

УДК

3.1.8 Травматология и ортопедия

DOI: 10.37903/vsgma.2023.1.17 EDN: OBLFRI

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ МЕТАСТАТИЧЕСКИХ ПОРАЖЕНИЙ ПОЗВОНОЧНИКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТРЁХМЕРНОЙ ЭНДОСКОПИЧЕСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ© **Ивлиев Д.С.^{1,2}, Овсянкин А.В.^{1,2}, Балаев П.И.³, Люлин С.В.⁴, Бурцев А.В.⁵***Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования, 214031, Смоленск, пр-т Строителей, 29*²*Смоленский государственный медицинский университет, 214019, Смоленск, ул. Крупской, 28*³*Уральский государственный медицинский университет, 620028, Екатеринбург, ул. Репина, 3*⁴*Медицинский центр Кармель, 454080, Челябинск, ул. Татьянической, 14Б*⁵*Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. академика Г.А. Илизарова, 640014, Курган, ул. М. Ульяновой, 6**Резюме*

Цель. Оценить эффективность применения трёхмерной эндоскопической визуализации при хирургическом лечении пациентов с метастазами в позвоночник.

Методика. Хирургическое лечение заключалось в стабилизации пораженного отдела позвоночника транспедикулярной системой по общепринятой методике и удалении пораженного опухолью заднего отдела позвонка, далее осуществлялось удаление передней части позвонка и декомпрессии спинного мозга с использованием малоинвазивной техники и трёхмерной эндоскопической визуализации. Эффективность хирургического лечения оценивалась по результатам анализа значений шкал SF-36 и VAS.

Результаты. В послеоперационном периоде по результатам анализа шкалы SF-36 установлено улучшение по всем параметрам, кроме GH, где ухудшение связано с прогрессированием онкологического процесса. Также установлено существенное снижение интенсивности боли. Кроме этого, метод позволяет уменьшить кровопотерю и минимизировать хирургическую травму, что подтверждается отсутствием изменений в значениях шкалы Karnovsky.

Заключение. Менее инвазивное и малотравматичное хирургическое лечение перспективно для пациентов с метастазами в позвоночник. Мультидисциплинарный подход, в свою очередь, обеспечивает контроль опухоли с помощью лучевой и химиотерапии и, как следствие, увеличение продолжительности жизни пациентов.

Ключевые слова: позвоночник, нестабильность, метастазы, качество жизни, трёхмерная эндоскопия

SURGICAL TREATMENT OF METASTATIC LESIONS OF THE SPINE USING THREE-DIMENSIONAL ENDOSCOPIC IMAGINGIvliev D.S.^{1,2}, Ovsyankin A.V.^{1,2}, Balaev P.I.³, Lyulin S.V.⁴, Burtsev A.V.⁵¹*Federal Center for Traumatology, Orthopedics and Endoprosthesis, 29, Stroiteley Ave., 214031, Smolensk, Russia*²*Smolensk State Medical University, 28, Krupskoj St., 214019, Smolensk, Russia*³*Ural State Medical University, 3, Repina St. 620028, Yekaterinburg, Russia*⁴*Medical Center Carmel, 14b, Tatyaniicheva St., 454080, Chelyabinsk, Russia*⁵*National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics named after G.A. Ilizarov, 6, M. Ulyanova St., 640014, Kurgan, Russia**Abstract*

Objective. To evaluate the effectiveness of three-dimensional endoscopic visualization in the surgical treatment for patients with spinal metastases.

Methods. Surgical treatment included pedicular screw fixation of the affected vertebra according to usual technique and removal of the tumor-affected posterior part of the vertebra, followed by removal of the

anterior part of the vertebra and decompression of the spinal cord using minimally invasive techniques and three-dimensional endoscopic imaging. The effectiveness of surgical treatment was assessed by the results of the analysis of the values of the SF-36 and VAS scales.

