



ВАРИАНТЫ ВНЕДРЕНИЯ СЕТЧАТОГО ТИТАНОВОГО ИМПЛАНТАТА В ТЕЛА ПОЯСНИЧНЫХ ПОЗВОНКОВ ПРИ ПЕРЕДНЕМ СПОНДИЛОДЕЗЕ

А.Н. Мазуренко, В.Т. Пустовойтенко, С.В. Макаревич, К.А. Криворот, И.Н. Сомова
Республиканский научно-практический центр травматологии и ортопедии, Минск, Белоруссия

Цель исследования. Анализ рентгенологических результатов переднего спондилодеза с использованием сетчатого титанового цилиндрического имплантата при переломах поясничных позвонков.

Материал и методы. Отобраны 74 пациента с нестабильными переломами тел L₁–L₅ позвонков, которым выполнили инструментальную заднюю фиксацию, переднюю декомпрессию спинного мозга, его корешков и межтеловой передний корпородез с установкой сетчатого титанового имплантата. Проводили контроль с помощью рентгенографии и КТ сразу после операции и через 0,5–2 года после операции.

Результаты. Обнаружен феномен внедрения имплантата в тело/тела краниального и/или каудального позвонков. В зависимости от характера внедрения выделены одноуровневые (в один позвонок) и двухуровневые (в два позвонка) внедрения концов имплантата. Разработан способ вычисления коэффициента внедрения, по величине которого определены три степени внедрения имплантата: 1-я — при коэффициенте менее 0,1; 2-я — 0,1–0,29; 3-я — более 0,3. На этом основании результаты операции переднего спондилодеза оцениваются как хорошие, удовлетворительные и неудовлетворительные соответственно. При отсутствии внедрения имплантата результат считается отличным.

Заключение. Предложенный коэффициент внедрения имплантата позволяет объективно оценить результаты межтелового спондилодеза как после операции, так и в отдаленном периоде.

Ключевые слова: переломы позвонков, передний спондилодез, сетчатый титановый имплантат, степени внедрения имплантата.

Для цитирования: Мазуренко А.Н., Пустовойтенко В.Т., Макаревич С.В., Криворот К.А., Сомова И.Н. Варианты внедрения сетчатого титанового имплантата в тела поясничных позвонков при переднем спондилодезе // Хирургия позвоночника. 2018. Т. 15. № 3. С. 23–29. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2018.3.23-29>.

VARIANTS OF TITANIUM MESH IMPLANT PENETRATION INTO THE LUMBAR VERTEBRAL BODIES AFTER ANTERIOR FUSION

A.N. Mazurenko, V.T. Pustovoytenko, S.V. Makarevich, K.A. Krivorot, I.N. Somova

Republican Scientific and Practical Centre for Traumatology and Orthopedics, Minsk, Republic of Belarus

Objective. To assess radiological results of anterior spinal fusion using cylindrical titanium mesh implant for lumbar spine fracture.

Material and Methods. A total of 74 adult patients with unstable fractures of the L1–L5 vertebral bodies were selected. They underwent posterior instrumental fixation, anterior decompression of the spinal cord and its roots, and anterior interbody fusion with placement of titanium mesh implant. Radiological and CT control was performed immediately and 0.5–2 years after surgery.

Results. The phenomenon of implant penetration into the body/bodies of the cranial and/or caudal fused vertebrae has been revealed. Depending on the nature of penetration, single-level (into one vertebra) and two-level (into two vertebrae) variants of the implant edge penetration were identified. A method for calculating the penetration rate was developed, which value determines three grades of the implant penetration: grade 1 with a rate less than 0.1; grade 2 — 0.1–0.29; and grade 3 — more than 0.3. On this basis, the results of anterior spinal fusion are evaluated as good, satisfactory or unsatisfactory, respectively. If the implant did not penetrate, the result is considered excellent.

Conclusion. The proposed rate of implant penetration allows for objective evaluation of the interbody fusion results, both immediate and long-term.

Key Words: vertebral fractures, anterior fusion, titanium mesh implant, rate and grade of implant penetration.

Please cite this paper as: Mazurenko AN, Pustovoytenko VT, Makarevich SV, Krivorot KA, Somova IN. Variants of titanium mesh implant penetration into the lumbar vertebral bodies after anterior fusion. Hir. Pozvonoc. 2018;15(3):23–29. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2018.3.23-29>.

