулярной системой позвонки Th<sub>11</sub> и L<sub>3</sub>, в которых выполнена вертебропластика, оказались устойчивыми к тестирующим механическим нагрузкам. Ни в одном случае в указанных позвонках не выявлено возникновения переломов. Но во всех пяти блоках основной группы диагностированы переломы проксимального позвонка Th<sub>10</sub>, расположенного над позвонком с вертебропластикой Th<sub>11</sub>.

На рис. 5 представлены рентгенограммы до и после проведения эксперимента в анатомическом препарате основной группы с вертебропластикой тел позвонков, смежных с уровнем ТПФ.

Выявленные в ходе эксперимента данные, характеризующие нагрузки, провоцирующие возникновение переломов позвонков смежных ПДС, в группах с указанием повреждаемого позвонка приведены в табл.

Показатели общей прочности исследуемых блоков позвоночных сегментов основной и контрольной групп по отношению к вертикально направленным механическим воздействиям, характеризующие нагрузки, обходимыми для возникновения локальных переломов, отображены графически на рис. 6.



**Рис. 5**

Рентгенограммы блока позвоночных сегментов основной группы: а – до начала нагрузочного тестирования; б – с вертебропластикой Th<sub>11</sub> и L<sub>3</sub> после эксперимента, позвонки Th<sub>11</sub> (с вертебропластикой) устойчив к воздействию нагрузок, выявлен перелом краниального позвонка Th<sub>10</sub> над позвонком с вертебропластикой

**Таблица**

Характеристика находившихся в исследовании анатомических препаратов в зависимости от принадлежности к группам и показатели приложенной силы для возникновения перелома позвонка

Группа	Материал исследования	Пол, возраст, лет	Т-критерий	Первые признаки перелома, kN	Грубое разрушение, kN	Повреждаемый позвонки
Контрольная	Блок 1	Ж, 66	2,47	0,87	1,52	Th <sub>11</sub>
	Блок 2	Ж, 71	2,87	0,94	1,6	Th <sub>11</sub>
	Блок 3	Ж, 75	3,48	0,91	1,45	Th <sub>11</sub>
	Блок 4	Ж, 68	2,49	0,8	1,32	Th <sub>11</sub>
	Блок 5	Ж, 80	3,40	0,78	1,24	Th <sub>11</sub>
	В среднем		0,84000 ± 0,39831		1,47000 ± 0,39831	
Основная	Блок 1	Ж, 63	2,51	1,78	2,12	Th <sub>10</sub>
	Блок 2	Ж, 78	2,39	1,91	2,46	Th <sub>10</sub>
	Блок 3	Ж, 81	3,89	1,8	2,51	Th <sub>10</sub>
	Блок 4	Ж, 79	3,36	2,05	2,78	Th <sub>10</sub>
	Блок 5	Ж, 67	2,67	1,95	2,74	Th <sub>10</sub>
	В среднем		1,91000 ± 0,40566		2,51000 ± 0,40566	

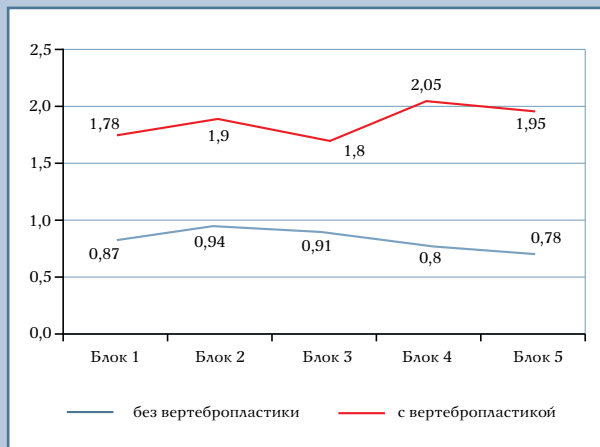


Рис. 6

Показатели общей прочности исследуемых анатомических блоков позвоночных сегментов основной и контрольной групп по отношению к вертикально направленным механическим воздействиям

## Обсуждение

Анализ полученных данных позволяет заключить, что постепенное нарастание вертикально направленной нагрузки на анатомические блоки позвоночных сегментов контрольной группы первоначально приводит к появлению незначительной кифотической деформации преимущественно за счет компрессии диска  $Th_{11}$ – $Th_{12}$ . При этом вентральные отделы  $Th_{11}$  оказываются в биомеханически наиболее невыгодных условиях по отношению к дальнейшему увеличению вертикально направленного усилия. В результате чего при достижении относительно небольшой величины 0,78–0,94 kN происходит локальное разрушение в вентральной части костного массива тел  $Th_{11}$ . Дальнейшее увеличение нагрузки приводит к более грубому разрушению трабекул тела этого позвонка, что на диаграмме отображается в виде еще нескольких провалов, характеризующих продолжающиеся процессы переломов, которые прогрессируют и вызывают выраженную кифотическую деформацию.

