

МАЛОИНВАЗИВНАЯ ФИКСАЦИЯ ПОЗВОНКОВ ПРИ ПЕРЕЛОМАХ ГРУДОПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА У ПАЦИЕНТОВ СТАРШЕЙ ВОЗРАСТНОЙ ГРУППЫ

MINIMALLY INVASIVE FIXATION OF THORACOLUMBAR SPINE FRACTURES IN ADULTS

Макаров С.А. Makarov S.A.
Аганесов А.Г. Aganesov A.G.
Алексян М.М. Aleksanyan M.M.
Микаелян К.П. Mikaelyan K.P.

ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского»,
г. Москва, Россия

Russian Research Center of Surgery
named after academician B.V. Petrovsky,
Moscow, Russia

Цель исследования – сравнить результаты хирургического лечения неосложненных переломов грудного и поясничного отделов позвоночника типа А по классификации Ассоциации остеосинтеза (АО) с компрессией тела более 50 % у пациентов пожилого и старческого возраста при использовании методик открытой и чрескожной транспедикулярной фиксации.

Материалы и методы. Были выбраны 40 пациентов старше 60 лет с неосложненными изолированными переломами позвонков груднопоясничного отдела типа А. Пациентам основной группы (n = 24) выполнялась малоинвазивная чрескожная транспедикулярная фиксация. В контрольной группе (n = 16) проводили классическую открытую транспедикулярную фиксацию. Результаты оценивались по уровню послеоперационной боли по визуально-аналоговой шкале (ВАШ) от 0 до 10 баллов через 3, 24, 72 часа, 14 дней, 8 недель, 6, 12 и 24 месяца после операции. Дополнительно оценивались время операции, интраоперационная кровопотеря, средний койко-день, срок первой активизации пациента.

Результаты. У пациентов основной группы на протяжении 24 месяцев после операции сохраняется меньший уровень боли, чем у пациентов контрольной группы. Наиболее заметной разница становится через 8 недель после операции, когда пациенты приступают к физическим упражнениям и плаванию в бассейне ($1,5 \pm 0,7$ и $3,1 \pm 1,0$ соответственно; $p = 0,000001$). Также у пациентов основной группы на 55 % сокращается время оперативного вмешательства, на 94,4 % – объем интраоперационной кровопотери, на 3 суток уменьшается средний койко-день, на 38 часов раньше происходит активизация.

Заключение. Оптимальным вариантом оперативного лечения пожилых пациентов при изолированных неосложненных переломах тел позвонков в груднопоясничном отделе типа А по классификации АО является малоинвазивная чрескожная транспедикулярная фиксация. Выбор этой методики позволяет сократить время наркоза, уменьшить объем кровопотери и назначение анальгетиков в послеоперационном периоде, что важно с учетом коморбидности пациентов данной возрастной группы и необходимости приема антикоагулянтов для профилактики тромбоэмболических осложнений.

Objective – to compare the results of surgery of uncomplicated thoracolumbar spine fractures (type A according to the AO classification) with more than 50 % of body compression in elderly and senile patients using open and percutaneous minimally invasive transpedicular fixation.

Materials and methods. 40 patients over 60 years with uncomplicated isolated type A vertebral fractures of the thoracolumbar spine were selected. Patients of the first group (n = 24) underwent minimally invasive percutaneous transpedicular fixation. In the second group (n = 16), patients underwent classical open transpedicular fixation. The results were assessed by the level of postoperative pain according to VAS at 3, 24, 72 hours, 14 days, 8 weeks, 6, 12 and 24 months after surgery. Additionally, the operation time, intraoperative blood loss, average bed-day, and the period of the patient's first activation were assessed.

Results. The patients of the main group for 24 months after the operation retained a lower level of pain than patients of the control group. The most noticeable difference becomes 8 weeks after surgery, when patients begin physical exercise and swimming in the pool (1.5 ± 0.7 and 3.1 ± 1.0 , respectively; $p = 0.000001$). Also, in patients of the main group, the time of surgery is reduced by 55 %, the volume of intraoperative blood loss is reduced by 94.4 %, the average bed-day is reduced by 3 days, activation occurs 38 hours earlier.