В настоящее время при травмах и заболеваниях позвоночника широко используют методы вентральной реконструкции сетчатыми титановыми цилиндрическими имплантатами [1, 3–7, 11, 12, 14]. Имплантат обеспечивает сравнительно быстрое восстановление опороспособности вентральных отделов позвоночника. Устройство может использоваться в сочетании с фиксаторами, необходимыми для стабилизации оперируемого сегмента [8, 16, 19–21]. Полость имплантата заполняется аутокостью – костной неструктурной щебенкой из резецируемого тела позвонка или материалом из гребня подвздошной кости и ребра, также применяют аллотрансплантаты [10]. Костный блок формируется в сроки от 6 до 12 мес. после операции [20, 22, 23].

В процессе формирования костного блока отмечается проседание сетчатого имплантата в губчатую костную ткань позвонков [9, 17, 22]. Это явление мало изучено, поэтому мы занялись анализом операций межтелового переднего спондилодеза при переломах поясничных позвонков. Медико-биологический эффект, достигаемый от применения сетчатых имплантатов, основан на создании условий для выполнения органосберегающей методики переднего межтелового спондилодеза на поясничном отделе позвоночника [4, 13, 18].

Аутокость обладает необходимыми для формирования сращения свойствами: остеогенностью, остеоиндуктивностью и остеокондуктивностью. Аутоотрансплантат содержит морфогенетические белки, минеральные составляющие и некоторое количество остеобластов. В наибольшей степени данными свойствами обладает губчатая кость, не имеющая, однако, достаточной механической прочности, тогда как межтеловой передний спондилодез требует большой механической прочности трансплантата.

Цель исследования – анализ рентгенологических результатов переднего межтелового спондилодеза с использованием сетчатого титанового цилиндрического имплан-

тата при переломах поясничных позвонков.

Материал и методы

В 2009–2016 гг. выполнены 356 операций межтелового переднего спондилодеза на всех отделах позвоночника. Для исследования отобраны 74 пациента 15–56 лет (20 женщин, 54 мужчины) с нестабильными переломами тел поясничных позвонков (оскольчатые переломы L₁–L₅ позвонков), которым выполняли переднюю декомпрессию спинного мозга и корешков, а также межтеловой передней корпородез с использованием сетчатого титанового имплантата. Полость имплантата

заполняли фрагментами аутокости с кортикальным слоем.

При доступе к позвонку L₁ использовали торакофренолюмботомию (комбинированный чресплеврально-забрюшинный доступ с рассечением диафрагмы), при вмешательстве на нижележащих позвонках – внебрюшинный люмботомический доступ. Для подтверждения уровня вмешательства интраоперационно проводили рентгенограмму с маркировкой позвонка или диска иглой. При удалении межпозвонковых дисков, смежных с пораженным позвонком, старались сохранять замыкательные пластинки, не повреждая их, считая это

Таблица 1

Параметры изготовленных сетчатых титановых цилиндрических имплантатов

Параметры	Значения типоразмеров										
Диаметр, мм	10	12	13	15	16	18	19	21	22	23	25
Длина*, мм	От 50 до 100										
Масса, г	3,0	3,5	4,0	4,5	5,5	7,0	8,0	10,0	11,0	12,0	14,0
Толщина стенок, мм	От 1,0 до 1,2										

*длина имплантата подбирается во время операции.

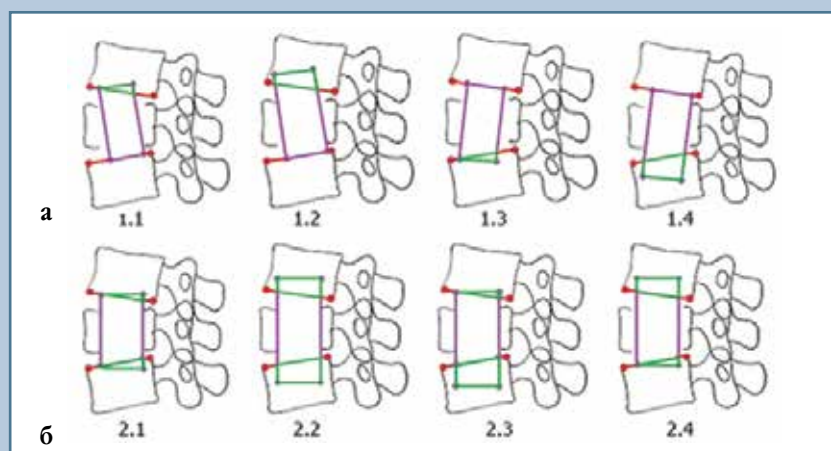


Рис. 1

Варианты внедрения сетчатого титанового цилиндрического имплантата в тела смежных поясничных позвонков по отношению к травмированному позвонку: **а** – одноуровневое; **б** – двухуровневое

важным условием стабильности позвоночника после установки имплантата.