Results. During the post-operative period, according to the results of the analysis of the SF-36 scale, an improvement was found in all parameters, except for GH, where the deterioration was associated with the progression of the oncological process. A significant reduction in pain intensity was also found. In addition, the method allows to reduce blood loss and surgical trauma, which is confirmed by the absence in the values of the Karnovsky performance scale.

Conclusions. Less invasive and less traumatic surgical treatment is appropriate for patients with spinal metastases. The multidisciplinary approach provides tumor control with the help of radiotherapy and chemotherapy and, as a result, an increase in the life expectancy of patients.

Keywords: spine, instability, metastases, quality of life, three-dimensional endoscopy

Введение

Метастазирование опухоли в позвоночник является распространённой проблемой онкологических пациентов [8]. Грудной отдел позвоночника является наиболее частой локализацией спинальных метастазов (60%), за ним следуют пояснично-крестцовый (30%) и шейный (10%) отделы. Наиболее склонны к поражению лица в возрасте 40-65 лет, причём прогноз в значительной степени зависит от гистологической структуры первичной опухоли [4]. Метастатическое поражение позвоночника значительно отягощает течение болезни, ухудшает качество жизни за счет болевого синдрома, патологических переломов, развития сопутствующей неврологической симптоматики, расстройств двигательной функции, возникновения гиперкальциемии. Разработка и выбор наиболее предпочтительного метода хирургического лечения подразумевает решение проблемы адекватного восстановления опорной функции позвоночника, проводниковой функции спинного мозга, минимизации хирургической травмы, сокращения сроков послеоперационной реабилитации, уменьшения или устранения болевого синдрома, что позволяет заметно улучшить качество жизни пациентов, сохранить их мобильность и преимущество к специальному противоопухолевому лечению [1].

В мировой ортопедической практике имеются публикации о малоинвазивных оперативных вмешательствах при онкологической патологии позвоночника с применением эндоскопических технологий [2, 10, 11]. Классическим вариантом визуализации является двухмерная технология. Она имеет недостатки, связанные с отсутствием глубины изображения, отсутствием стереоэффекта, и как следствие объёмного восприятия операционного поля, что осложняет полноценное удаление опухоли, снижает эффективность декомпрессии, повышает интра- и послеоперационные риски осложнений [16]. Однако, в то же время разрабатываются способы удаления опухолей позвоночника с использованием трёхмерной визуализации, имеющей ряд преимуществ [9]. Малотравматичный характер разрабатываемых методов позволяет применять их у более широкого круга больных. Оптимально выполненная декомпрессивно-стабилизирующая операция, с применением такой визуализации, дает возможность восстановить стабильность позвоночника, сохранить и улучшить двигательную функцию, устранить боль, обеспечить удовлетворительное качество жизни [13]. Следовательно, оптимизация хирургического лечения таких больных путём внедрения трёхмерных эндоскопических вмешательств является целесообразной и перспективной.

Цель исследования – оценить эффективность применения трёхмерной эндоскопической визуализации при хирургическом лечении пациентов с метастазами в позвоночник.

Методика

Исследование представляет ретроспективный обзор, основанный на проспективной базе данных 33 пациентов, прооперированных в период с ноября 2017 г. по декабрь 2019 г. в ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова» МЗ РФ. Демографические данные представлены на рис. 1 и 2, данные о локализации первичного очага опухоли представлены на рис. 3. У всех пациентов проводилась гистоверификация первичного очага опухоли.

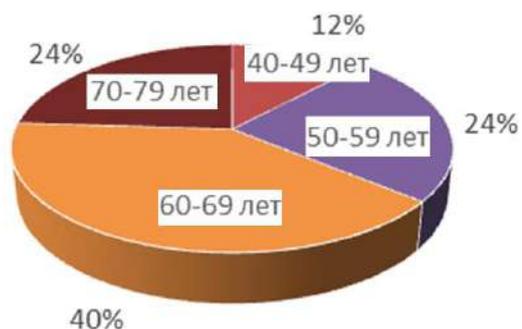
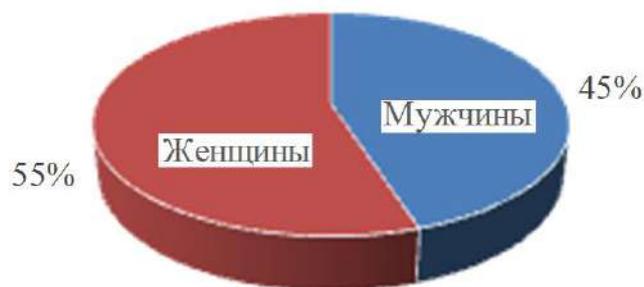


Рис. 1. Распределение больных по полу.