Conclusion. The optimal method of surgery of thoracolumbar spine fractures (AO type A) in adults is minimally invasive percutaneous pedicular fixation. The choice of this technique makes it possible to shorten the time of general anesthesia, reduce the volume of blood loss and pain level in the postoperative period. This is important given the comorbidity of patients in this age group and the need to take anticoagulants to prevent thromboembolic complications.

Для цитирования: Макаров С.А., Аганесов А.Г., Алексян М.М., Микаелян К.П. МАЛОИНВАЗИВНАЯ ФИКСАЦИЯ ПОЗВОНКОВ ПРИ ПЕРЕЛОМАХ ГРУДОПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА У ПАЦИЕНТОВ СТАРШЕЙ ВОЗРАСТНОЙ ГРУППЫ //ПОЛИТРАВМА / POLYTRAUMA. 2023. № 1, С. 45-50.

Режим доступа: <http://poly-trauma.ru/index.php/pt/article/view/310>

DOI: 10.24412/1819-1495-2023-1-45-50

Ключевые слова: переломы позвонков; пожилой возраст; транспедикулярная фиксация; послеоперационная боль; малоинвазивная хирургия позвоночника.

Key words: spinal fractures; elderly age; transpedicular fixation; post-operative pain; minimally invasive spine surgery.

Согласно данным ВОЗ, средний возраст жителей нашей планеты неизбежно увеличивается. Так, к 2050 году в России ожидается увеличение количества жителей старше 60 лет на 63,9 % по сравнению с 2010, а во всем мире — на 102,2 % [1]. Согласно данным министерства здравоохранения США за 2014 год, 28 % пациентов, получивших травмы скелета, были пожилого и старческого возраста. Возраст старше 70 лет является предиктором увеличения смертности после низкоэнергетических травм (уровень смертности 4,3 % против 1,2 % у пациентов младших возрастных групп) [2].

Повреждения позвоночника достигают 17,7 % всех повреждений скелета, что составляет ежегодно около 700 000 новых случаев, относящихся к тяжелым видам травм опорно-двигательного аппарата, требующим длительного госпитального и реабилитационного лечения [3]. Наиболее часто переломы происходят в грудопоясничном отделе позвоночника, 2/3 из них локализируются на уровне T11-L2 [4]. Несмотря на частоту подобных переломов, тактика их лечения до сих пор остается спорной [5, 6].

Хирургическое лечение переломов грудопоясничного отдела является общепринятым для пациентов с осложненными, нестабильными переломами или политравмой для более ранней и легкой реабилитации. Тем не менее, общепринятый алгоритм выбора подходящей хирургической техники для пациентов без неврологического дефицита все еще отсутствует, более того, остается спорным выбор между консервативным или хирургическим лечением. [7] При этом главными задачами при лечении неосложненных переломов позвоночника у пациентов пожилого и старческого возраста являются снижение болевого синдрома и, как следствие, более ранняя активизация для профилактики тромбоэмболических осложнений, пролежней, гипостатических пневмоний и пр., желательное без использования дополнительной

ортопедической поддержки в виде корсета и костылей [4, 8].

В последние годы набирают популярность малоинвазивные хирургические методы стабилизации таких переломов [7, 9]. В частности, кифопластика, стентирование, а также чрескожная транспедикулярная фиксация позвонков используются отдельно или в комбинации для улучшения клинического состояния пациента в раннем послеоперационном периоде и для предотвращения возникновения в будущем вторичных осложнений из-за нарушения сагиттального баланса позвоночника [10, 11]. Однако при переломах типа А3 и А2 со снижением высоты тела позвонка в более 50 % случаев применение пункционных методов не показано [12].

Цель работы — сравнить результаты хирургического лечения неосложненных переломов грудного и поясничного отделов позвоночника типа А по классификации АО с компрессией тела более 50 % у пациентов пожилого и старческого возраста при использовании методик открытой и чрескожной транспедикулярной фиксации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В клинике хирургии позвоночника ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского» за период с 2015 по 2019 год были прооперированы 40 пациентов старше 60 лет с неосложненными изолированными переломами позвонков грудопоясничного отдела типа А при наличии показаний для транспедикулярной фиксации (снижение высоты тела позвонка > 50 %, локальный кифоз > 30°, нестабильный характер перелома).

Критерии исключения: патологические переломы, пациенты с сочетанной травмой, множественные переломы, наличие показаний к декомпрессии позвоночного канала, сколиотическая деформация позвоночника более 10°.