Всем 74 пациентам выполняли двухэтапные операции: первую операцию (заднюю инструментальную преимущественно транспедикулярную фиксацию) проводили на 2–4-й день

после поступления, вторую – (комбинированный передний спондилодез имплантатом с аутокостью) – спустя 12–14 дней.

В зависимости от уровня перелома и размеров тел блокируемых позвонков определяли необходимые типы и

размеры имплантата (табл. 1). Для корпородеза и надежной передней стабилизации в поясничном отделе обычно применяли имплантат диаметром 16, 19 или 22 мм.

Лучевой анализ результатов проводили непосредственно после операции, а также через 6, 12 и 24 мес. При анализе особенностей спондилодеза в динамике по данным обзорной рентгенографии в боковой проекции или КТ с проходящим сканом через вертикальную центральную ось имплантата оценивали его положение, а также глубину проникновения его концов в верхний и нижний блокируемые позвонки. При отсутствии внедрения имплантата в тела смежных позвонков результат спондилодеза оценивали как отличный, этих пациентов не вносили в группу исследования феномена внедрения. При наличии внедрения имплантата в тела позвонков на полученном снимке составляли реперные точки по краям тел позвонков и имплантата, которые соединяли линиями по периметру, после чего измеряли длину полученных линий, периметры образованных ими четырехугольников или треугольников в телах смежных с имплантатом позвонков, а также их площади.

Таблица 2

Варианты внедрения сетчатого цилиндрического имплантата в тела смежных с имплантатом позвонков в раннем послеоперационном периоде

Варианты внедрения имплантата в тело позвонка	Пациенты, n (%)
Одноуровневые	
Внедрение верхнего конца имплантата в виде треугольника	3 (10)
Внедрение верхнего конца имплантата в виде четырехугольника	5 (15)
Внедрение нижнего конца имплантата в виде треугольника	4 (12)
Внедрение нижнего конца имплантата в виде четырехугольника	9 (27)
Двухуровневые	
Внедрение имплантата в виде двух треугольников в тела выше- и нижележащих позвонков	1 (3)
Внедрение имплантата в виде двух четырехугольников в тела выше- и нижележащих позвонков	5 (15)
Внедрение верхнего конца имплантата в виде треугольника и нижнего конца в виде четырехугольника	6 (18)
Внедрение верхнего конца имплантата в виде четырехугольника и нижнего конца в виде треугольника	—

Первая операция — инструментальная задняя фиксация, вторая — передний спондилодез с установкой имплантата.

Таблица 3

Варианты внедрения сетчатого цилиндрического имплантата в тела смежных с имплантатом позвонков через 0,5–2 года после операций

Варианты внедрения имплантата в тело позвонка	Пациенты, n (%)
Одноуровневые	
Внедрение верхнего конца имплантата в виде треугольника	—
Внедрение верхнего конца имплантата в виде четырехугольника	4 (9,4)
Внедрение нижнего конца имплантата в виде треугольника	2 (4,8)
Внедрение нижнего конца имплантата в виде четырехугольника	7 (16,8)
Двухуровневые	
Внедрение имплантата в виде двух треугольников в тела выше- и нижележащих позвонков	6 (14,3)
Внедрение имплантата в виде двух четырехугольников в тела выше- и нижележащих позвонков	11 (26,3)
Внедрение верхнего конца имплантата в виде треугольника и нижнего конца в виде четырехугольника	8 (19,2)
Внедрение верхнего конца имплантата в виде четырехугольника и нижнего конца в виде треугольника	3 (7,2)

Результаты и их обсуждение

Анализ рентгенологических данных выявил феномен внедрения сетчатого меша в тело/тела блокируемых позвонков, который мог иметь как одноуровневый (верхний или нижний позвонок), так и двухуровневый характер. В зависимости от формы внедряемого конца имплантата (треугольной или четырехугольной) выделили несколько вариантов (рис. 1).

1. Одноуровневое внедрение:

1.1 – в форме треугольника в краниальный позвонок;

1.2 – в форме четырехугольника в краниальный позвонок;

1.3 – в форме треугольника в каудальный позвонок;

1.4 – в форме четырехугольника в каудальный позвонок.