Рис 2. Распределение больных по возрасту



Рис. 3. Распределение больных по локализации первичного онкологического очага

Для оценки предоперационного состояния пациентов и планирования хирургического лечения использованы следующие методы исследования: МСКТ, МРТ, значения шкалы SINS [7]. Общее состояние каждого пациента оценивалось по шкале Karnovsky (рис. 4).

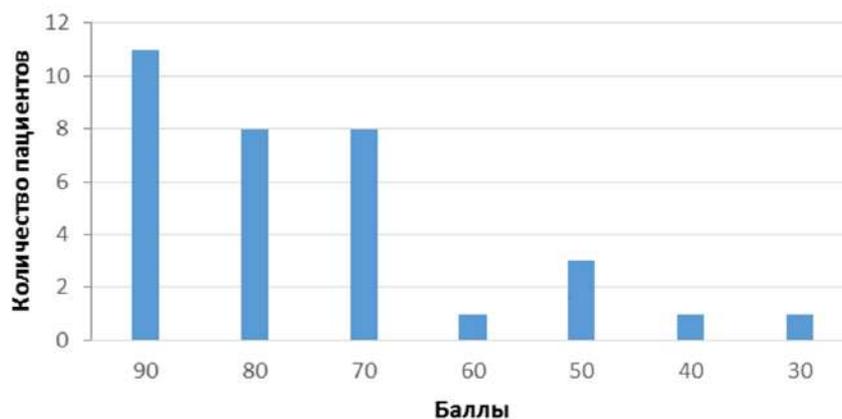


Рис. 4. Распределение пациентов по шкале Karnovsky

Как видно из диаграммы, преобладали больные с индексом 70 и более по шкале Karnovsky – 27 (82%), что соответствует удовлетворительному общему состоянию с нормальной физической активностью и состоянию средней тяжести, при котором наблюдается ограничение нормальной активности при сохранении полной независимости больного [17]. При низких показателях данного индекса у 6 (18%) пациентов проводилась дополнительная предоперационная подготовка.

Для комплексной оценки качества жизни пациентов применялся универсальный опросник SF-36 [18]. Нормальные значения отсутствовали во всех шкалах. Как видно из диаграммы, представленной на рис. 5, снижение значений наблюдалось по всем 8 шкалам.

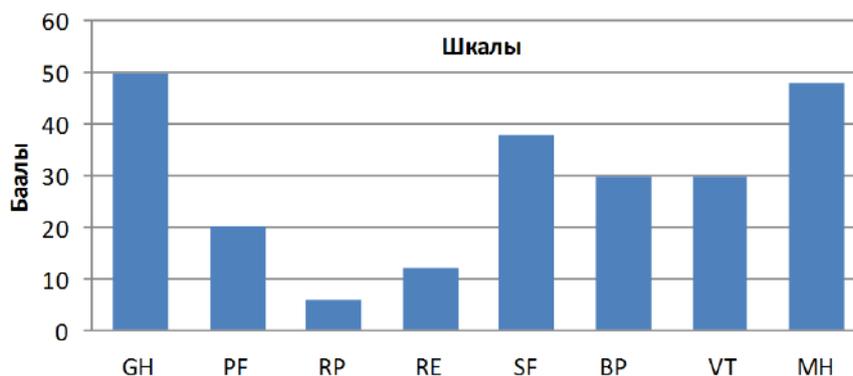


Рис. 5. Оценка качества жизни по опроснику SF-36

Дополнительно в данном исследовании с целью оценки интенсивности боли использовалась модифицированная визуально-аналоговая шкала (VAS), в которой интенсивность боли определяется также различными оттенками цветов (рис. 6) [3].