Дооперационное обследование включало рентгенографию, компьютерную и магнитно-резонансную томографию поврежденного

отдела позвоночника, установление вида перелома по классификации АО и планирование вида операции.

Исследование соответствует Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» (2013) и «Правилам клинической практики в Российской Федерации», утвержденным Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266. Все лица, участвующие в исследовании, дали информированное согласие на участие в исследовании.

Деление пациентов на группы происходило случайным образом. Пациентам основной группы (n = 24) выполнялась малоинвазивная чрескожная транспедикулярная фиксация. В контрольной группе (n = 16) проводили классическую открытую транспедикулярную фиксацию.

Результаты оценивались по уровню послеоперационной боли по визуально-аналоговой шкале боли (ВАШ) от 0 до 10 баллов через 3, 24, 72 часа, 14 дней, 8 недель, 6, 12 и 24 месяца после операции. Уровень боли по ВАШ 0-1 оценивался как отличный результат, 2-3 — хороший, 4-5 — удовлетворительный, 5 и более — неудовлетворительный результат. Дополнительно оценивались время операции, интраоперационная кровопотеря, средний койко-день, срок первой активизации пациента.

Статистические данные исследования представлены в виде среднего значения и стандартного отклонения ($M \pm \sigma$) при нормальном распределении и как медиана Me (10-90 процентилей) при ненормальном распределении. Соответствие распределения нормальному оценивали с помощью критерия Шапиро—Уилка. Обработка результатов выполнена методами вариационной статистики с использованием t-критерия Стьюдента при нормальном распределении исследуемого признака и U-критерия Манна—Уитни, когда распределение отличается от нормального.

Различия считали статистически значимыми при уровне $p < 0,05$.

Средний возраст пациентов составил $70,3 \pm 3,8$ лет. Статистически значимых различий по возрасту между основной и контрольной группами ($70,2 \pm 4,0$ и $70,5 \pm 3,6$ лет соответственно) выявлено не было ($p > 0,05$).

Средний балл по ВАШ до операции составил $4,8 \pm 1,1$ балла — это боль средней интенсивности.

Операции проводились с использованием стандартных протоколов. Пациентам осуществлялась следующая предоперационная подготовка: вечером накануне операции феназепам 10 мг перорально, за 30 минут до операции мидазолам 5 мг внутримышечно. Индукция анестезии: атропин — 6-10 мкг/кг, пропофол — 0,9 мг/кг; фентанил — 2,3 мкг/кг; дексаметазон — 8 мг. После введения миорелаксанта (цисатракурия бензилат 0,2 мг/кг) перевод на ИВЛ в режиме PCV-PS, дыхательный объем — 10 мл/кг, ЧДД — 8-10 в 1 минуту, следуя показателям капнографа $etCO_2$ — 30-35 мм рт. ст., FiO_2 — 0,5, севофлуран (низкопоточная анестезия — 0,6 л/мин) — 1,5 МАК. Инфузионную терапию во время операции проводили кристаллоидными растворами 5 мл/кг/ч. Поддерживающая доза релаксанта — 0,15 мг/кг (по требованию 40-75 мин), фентанила — 3 мкг/кг/ч; последнее введение за 40 минут до окончания операции. За 15 минут до окончания операции

вводился ондансетрон — 8 мг, метоклопрамид — 10 мг, трамадол — 100 мг, кетопрофен — 100 мг. Выполнялось двустороннее транспедикулярное введение 4 винтов диаметром 6,5 мм в тела позвонков выше и ниже сломанного. В конце операции проводилась инфильтрация раны 0,2 %-ным раствором ропивакаина. Все операции проводились под контролем рентгеновской установки с возможностью 3D-моделирования с двумя мониторами и электронно-оптическим преобразователем, что позволило избежать осложнений, связанных с неправильной постановкой винтов.