Таблица 4
Вариант внедрения сетчатого имплантата в тело позвонка (двухуровневое внедрение четырехугольной формы)

Прямоугольник имплантата			Верхний четырехугольник				Нижний четырехугольник				Коэффици- ент	Степень внедрения имплантата				
Длина сторон, мм	Площадь, мм ²	Длина сторон, мм	Полу- периметр, мм	Площадь, мм ²	Длина сторон, мм	Полу- периметр, мм	Площадь, мм ²									
25	54	1350	25	24	6	3	29,0	109,3	25	24	11	7	33,5	219,4	0,24	2-я
20	43	860	20	4	20	4	24,0	80,0	20	4	21	6	25,5	101,9	0,21	2-я
20	43	860	20	8	21	7	28,0	153,3	20	4	21	7	26,0	112,0	0,30	3-я
20	43	860	20	6	21	4	25,5	101,8	20	4	21	5	25,0	91,7	0,22	2-я
17	47	799	17	3	17	3	20,0	51,0	17	5	14	7	21,5	89,8	0,17	2-я
17	47	799	17	7	18	3	22,5	86,4	17	4	18	9	24,0	112,2	0,24	2-я
27	50	1350	27	12	25	6	35,0	230,9	27	10	28	9	37,0	260,8	0,36	3-я
20	22	440	20	6	18	4	24,0	92,9	20	9	19	7	27,5	155,5	0,56	3-я
27	67	1809	27	10	26	9	36,0	251,3	27	11	25	5	34,0	205,0	0,25	2-я
20	45	900	20	2	20	2	22,0	40,0	20	8	19	6	26,5	136,0	0,19	2-я
20	45	900	20	7	19	5	25,5	116,4	20	6	20	9	27,5	149,6	0,29	2-я
20	35	700	20	5	19	6	25,0	106,8	20	9	20	11	30,0	199,7	0,43	3-я
25	43	1075	25	7	26	11	34,5	228,4	25	6	25	6	31,0	150,0	0,35	3-я
25	43	1075	25	14	26	11	38,0	317,9	25	7	25	7	32,0	175,0	0,45	3-я
20	40	800	20	6	23	2	25,5	79,38	20	8	21	4	26,5	122,0	0,25	2-я

2. Двухуровневое внедрение:

2.1 – в виде двух треугольников в краниальном и каудальном позвонках;

2.2 – в виде двух четырехугольников в краниальном и каудальном позвонках;

2.3 – в виде треугольника в краниальном и четырехугольника в каудальном позвонке;

2.4 – в виде четырехугольника в краниальном и треугольника в каудальном позвонке.

Результаты оценки внедрения концов сетчатого имплантата в тела смежных с имплантатом позвонков непосредственно после оперативного вмешательства приведены в табл. 2, в отдаленном послеоперационном периоде – в табл. 3.

У большинства пациентов отмечены варианты внедрения 1.4 (27,0 %) и 2.2 (26,3 %), то есть внедрение имплантата в нижний позвонок в виде четы-

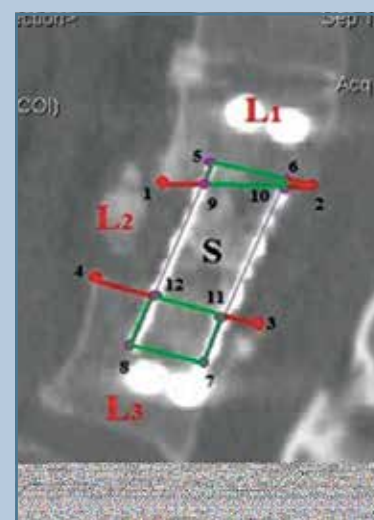


Рис. 2

КТ пациентки А. в раннем послеоперационном периоде: L₁, L₃ – тела позвонков; 1, 2, 3, 4 – замыкающие пластинки позвонков; 5, 6, 9 – треугольник верхнего конца имплантата в теле L₁ позвонка; 7, 8, 12, 11 – четырехугольник нижнего конца имплантата в теле L₃ позвонка

рехугольника или двухуровневое внедрение имплантата в виде двух четырехугольников. Для определения степени внедрения имплантата в тела позвонков и его количественной величины вычисляли площади полученных геометрических фигур – прямоугольника имплантата и его внедренных частей – четырехугольника, треугольника [15]. Затем рассчитывали коэффициент внедрения сетчатого имплантата в тела смежных позвонков по формуле:

$$K = (S_1 + S_2)/S,$$

где K – коэффициент внедрения имплантата; S_1 и S_2 – площади верхнего и нижнего внедренного участков (четырехугольника или треугольника); S – площадь прямоугольной тени имплантата. В зависимости от величины коэффициента внедрения имплантата в тела позвонков выделили три степени: 1-я – $K < 0,1$ (легкое внедрение); 2-я – $K = 0,1–0,29$ (умеренное

внедрение); 3-я – при $K \geq 0,3$ (выраженное внедрение).