Рис. 6. Модифицированная визуально-аналоговая шкала боли

Среднее значение интенсивности боли по VAS до хирургического лечения составляло 6,6 баллов из 10 возможных. Также регистрировались продолжительность операции, кровопотеря и длительность госпитализации.

Статистическая обработка полученных данных выполнялась при помощи пакета программ Microsoft Excel 2016 и Statistica-10. Описательная статистика для количественных данных приведена в виде абсолютных значений, долей, медиан, 25-го и 75-го квантилей (Me [Q25; Q75]). Статистическая значимость различий оценок по шкалам до и после оперативного лечения проводилась с использованием W-критерия Вилкоксона. Различия признавались статистически значимыми при значении $p < 0,05$.

Критерии включения: в исследование были включены 33 пациента с метастатическими поражениями грудного отдела позвоночника, которые соответствовали следующим критериям: возраст >18 лет, отсутствие ранее проведённых операций на позвоночнике, без клинических и лучевых признаков инфекции. Во всех случаях показанием к хирургическому лечению была спинальная нестабильность (включая потенциальную нестабильность), оцененная при помощи шкалы SINS и/или КТ-признаки патологического перелома тела поражённого опухолью позвонка с различной степенью миелокомпрессии по данным МРТ. Объём хирургического вмешательства соответствовал количеству уровней компрессии спинного мозга. Боль, обусловленная нестабильностью позвоночника, присутствовала во всех случаях.

Пациенты младше 18 лет, с первичными костными опухолями, метастазами в шейный и поясничный отделы позвоночника, а также пациенты с противопоказаниями к радио-,

химиотерапии и хирургическому лечению (анемия менее 60 г/л, локальная инфекция, дыхательная недостаточность, наличие коагулопатий, пролежней и тромбозов сосудов конечностей, ожирение с индексом массы тела более 40 кг/м²) были исключены из исследования.

Хирургическое лечение, направленное на стабилизацию позвоночника и декомпрессию спинного мозга, проводилось из двух доступов. Одномоментные декомпрессивно-стабилизирующие вмешательства из дорсального и трансторакального доступов были проведены 11 (33%) пациентам. В остальных 22 (67%) случаях хирургическое лечение разделялось на два этапа: дорсальная декомпрессия и стабилизация, спустя неделю — трансторакальная декомпрессия и стабилизация. Во время дорсального этапа осуществлялась стабилизация пораженного отдела позвоночника транспедикулярной системой по общепринятой методике и проводилось удаление пораженных опухолью задних отделов одного или нескольких позвонков. Вторым этапом осуществлялось удаление передней части позвонка с выполнением полноценной трансторакальной декомпрессии с использованием малоинвазивной техники и трёхмерной эндоскопической визуализации (рис. 7 и 8).



Рис. 7. Опухоль удалена, в пострезекционный дефект видна ТМО



Рис. 8. Подготовка межтелового имплантата к установке в пострезекционный дефект

В послеоперационном периоде осуществлялся рентгенологический контроль установки имплантата (рис. 9).



Рис. 9. Послеоперационный рентгенологический контроль позиционирования межтелового имплантата

Особенностью данной технологии является передача изображения от объекта двумя оптическими каналами эндостереоскопа с последующей цифровой обработкой. В результате на 3D-мониторе отображается пространственное изображение, содержащее в себе информацию от двух видеокамер, которое является настоящим 3D-изображением. При использовании поляризационных 3D-очков головной мозг оперирующих хирургов анализирует полученную информацию и создает стереоизображение, тем самым формируя у хирургов естественное пространственное ощущение. После выписки из хирургического стационара пациентам проводилось медикаментозное лечение у онколога, включая химио- и лучевую терапию с учётом междисциплинарного подхода к лечению. Все пациенты наблюдались в течение не менее 12 месяцев после хирургического лечения, кроме летальных случаев ранее 12 месяцев.