Таким образом, эксперименты с блоками позвоночных сегментов контрольной группы показали, что по отношению к вертикальной нагрузке наиболее слабым местом являются вентральные отделы тела  $Th_{11}$ , находящегося непосредственно над транспедикулярной системой.

В экспериментах с блоками позвоночных сегментов основной группы при аналогичных нагрузках переломы в телах  $Th_{11}$ , в которые был введен костный цемент, не происходили. Блоки выдерживали усилия до 1,78–2,05 kN, что в 1,7–2,3 раза превышает аналогичные параметры контрольной группы. При этом происходили переломы в нецементированных телах  $Th_{10}$ , то есть над позвонками с вертебропластикой ( $Th_{11}$ ). Таким образом, вертебропластика вышележащего от уровня ТПФ позвонка  $Th_{11}$  является эффективным способом предупреждения его перелома и может рассматриваться как профилактическая по отношению к возникновению стресс-перелома и проксимального кифоза над фиксированными ПДС.

## Выводы

1. Наиболее слабым местом в анатомических блоках позвоночных сегментов  $Th_{10}$ – $L_4$  с имитацией перелома  $L_1$  типа А (по Magerl) и ТПФ  $Th_{12}$ – $L_2$  4-винтовой системой с цементной имплантацией винтов по отношению к вертикальным нагрузкам является тело смежного краниального с уровнем фиксации позвонка  $Th_{11}$ .

2. Введение костного цемента в тело краниального смежного с уровнем фиксации позвонка  $Th_{11}$  увеличивает общую прочность блоков позвоночных сегментов  $Th_{10}$ – $L_4$  с имитацией перелома  $L_1$  типа А (по Magerl) и ТПФ  $Th_{12}$ – $L_2$  4-винтовой системой с цементной имплантацией винтов по отношению к вертикальным нагрузкам в 1,7–2,3 раза.

3. Вертебропластика вышележащего от уровня ТПФ позвонка является эффективным способом предупреждения его перелома, при наличии остеопороза может рассматриваться как профилактическая по отношению к возникновению стресс-перелома и проксимального кифоза над фиксированными ПДС.

4. Профилактическая вертебропластика каудального от уровня фиксации позвонка нецелесообразна из-за незначительного риска его перелома.

## Литература/References

1. Афаунов А.А., Басанкин И.В., Тахмазян К.К. Анализ результатов применения транспедикулярной фиксации с цементной имплантацией винтов при лечении повреждений грудного и поясничного отделов позвоночника на фоне остеопороза // Перспективы развития вертебологии: инновационные технологии в лечении повреждений и заболеваний позвоночника и спинного мозга: М-лы IV съезда Межрегиональной общественной организации «Ассоциация хирургов-вертебологов» с международным участием. Новосибирск, 2013. С. 10–16. [Afau-nov AA, Basankin IV, Takhmazyan KK. Analyzing the results of application of cement

transpedicular screw fixation in treatment of thoracic and lumbar injuries of the spine in osteoporosis. Prospects of Spine Surgery: Materials of the 4th Congress of Interregional Public Organization «Association of Spine Surgeons» with international participation. Novosibirsk, 2013;10–16. In Russian].

2. Мануковский В.А. Вертебропластика в лечении патологии позвоночника (клинико-экспериментальное исследование): Автореф. дис. ... канд. мед. наук СПб., 2009. [Manukovsky VA. Vertebroplasty in the treatment of spinal pathology (clinical experimental study): Abstract of MD/PhD Thesis. St. Petersburg, 2009. In Russian].