При 1-й степени внедрения имплантата результат определяли как хороший, при 2-й – как удовлетворительный, требующий дальнейшего динамического наблюдения в отдаленном периоде, при 3-й – как неудовлетворительный, связанный в первую очередь с остеопорозом позвоночника и необходимостью его адекватного лечения [11].

При оценке полученных результатов (табл. 2, 3) из 74 исследований 1-я степень внедрения имплантата выявлена у 34 (46 %) пациентов, 2-я – у 32 (43 %), 3-я – у 8 (11 %). При одноуровневом внедрении коэффициент чаще соответствовал 1-й степени, лишь у двух пациентов показатель K превысил 0,1. При двухуровневом внедрении имплантата 2-ю степень отмечали в 28 (74 %) случаях, 1-ю – в 2 (5 %), 3-ю – в 8 (21 %).

В табл. 4 представлены результаты измерения параметров геометрических фигур и коэффициента внедрения сетчатого титанового имплантата у 15 пациентов с вариантом 2.2.

Вероятными причинами внедрения имплантата в тела смежных позвонков могут быть следующие: избыточный вес пациента, сильно развитая мускулатура, повреждение (дефект) замыкающей пластины в месте установки конца имплантата, локальная перифокальная резорбция костной ткани от воздействия имплантата, остеопения (остеопороз) позвоночника. Немаловажную роль играет малая площадь опоры концов имплантата, толщина стенки которого составляет всего 1–1,2 мм.

Клинический пример. Пациентка А. поступила через 6 мес. после передней декомпрессии спинного мозга на уровне L_2 , переднего спондилодеза $L_1–L_3$ позвонков сетчатым титановым цилиндрическим имплантатом с фрагментами аутокости с кортикальным слоем и дополнительной фиксацией $L_1–L_3$ титановой пластиной. По данным КТ, стояние металлоконструкции корректное, перелом в стадии консолидации. На снимках расставлены

реперные точки (рис. 2, 3): по краям тел $L_1–L_3$ позвонков точки 1, 2, 3, 4; по концам имплантата – 5, 6, 7, 8; по периметру верхнего треугольника – 5, 6, 9; по периметру нижнего четырехугольника – в теле L_3 позвонка – 7, 8, 12, 11.

Полученные точки соединяли между собой по периметру (1–2; 3–4; 5–6; 7–8; 5–8; 6–7), после чего измеряли длину полученных линий (9–5; 5–6; 6–10; 10–9; 8–12; 12–11; 11–7; 7–8; 5–8; 5–6; 6–7; 7–8), затем вычисляли площади геометрических фигур. Непосредственно после операции выявлено внедрение верхнего конца имплантата в форме треугольника, а нижнего – в форме четырехугольника, что соответствует варианту 2.3 (рис. 2). В отдаленном периоде (рис. 3) оба конца имплантата внедрены в форме двух четырехугольников (вариант 2.2). При расчете показатель $K = 0,42$, что соответствует 3-й степени внедрения имплантата в тела L_1 , L_3 и означает неудовлетворительный результат реконструктивной операции, обусловленный остеопорозом позвоночника (подтвержден при остеоденситометрии, назначено лечение).

Выводы

1. На примере нестабильных переломов тел поясничных позвонков выявлен феномен внедрения сетчатого титанового цилиндрического имплантата в тело/тела краниального и/или каудального позвонков.
2. Определены 8 вариантов внедрения имплантата.
3. Предложен способ вычисления коэффициента внедрения сетчатого титанового имплантата в тела позвонков и критерии его дифференцирования, позволяющие объективно оценить результаты межтелового спондилодеза как непосредственно после операции, так и в отдаленном периоде.

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

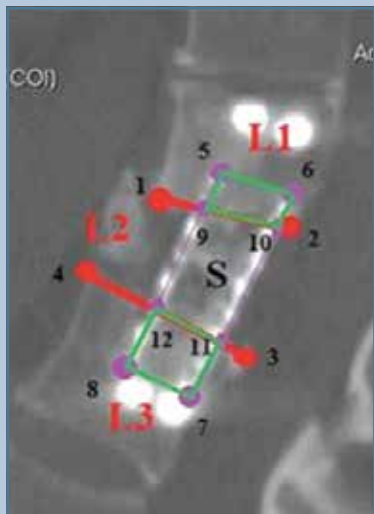


Рис. 3

КТ пациентки А. в отдаленном послеоперационном периоде: 5, 6, 10, 9 – четырехугольник верхнего конца имплантата в теле L_1 позвонка; 7, 8, 12, 11 – четырехугольник нижнего конца имплантата в теле L_3 позвонка; отмечается прогрессирование внедрения имплантата в тело краниального позвонка