Результаты исследования и их обсуждение

В течение 12 месяцев наблюдения все пациенты, перенесшие хирургическое лечение, соответствовали критериям включения. К концу периода исследования и обработки данных (середина 2020 г.) умерло 15 (45%) пациентов. Трёхмесячная летальность отмечалась у 5 (16%) человек, 10 (31%) больных пережили годовой рубеж. Продолжительность задней декомпрессии и транспедикулярной фиксации в нашем исследовании составила 144 ± 63 минуты, трансторакального вмешательства 119 ± 30 минут. По литературным данным, продолжительность дорзального этапа составляла от 138 ± 49 до 200 минут [14, 19]. Длительность торакоскопического этапа по данным литературы составляла в среднем 234 минуты [15]. В то же время для проведения открытой миниторакотомии обычно требуется 175 ± 38 минут [5].

При выполнении дорзального этапа в ходе нашего исследования кровопотеря составила 344 ± 196 мл и 462 ± 374 мл при выполнении торакоскопического. Соответственно, по данным других авторов, дорзальный этап сопровождается кровопотерей от 400 до 900 мл [14], торакоскопический – 613 мл [15], а кровопотеря при открытой миниторакотомии составляет 1058 ± 263 мл [5].

В послеоперационном периоде по результатам анализа шкалы SF-36 установлено улучшение по всем параметрам, кроме GH, где ухудшение связано с прогрессированием онкологического процесса [6]. Динамика показателей качества жизни пациентов через 6 месяцев в сравнении с результатами исследований других авторов (M. Fehlings и соавт.), [6] отражена в табл. 1.

Как видно из таблицы, в послеоперационном периоде произошло улучшение следующих параметров: физическое функционирование (PF) – улучшение от предоперационного значения спустя 6 месяцев на 43%; ролевое функционирование, обусловленное физическим состоянием (RP) – улучшение на 80% и ролевое функционирование, обусловленное эмоциональным состоянием (RE) – на 66% соответственно; SF – социальное функционирование на 31%; а также боль в теле (BP) на 37,5%; улучшение показателей по критериям жизнеспособность (VT) и психическое здоровье (MH) на 15% и 14% соответственно. Таким образом, результаты

исследования свидетельствуют об улучшении качества жизни после данного вида хирургического лечения.

Таблица 1. Сравнительная динамика показателей качества жизни SF-36 через 6 месяцев после операции

Шкала	Результаты нашего исследования		Изменение, %	Результаты исследования Fehlings et al.		Изменение, %
	до операции	через 6 мес.		до операции	через 6 мес.	
GH	50	37	↓ 26%	43	40	↓ 7%
PF	20	35	↑ 43%	30	34	↑ 12%
RP	6	30	↑ 80%	30	33	↑ 9%
RE	12	35	↑ 66%	37	45	↑ 18%
SF	38	55	↑ 31%	31	40	↑ 22,5%
BP	30	48	↑ 37,5%	30	41	↑ 27%
VT	30	35	↑ 15%	43	46	↑ 7%
MH	48	55	↑ 14%	43	50	↑ 14%

Примечание: GH – общее здоровье; PF – физическое функционирование; RP – ролевое функционирование, обусловленное физическим состоянием; RE – ролевое функционирование, обусловленное эмоциональным состоянием; социальное функционирование (SF); BP – боль в теле; VT – жизнеспособность; MH – психическое здоровье

Также проводился анализ интенсивности болевого синдрома в послеоперационном периоде. Динамика изменения интенсивности боли показана на рис. 10.