Пациентам контрольной группы до 48 часов после операции проводилась активное дренирование послеоперационной раны. Анальгезия проводилась медперсоналом 2-3 раза в день. Дополнительная ортопедическая поддержка в виде корсетов не требовалась. Всем пациентам проводилась профилактика тромбоэмболических осложнений в виде эластичной компрессии нижних конечностей и назначения антикоагулянтов до момента выписки из стационара. Двум пациентам из контрольной группы и трем пациентам из основной группы кардиохирургом-аритмологом непосредственно перед операцией был имплантирован временный эндокардиальный биполярный электрод для проведения кардиостимуляции в связи с наличием полной АВ-блокады, АВ-блокады 2 ст., Mobitz II и гемодинамически значимой бра-

дикардией с синкопальными приступами.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В периоперационном периоде в обеих группах осложнений не было. Четверым пациентам из контрольной группы (25 %) проводилась гемотрансфузия эритроцитарной взвеси в связи с развитием постгеморрагической анемии. На контрольных послеоперационных рентгенограммах позвоночника отмечалось корректное положение транспедикулярных винтов в обеих группах в течение всего периода наблюдения пациентов.

В течение первых суток после операции достоверного различия в уровне боли не выявлено: $0,7 \pm 0,2$ балла у пациентов основной группы и $1,2 \pm 0,09$ балла — в контрольной ($p > 0,05$). После активизации отмечается увеличение уровня боли в основной группе до $3,3 \pm 1,0$ балла, в контрольной группе — до $4,3 \pm 1,4$ балла ($p < 0,05$). К моменту выписки из стационара уровень боли в основной группе составил $1,3 \pm 0,8$ балла, в контрольной — $1,8 \pm 0,5$ балла ($p < 0,05$). В раннем послеоперационном периоде пациентам обеих групп разрешалось ходить, сидеть без ограничений. Для профилактики избыточного образования рубцовой ткани в послеоперационной ране в течение 6 недель пациентам ограничивали флекссионные и торсионные движения в позвоночнике. Пациентам через 6 недель после операции разре-

Таблица 1
Характеристика пациентов до операции
Table 1
Characteristics of patients before surgery

		Всего Total		Основная группа Main group		Контрольная группа Control group	
		n	%	n	%	n	%
Пол Gender	M / M	14	35	6	37.5	8	33.3
	Ж / F	26	65	10	62.5	16	66.7
Уровень сломанного позвонка Vertebral fracture level	Th10	2	5	-	-	2	8.3
	Th11	2	5	-	-	2	8.3
	Th12	2	5	-	-	2	8.3
	L1	26	65	12	75	14	58.3
	L2	8	20	4	25	4	16.6
Тип перелома по классификации AO/ASIF Fracture type according to AO/ASIF classification	A1/A2	15	37.5	5	31.3	10	41.7
	A3/A4	25	62.5	11	68.7	14	58.3

шалось приступать к активной реабилитации: плавание в бассейне, ЛФК на укрепление мышц спины и брюшного пресса, и к 8 неделям отмечалось значительное увеличение уровня боли у пациентов контрольной группы до $3,1 \pm 1,0$ балла, тогда как у пациентов основной группы показатели практически не менялись: $1,5 \pm 0,2$ балла ($p < 0,05$). К шестому месяцу уровень боли у пациентов основной группы составил $0,8 \pm 0,7$ балла, контрольной – $1,3 \pm 0,6$ балла ($p < 0,05$).

У пациентов основной группы на 55 % сокращается время оперативного вмешательства: $98,5 \pm 37,2$ мин в основной, $167,5 \pm 27,9$ мин ($p < 0,05$) в контрольной группе. Объем интраоперационной кровопотери в двух группах составил $63,9 \pm 20,5$ мл и $512,5 \pm 214,1$ мл ($p < 0,05$) соответственно. На 3 суток уменьшается средний койко-день: $4,4 \pm 1,0$ суток – в основной группе, $7,4 \pm 2,4$ суток – в контрольной ($p < 0,05$), на 38 часов раньше происходит активизация: пациенты основной группы активизируются через $21,1 \pm 6,9$ часа, пациенты контрольной – через $59,4 \pm 19,8$ часов ($p < 0,05$).

ОБСУЖДЕНИЕ

Хирургическое лечение переломов грудного отдела позвоночника традиционно выполня-

лось в основном открытым срединным доступом с фиксацией перелома транспедикулярной системой винт-стержень с формированием заднего костного спондилодеза [13]. Чрескожная транспедикулярная фиксация, которая изначально использовалась для лечения дегенеративных заболеваний позвоночника, была внедрена как альтернатива лечению грудного отдела позвоночника [14]. Она ассоциируется с меньшей интраоперационной кровопотерей, послеоперационной болью и повреждением паравертебральных мышц [15]. Однако лучевая экспозиция и затраты на операцию выше [16].