Литература/References

1. **Аганесов А.Г., Месхи К.Т.** Реконструктивная хирургия позвоночника // *Анналы РНЦХ РАМН*. 2004. № 13. С. 114–123. [Aganesev AG, Meskhi KT. Reconstructive surgery of the spine. *Annals of Russian Research Center of Surgery of RAMS*. 2004;(13):114–123. In Russian].
2. **Амельченя А.С., Белецкий А.В., Макаревич С.В., Мазуренко А.Н., Юрченко С.М., Пустовойтов К.В.** Свечников И.В., Криворот К.В. Протез тела позвонка. Патент на полезную модель BY 7659. Дата подачи заявки 16.02.2011; дата публикации 30.10.2011. МПК А 61F 2/44 (2006.01). [Amelchenya AS, Beletsky AV, Makarevich SV, Mazurenko AN, Yurchenko SM, Pustovoytov K.V. Svechnikov IV, Krivorot K.V. Prosthesis of the vertebral body. Patent for utility model BY 7659. Appl. 16.02.2011; publ. 30.10.2011. IPC A 61 F 2/44 (2006.01). In Russian].
3. **Баулин И.А., Гаврилов П.В., Советова Н.А., Мушкин А.Ю.** Лучевой анализ формирования костного блока при использовании различных материалов для переднего спондилодеза у пациентов с инфекционным спондилитом // *Хирургия позвоночника*. 2015. Т. 12. № 1. С. 83–89. [Baulin IA, Gavrilov PV, Sovetova NA, Mushkin AY. Radiological analysis of the bone block formation in using different materials for anterior fusion in patients with infectious spondylitis. *Hir. Pozvonoc*. 2015;12(1):83–89. In Russian]. DOI: <https://doi.org/10.14531/ss2015.1.83-89>.
4. **Белецкий А.В., Мазуренко А.Н., Макаревич С.В., Воронович И.Р.** Применение сетчатых титановых имплантатов для замещения грудных и поясничных позвонков // *Медицинские новости*. 2015. № 5. С. 32–35. [Beletsky AV, Mazurenko AN, Makarevich SV, Varanovich IR. The use of titanium mesh implants for replacement of thoracic and lumbar vertebrae. *Meditinskije novosti*. 2015;(5):32–35. In Russian].
5. **Вишневский А.А., Казбанов В.В., Баталов М.С.** Титановые имплантаты в вертебрологии: перспективные направления // *Хирургия позвоночника*. 2015. Т. 12. № 4. С. 49–55. [Vishnevsky AA, Kazbanov VV, Batalov MS. Titanium implants in spine surgery: promising directions. *Hir. Pozvonoc*. 2015;12(4):49–55. In Russian]. DOI: <https://doi.org/10.14531/ss2015.4.49-55>.
6. **Губин А.В., Ульрих Э.В.** Современная концепция лечения детей с патологией шейного отдела позвоночника // *Педиатр*. 2010. Т. 1. № 1. С. 54–62. [Gubin AV, Ulrikh EV. The modern concept of treatment of children with cervical spine pathology. *Pediatr*. 2010;(1):54–62. In Russian].
7. **Доценко В.В., Шевелев И.Н., Загородний Н.В., Коновалов Н.А., Кошварова О.В.** Спондилолистез: передние малотравматические операции // *Хирургия позвоночника*. 2004. № 1. С. 47–54. [Dotsenko VV, Shevelev IN, Zagorodniy NV, Konovalov NA, Koshevarova OV. Spondylolisthesis: anterior minimally-invasive surgery. *Hir. Pozvonoc*. 2004;(1):47–54. In Russian].
8. **Колесов С.В.** Хирургия деформаций позвоночника / Под ред. С.П. Миронова. М., 2014. [Kolesov SV. *Surgical Treatment of Spinal Deformity*, ed by S.P. Mironov. Moscow, 2014. In Russian].
9. **Косулин А.В., Елякин Д.В.** Болезни донорской зоны как проблема хирургической вертебрологии: систематический обзор // *Хирургия позвоночника*. 2016. Т. 13. № 2. С. 45–51. [Kosulin AV, Elyakin DV. Donor site morbidity as a problem of spinal surgery: systematic review. *Hir. Pozvonoc*. 2016;13(2):45–51. In Russian]. DOI: [10.14531/ss2016.2.45-51](https://doi.org/10.14531/ss2016.2.45-51).
10. **Корж А.А., Грунтовский Г.Х., Корж Н.А., Михайлив Т.В.** Керамопластика в ортопедии и травматологии. Львов, 1992. [Korzh AA, Gruntovskiy GH, Korzh NA, Mykhailiv VT. *Ceramoplasty in Orthopaedics and Traumatology*. Lvov, 1992. In Russian].
11. **Котельников Г.П., Булгакова С.В.** Остеопороз: руководство. М: ГЭОТАР-Медиа, 2010. [Kotelnikov GP, Bulgakova SV. *Osteoporosis: A Guide*. Moscow: GEOTAR-Media Publ., 2010. In Russian].