3. **Burval DJ, McLain RF, Milks R, Inceoglu S.** Primary pedicle screw augmentation in osteoporotic lumbar vertebrae: biomechanical analysis of pedicle fixation strength. *Spine*. 2007;32:1077–1083. DOI: 10.1097/01.brs.0000261566.38422.40.
4. **Fernandez-Baillo N, Sanchez Marquez JM, Sanchez Perez-Grueso FJ, Garcia Fernandez A.** Proximal junctional vertebral fracture-subluxation after adult spine deformity surgery. Does vertebral augmentation avoid this complication? A case report. *Scoliosis*. 2012;7:16. DOI:10.1186/1748-7161-7-16.
5. **Hassanzadeh H, Jain A, El Dafrawy MH, Ain MC, Mesfin A, Skolasky RL, Kebaish KM.** Three-column osteotomies in the treatment of spinal deformity in adult patients 60 years old and older: outcome and complications. *Spine*. 2013;38:726–731. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31827c2415.
6. **Lau D, Clark AJ, Scheer JK, Daubs MD, Coe JD, Paonessa KJ, LaGrone MO, Kasten MD, Amaral RA, Trobisch PD, Lee JH, Fabris-Monterumici D, Anand N, Cree AK, Hart RA, Hey LA, Ames CP.** Proximal junctional kyphosis and failure after spinal deformity surgery: a systematic review of the literature as a background to classification development. *Spine*. 2014;39:2093–2102. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000627.
7. **Lehman RA Jr, Paik H, Eckel T, Helgeson MD, Cooper PB, Bellabarba C.** Low lumbar burst fractures: a unique fracture mechanism sustained in our current overseas conflicts. *Spine J*. 2012;22:784–790. DOI: 10.1016/j.spinee.2011.09.005.
8. **Martin CT, Skolasky RL, Mohamed AS, Kebaish KM.** Preliminary results of the effect of prophylactic vertebroplasty on the incidence of proximal junctional complications after posterior spinal fusion to the low thoracic spine. *Spine Deformity*. 2013;1:132–138. DOI: 10.1016/j.jspd.2013.01.005.
9. **Yang Z, Griffith JF, Leung PC, Lee R.** Effect of osteoporosis on morphology and mobility of the lumbar spine. *Spine*. 2009;34:E115–E121. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181895aca.

**Адрес для переписки:**

Афаунов Аскер Алиевич  
350007, Краснодар, ул. Захарова, 29–10,  
afaunovkr@mail.ru

**Address correspondence to:**

Afaunov Asker Alievich  
Zakharova str., 29, ap. 10, Krasnodar, 350007, Russia,  
afaunovkr@mail.ru

Статья поступила в редакцию 16.02.2016

Игорь Вадимович Басанкин, канд. мед. наук, травматолог-ортопед, заведующий отделением НХО № 3; Карпет Карпетович Тахмазян, врач травматолог-ортопед, заведующий отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения № 2; Ольга Николаевна Понкина, канд. мед. наук, врач патологоанатом, заведующая патолого-анатомическим отделением; Сергей Борисович Малахов, нейрохирург отделения НХО № 3; Владимир Константинович Шаповалов, травматолог-ортопед отделения НХО № 3, Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Краснодар; Аскер Алиевич Афаунов, д-р мед. наук, травматолог-ортопед, заведующий кафедрой ортопедии, травматологии и ВПХ, Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар; Дмитрий Александрович Пташников, д-р мед. наук, проф., Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург; Николай Свиридович Гаврюшенко, д-р техн. наук, заведующий испытательной лабораторией, Центральный научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Россия.

Igor Vadimovich Basankin, MD, PhD, traumatologist-orthopedist, head of Neurosurgery Department No. 3; Karapet Karapetovich Takhmazyan, traumatologist-orthopedist, head of Department of radiosurgical methods of diagnosis and treatment No. 2; Olga Nikolayevna Ponkina, MD, PhD, head of Anatomic pathology department; Sergey Borisovich Malakhov, neurosurgeon, Neurosurgery department No. 3; Vladimir Konstantinovich Shapovalov, MD, traumatologist-orthopedist, Neurosurgery department No. 3, Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. Prof. SV Ochapovsky, Krasnodar; Asker Alievich Afaunov, DMSc, traumatologist-orthopedist, Head of the Department of Orthopedics, Traumatology and Field Surgery, Kuban State Medical University, Krasnodar; Dmitry Aleksandrovich Ptashnikov, DMSc, Prof., Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics n.a. RR Vredena, St. Petersburg; Nikolay Sviridovich Gavryushenko, PhD in Technics, head of the Testing Laboratory, Central Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. NN Priorov, Moscow, Russia.