Разница между традиционной открытой и чрескожной минимально инвазивной хирургией при лечении переломов грудного отдела остается спорной – в метаанализах и систематических обзорах сообщалось о нескольких рандомизированных исследованиях. Так, например, в метаанализе представлены только четыре рандомизированных исследования, демонстрирующих лучшие функциональные и радиологические результаты чрескожного доступа, чем при долгосрочном открытом доступе [9]. При транспедикулярной фиксации не может быть выполнен спондилодез, тем не менее, сходные клинические и рентгено-

логические результаты были получены при использовании спондилодеза и без него [17].

Также сообщалось о меньшей травматичности, меньшем кровотечении, более короткой продолжительности операции, быстром послеоперационном восстановлении, меньшей боли и снижении затрат при транспедикулярной фиксации [18], что схоже с результатами, полученными в нашем исследовании.

Недавно чрескожная задняя фиксация грудного отдела позвоночника была внедрена в качестве альтернативы традиционной открытой задней фиксации. Чрескожный доступ продемонстрировал лучшие показатели при анализе клинических и рентгенологических результатов, чем открытый доступ, и даже снизил частоту осложнений [19].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оптимальным вариантом оперативного лечения пожилых пациентов при изолированных неосложненных переломах тел грудных и поясничных позвонков типа А по классификации АО является малоинвазивная чрескожная транспедикулярная фиксация. Выбор этой методики позволяет сократить время наркоза, уменьшить объем кровопотери и назначение анальгетиков в послеоперационном периоде, что важно с учетом коморбидности

Таблица 2
Оценка уровня боли по ВАШ в послеоперационном периоде
Table 2
Postsurgical pain according to VAS

Время после операции Time after surgery	ВАШ (среднее количество баллов) VAS (meanscore)		
	Основная группа Main group (n = 24)	Контрольная группа Control group (n = 16)	Уровень значимости Significance level, p
3 часа / 3 hours (M ± σ)	0.7 ± 0.2	1.2 ± 0.9	0.09
24 часа / 24 hours (M ± σ)	3.3 ± 1.0*	4.3 ± 1.4	0.01
72 часа / 72 hours (M ± σ)	2.3 ± 0.9*	3.6 ± 0.9	0.00005
14 дней / 14 days (M ± σ)	1.3 ± 0.8*	1.8 ± 0.5	0.03
8 недель / 8 weeks (M ± σ)	1.5 ± 0.7*	3.1 ± 1.0	0.000001
6 месяцев / 6 months (M ± σ)	0.8 ± 0.7*	1.3 ± 0.6	0.02
12 месяцев (Me (10-90 процентиль)) 12 months (Me (10-90 percentile))	0.3 (0-1)	0.5 (0-1)	0.38
24 месяца (Me (10-90 процентиль)) 24 months (Me (10-90 percentile))	0.3(0-1)	0.5 (0-1)	0.27

Примечание: * – статистически значимое отличие от группы контроля, $p < 0,05$.

Note: * – statistically significant difference from the control group, $p < 0.05$.

Таблица 3
Дополнительные периоперационные показатели
Table 3
Additional perioperative indicators

Показатель Value	Основная группа Main group (n = 24)	Контрольная группа Control group (n = 16)	Уровень значимости Significance level, p
Среднее время операции, мин Average surgery time, min (M ± σ)	98.5 ± 37.2*	167.5 ± 27.9	< 0.00001
Средняя кровопотеря, мл Average blood loss, ml (M ± σ)	63.9 ± 20.5*	512.5 ± 214.1	< 0.00001
Средний койко-день, сут. Average bed-day, days (M ± σ)	4.4 ± 1.0*	7.4 ± 2.4	0.000002
Активизация, ч Activation, h (M ± σ)	21.1 ± 6.9*	59.4 ± 19.8	< 0.00001

Примечание: * – статистически значимое отличие от группы контроля, p < 0,05.

Note: * – statistically significant difference from the control group, p < 0.05.

пациентов данной группы и необходимости приема антикоагулянтов для профилактики тромбоэмболических осложнений.