12. **Мушкин А.Ю., Наумов Д.Г., Евсеев В.А.** Реконструкции позвоночника с применением титановых мешей у детей // *Хирургия позвоночника*. 2016. Т. 13. № 2. С. 68–76. [Mushkin AY, Naumov DG, Evseev VA. Spinal reconstruction with titanium meshes in pediatric patients. *Hir. Pozvonoc*. 2016;13(2):68–76. In Russian]. DOI: <https://doi.org/10.14531/ss2016.2.68-76>.
13. **Нехлопочин А.С., Нехлопочин С.Н., Швеиц А.И.** Система оценки конструктивных параметров и функциональных возможностей металлических телозамещающих эндопротезов для переднего межтелового спондилодеза // *Хирургия позвоночника*. 2016. Т. 13. № 1. С. 13–19. [Nekhlouchin AS, Nekhlouchin SN, Shvets AI. Assessment system of design parameters and functionality of metal vertebral body endoprosthesis for anterior interbody fusion. *Hir. Pozvonoc*. 2016;13(1):13–19. In Russian]. DOI: <https://doi.org/10.14531/ss2016.1.13-19>.
14. **Рерих В.В., Ластевский А.Д.** Хирургическое лечение нижнешейного отдела позвоночника // *Хирургия позвоночника*. 2007. № 1. С. 13–20. [Rerikh VV, Lastevsky AD. Surgery for lower cervical spine injuries. *Hir. Pozvonoc*. 2007;(1):13–20. In Russian]. DOI: <https://doi.org/10.14531/ss2007.1.13-20>.
15. Способ рентгенологической оценки результата переднего межтелового спондилодеза с использованием сетчатого титанового цилиндрического имплантата. Заявка № а20160462 на изобретение в Белгоспатент. Приоритет от 13.12.2016 г. [A method of X-ray evaluating of the results of anterior interbody fusion using a mesh titanium cylindrical implant. Application No. a20160462 for Patent BY. Priority of 13.12.2016. In Russian].
16. **Шанько Ю.Г., Танин А.Л., Макаревич С.В., Мазуренко А.Н.** Практическое руководство по нейротравматологии. Минск, 2010. [Shanko YuG, Tanin AL, Makarevich SV, Mazurenko AN. *Practical Guide in Neurotraumatology*. Minsk, 2010. In Russian].
17. **Dvorak MF, Kwon BK, Ficher CG, Eiserloh HL 3rd, Boyd M, Wing PC.** Effectiveness of titanium mesh cylindrical cages in anterior column reconstruction after thoracic and lumbar vertebral body resection. *Spine*. 2003;28:902–908. DOI: [10.1097/01.BRS.0000058712.88053.13](https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000058712.88053.13).
18. **Eck KR, Bridwell KH, Ungacta FF, Lapp MA, Lenke LG, Riew KD.** Analysis of titanium mesh cages in adults with minimum two-year follow-up. *Spine*. 2000;25:2407–2415. DOI: [10.1097/00007632-200009150-00023](https://doi.org/10.1097/00007632-200009150-00023).
19. **Harms J, Stoltze D.** The indications and principles of correction of post-traumatic deformities. *Eur Spine J*. 1992;1:142–151. DOI: [10.1007/BF00301304](https://doi.org/10.1007/BF00301304).
20. **Dai LY, Jiang LS, Jiang SD.** Anterior-only stabilization using plating with bone structural autograft versus titanium mesh cages for two- or three-column thoracolumbar burst fractures: a prospective randomized study. *Spine*. 2009;34:1429–1435. DOI: [10.1097/BRS.0b013e3181a4e667](https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181a4e667).
21. **Karaeminogullari O, Tezer M, Ozturk C, Bilen FE, Talu U, Hamzaoglu A.** Radiological analysis of titanium mesh cages used after corpectomy in the thoracic and lumbar spine: minimum 3 years' follow-up. *Acta Othop Belg*. 2005;71:726–731.
22. **Robertson PA, Rawlinson HJ, Hadlow AT.** Radiologic stability of titanium mesh cages for anterior spinal reconstruction following thoracolumbar corpectomy. *J Spinal Disord Tech*. 2004;17:44–52.
23. **Williams AL, Gornet MF, Burkus JK.** CT evaluation of lumbar interbody fusion: current concept. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2005;26:2057–2066.