Эти факторы в совокупности с сокращением койко-дня приводят к уменьшению затрат на одного пациента. Отсутствие необходимости установки послеоперационного дренажа и снижение уровня боли вследствие уменьшения

операционной травмы мышц дает возможность более ранней активизации, что уменьшает вероятность возникновения гипостатических осложнений. Мы считаем, что с учетом более низкой комплаентности пациентов старшей возрастной группы при выполнении указаний врача по лечению данных видов переломов консервативно необходимо более активно применять ме-

тодики малоинвазивной фиксации позвонков.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтных интересов, связанных с публикацией данной статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

- Kochhar R, Oates R. Attitudes about aging: a global perspective in a rapidly Graying World, Japanese Are Worried, Americans aren't. 2014. p. 68.
- Spaniolas K, Cheng JD, Gestring ML, Sangosanya AS, Nicole A, Bankey PE. Ground level falls are associated with significant mortality in elderly patients. *J Trauma -Inj Infect. Crit Care*. 2010; 69(4): 821-824.
- Aganesev AG, Kheilo AL, Aleksanyan MM, Makarov SA. Surgical treatment of spine injuries. *Pirogov Russian Journal of Surgery*. 2018; (7): 37-40. Russian (Аганесов А.Г., Хейло А.Л., Алексанян М.М., Макаров С.А. Хирургическое лечение повреждений позвоночника //Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2018. № 7. С. 37-40.)
- Defino HLA, Costa HRT, Nunes AA, Barbosa MN, Romero V. Open versus minimally invasive percutaneous surgery for surgical treatment of thoracolumbar spine fractures - a multicenter randomized controlled trial: study protocol. *BMC Musculoskelet Disord*. 2019; 20(1): 1-7.
- Öner F, Wood K, Smith J, Shaffrey C. Therapeutic decision making in thoracolumbar spine trauma. *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 2010; 35(21): 235-244.
- Caruso G, Lombardi E, Andreotti M, Lorusso V, Gildone A, Padovani S, et al. Minimally invasive fixation techniques for thoracolumbar fractures: comparison between percutaneous pedicle screw with intermediate screw (PPSIS) and percutaneous pedicle screw with kyphoplasty (PPSK). *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2018; 28(5): 849-858. doi: 10.1007/s00590-018-2122-1
- Scheer JK, Bakhsheshian J, Fakurnejad S, Oh T, Dahdaleh NS, Smith ZA. Evidence-based medicine of traumatic thoracolumbar burst fractures: a systematic review of operative management across 20 years. *Global Spine J*. 2015; 5(1): 73-82. doi: 10.1055/s-0034-1396047
- Slinyakov LYu, Chernyaev AV, Lipina MM, Kalinskiy EB, Simonyan AG. Percutaneous methods of spinal stabilization in elderly and senile patients with associated injuries. *Polytrauma*. 2018; (4): 31-36. Russian (Слиняков Л.Ю. Черняев А.В. Липина М.М. Калинин Е.Б. Симонян А.Г. Перкутаные методики стабилизации //Политравма. 2018. № 4. С. 31-36.)
- Sun XY, Zhang XN, Hai Y. Percutaneous versus traditional and paraspinal posterior open approaches for treatment of thoracolumbar fractures without neurologic deficit: a meta-analysis. *Eur Spine J*. 2017; 26(5): 1418-1431.
- Phan K, Rao PJ, Mobbs RJ. Percutaneous versus open pedicle screw fixation for treatment of thoracolumbar fractures: systematic review and meta-analysis of comparative studies. *Clin Neurol Neurosurg*. 2015; 135: 85-92.
- Zairi F, Court C, Tropiano P, Charles YP, Tonetti J, Fuentes S, et al. Minimally invasive management of thoraco-lumbar fractures: combined percutaneous fixation and balloon kyphoplasty. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2012; 98(6 Suppl): S105-S111. doi: 10.1016/j.otsr.2012.06.004

12. Krylov VV, Grin AA, Lutsyk AA, Parfenov VE, Dulaev AK, Manukovskiy VA. An advisory protocol for treatment of acute complicated and uncomplicated spinal cord injury in adults. Part 3 /Association of neurosurgeons of the Russian Federation. *N.N. Burdenko Journal of Neurosurgery Issues*. 2015; 79(2): 97-110. Russian (Крылов В.В., Гринь А.А., Луцик А.А., Парфенов В.Е., Дулаев А.К., Мануковский В.А. Рекомендательный протокол лечения острой осложненной и неосложненной травмы позвоночника у взрослых. Часть 3 /Ассоциация нейрохирургов РФ //Журнал Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. 2015. Т. 79, № 2. С. 97-110.)
13. Alvine GF, Swain JM, Asher MA, Burton DC. Treatment of thoracolumbar burst fractures with variable screw placement or Isola instrumentation and arthrodesis: case series and literature review. *J Spinal Disord Tech*. 2004; 17(4): 251-264.
14. Barbagallo GMV, Raudino G, Visocchi M, Alobaid AA, Al-Mutair AA, Naveen T, Certo F. Restoration of thoracolumbar spine stability and alignment in elderly patients using minimally invasive spine surgery (MISS). A safe and feasible option in degenerative and traumatic spine diseases. *Acta Neurochir Suppl*. 2017; 124: 69-74.
15. Wang B, Fan Y, Dong J, Wang H, Wang F, Liu Z, et al. A retrospective study comparing percutaneous and open pedicle screw fixation for thoracolumbar fractures with spinal injuries. *Medicine (United States)*. 2017; 96(38): e8104.
16. Fan S, Hu Z, Zhao F, Zhao X, Huang Y, Fang X. Multifidus muscle changes and clinical effects of one-level posterior lumbar interbody fusion: minimally invasive procedure versus conventional open approach. *Eur Spine J*. 2010; 19(2): 316-324.
17. Tian NF, Wu YS, Zhang XL, Wu XL, Chi YL, Mao FM. Fusion versus nonfusion for surgically treated thoracolumbar burst fractures: a meta-analysis. *PLoS One*. 2013; 8(5): 63995.
18. Han G, He C, Shao L. Analysis on curative effect of percutaneous minimally invasive spinal internal fixation with pedicle screw rod system for thoracolumbar fracture. *Biomedical Research (India)*. 2017; 28(15): 6848-6851.
19. Kreinest M, Rillig J, Grütznert PA, Küffer M, Tinelli M, Matschke S. Analysis of complications and perioperative data after open or percutaneous dorsal instrumentation following traumatic spinal fracture of the thoracic and lumbar spine: a retrospective cohort study including 491 patients. *Eur Spine J*. 2017; 26(5): 1535-1540.

Сведения об авторах:

Макаров С.А., врач травматолог-ортопед, научный сотрудник отделения хирургии позвоночника, НКЦ № 2, ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского», г. Москва, Россия.

Аганесов А.Г., д.м.н., профессор, заведующий отделением хирургии позвоночника, НКЦ № 2, ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского», г. Москва, Россия.

Алексян М.М., к.м.н., врач травматолог-ортопед, старший научный сотрудник отделения хирургии позвоночника, НКЦ № 2, ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского», г. Москва, Россия.

Микаелян К.П., к.м.н., врач анестезиолог-реаниматолог, НКЦ № 1, ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского», г. Москва, Россия.

Адрес для переписки:

Макаров Сергей Александрович, Абрикосовский пер., 2, г. Москва, Россия, 119991
Тел: +7 (926) 597-90-39
E-mail: makarov.spine@gmail.com

Статья поступила в редакцию: 10.01.2023

Рецензирование пройдено: 20.01.2023

Подписано в печать: 01.03.2023

Information about authors:

Makarov S.A., traumatologist-orthopedist, researcher of spinal surgery unit, Scientific Clinical Center No. 2, Russian Research Center of Surgery named after academician B.V. Petrovsky, Moscow, Russia.

Aganesov A.G., MD, PhD, professor, chief of spinal surgery unit, Scientific Clinical Center No. 2, Russian Research Center of Surgery named after academician B.V. Petrovsky, Moscow, Russia.

Aleksanyan M.M., candidate of medical sciences, traumatologist-orthopedist, senior researcher of spinal surgery unit, Scientific Clinical Center No. 2, Russian Research Center of Surgery named after academician B.V. Petrovsky, Moscow, Russia.

Mikaelyan K.P., candidate of medical sciences, anesthesiologist-resuscitator, Scientific Clinical Center No. 1, Russian Research Center of Surgery named after academician B.V. Petrovsky, Moscow, Russia.

Address for correspondence:

Makarov Sergey Alexandrovich, Abrikosovskiy Pereulok, 2, Moscow, Russia, 119991
Tel: +7 (926) 597-90-39
E-mail: makarov.spine@gmail.com

Received: 10.01.2023

Review completed: 20.01.2023

Passed for printing: 01.03.2023