Адрес для переписки:

Пустовойтенко Владлен Тарасович
 220024, Беларусь, Минск, ул. Кизhevатова, 6, корп. 4,
 Республиканский научно-практический
 центр травматологии и ортопедии,
 ortoped@mail.belpak.by

Address correspondence to:

Pustovoytenko Vladlen Tarasovich
 Republican Scientific and Practical
 Centre for Traumatology and Orthopedics,
 Kizhevato str., 60, Minsk, 220024,
 Republic of Belarus,
 ortoped@mail.belpak.by

Статья поступила в редакцию 20.03.2017

Рецензирование пройдено 17.05.2018

Подписано в печать 30.05.2018

Received 20.03.2017

Review completed 17.05.2018

Passed for printing 30.05.2018

Андрей Николаевич Мазуренко, канд. мед. наук, заведующий лабораторией травматических повреждений позвоночника и спинного мозга, доцент, нейрохирург, докторант, Республиканский научно-практический центр травматологии и ортопедии, Белоруссия, 220024, Минск, ул. Кизhevатова, 6, корп. 4, mazurenko@mail.ru;

Владлен Тарасович Пустовойтенко, д-р мед. наук, доцент, нейрохирург, ведущий научный сотрудник лаборатории травматических повреждений позвоночника и спинного мозга, Республиканский научно-практический центр травматологии и ортопедии, Белоруссия, 220024, Минск, ул. Кизhevатова, 6, корп. 4, ortoped@mail.belpak.by;

Сергей Валентинович Макаревич, д-р мед. наук, доцент, нейрохирург, заведующий нейрохирургическим отделением, Республиканский научно-практический центр травматологии и ортопедии, Белоруссия, 220024, Минск, ул. Кизhevатова, 6, корп. 4, sv.mak@mail.ru;

Кирилл Анатольевич Криворот, соискатель ученой степени кандидата медицинских наук, нейрохирург, научный сотрудник лаборатории травматических повреждений позвоночника и спинного мозга, Республиканский научно-практический центр травматологии и ортопедии, Белоруссия, 220024, Минск, ул. Кизhevатова, 6, корп. 4, Kirill.doc@mail.ru;

Ирина Николаевна Сомова, соискатель ученой степени кандидата медицинских наук, рентгенолог, Республиканский научно-практический центр травматологии и ортопедии, Белоруссия, 220024, Минск, ул. Кизhevатова, 6, корп. 4, sominl20963@gmail.com.

Anrdey Nikolayevich Mazurenko, MD, PhD, Head of Laboratory for vertebrae and spinal cord injuries, assistant professor, neurosurgeon, doctoral student, Republican Scientific and Practical Centre for Traumatology and Orthopedics, Kizhevato str., 60, Minsk, 220024, Republic of Belarus, mazurenko@mail.ru;

Vladlen Tarasovich Pustovoytenko, DMSc, assistant professor, neurosurgeon, leading researcher of Laboratory for vertebrae and spinal cord injuries, Republican Scientific and Practical Centre for Traumatology and Orthopedics, Kizhevato str., 60, Minsk, 220024, Republic of Belarus, ortoped@mail.belpak.by;

Sergey Valentinovich Makarevich, DMSc, assistant professor, neurosurgeon, Head of Neurosurgery department No. 1, Republican Scientific and Practical Centre for Traumatology and Orthopedics, Kizhevato str., 60, Minsk, 220024, Republic of Belarus, sv.mak@mail.ru;

Kirill Anatolyevich Krivorot, applicant for MD/PhD degree, neurosurgeon, researcher of Laboratory for vertebrae and spinal cord injuries, Republican Scientific and Practical Centre for Traumatology and Orthopedics, Kizhevato str., 60, Minsk, 220024, Republic of Belarus, kirill.doc@mail.ru;

Irina Nikolayevna Somova, applicant for MD/PhD degree, radiologist, Republican Scientific and Practical Centre for Traumatology and Orthopedics, Kizhevato str., 60, Minsk, 220024, Republic of Belarus, sominl20963@gmail.com.