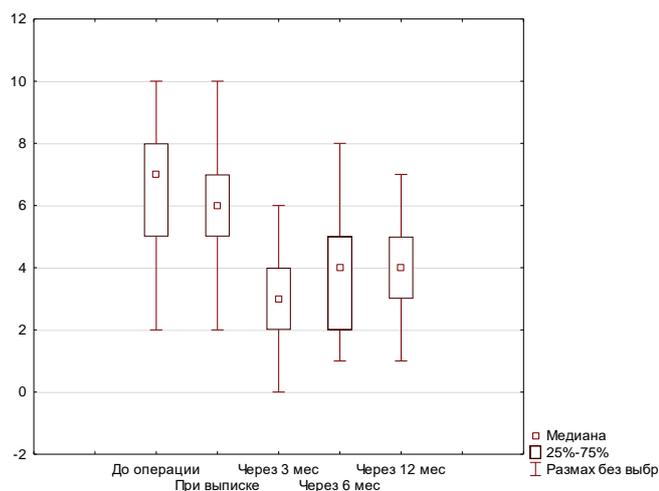


Рис. 10. Динамика болевого синдрома по VAS до и после операции

Как видно из рисунка, произошло существенное снижение интенсивности боли. Средние значения VAS при выписке, через 3, 6 и 12 месяцев после операции, составили 5,9 (диапазон 2-8), 3,2 (диапазон 0-7), 4,2 (диапазон 1-6) и 4,5 (диапазон 2-6) соответственно. Максимальное снижение боли наблюдалось через 3 месяца после хирургического лечения.

Наряду с положительной динамикой функциональной дееспособности и регрессом болевого синдрома, среднее значение индекса Karnovsky в послеоперационном периоде составило $74,2 \pm 15,7$, незначительно отличаясь от предоперационного значения ($73,9 \pm 16,1$). Отсутствие изменений индекса Karnovsky до и после операции свидетельствует о малой травматичности данного метода лечения.

Таким образом, хирургическое лечение спинальных метастазов с применением трёхмерной эндоскопической визуализации привело к выраженному регрессу боли, стойкому улучшению качества жизни и функциональной дееспособности пациента. Такие результаты обусловлены

радикальным удалением опухоли в сочетании с минимизацией хирургической травмы [12]. В нашем исследовании, в свою очередь, минимизация хирургической травмы и радикальность резекции опухоли достигается благодаря использованию трёхмерной эндоскопической визуализации.

Несмотря на то, что работа демонстрирует преимущества трёхмерной визуализации при лечении метастазов позвоночника, в данном исследовании был ряд ограничений. Первичные опухоли были гетерогенные и имели разное биологическое поведение и прогноз. Кроме того, количество исследуемых пациентов невелико. Тем не менее, результаты показывают, что трёхмерная эндоскопическая хирургия эффективна и безопасна для удаления опухоли и стабилизации позвоночника. Данный вид лечения позволяет облегчить боль и улучшить качество жизни, поэтому может служить ориентиром для принятия решения в пользу проведения операции, а результаты хирургии, в свою очередь, могут мотивировать пациентов продолжать адьювантную терапию.

Заключение

Менее инвазивное и малотравматичное хирургическое лечение перспективно для пациентов с метастазами в позвоночник. Стратегия применения двух оперативных доступов, один из которых осуществляется с использованием трёхмерной эндоскопии в сочетании с малоинвазивной торакотомией, позволяет радикально удалить опухоль и свести к минимуму риск рецидивирования за счёт хорошей визуализации, устранить спинальную нестабильность и обеспечивает улучшение функционального результата с низким риском осложнений, что подтверждается нашими результатами. Мультидисциплинарный подход, в свою очередь, обеспечивает контроль опухоли с помощью лучевой и химиотерапии и, как следствие, увеличение продолжительности жизни пациентов.

Тем не менее, несмотря на то, что вышеуказанный способ лечения метастатической нестабильности позвоночника играет важную роль в быстром улучшении качества жизни, необходимы дополнительные доказательства в виде более масштабного проспективного рандомизированного исследования.

Литература (references)

1. Коновалов Н.А., Назаренко А.Г., Асютин Д.С., Соленкова А.В. и др. Комплексная оценка исходов хирургического лечения пациентов с метастатическими поражениями позвоночника // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. – 2015. – Т.79(3). – С. 34-44. [Konovalov N.A., Nazarenko A.G., Asyutin D.S., Solenkova A.V. i dr. *Voprosy nejrohirurgii imeni N.N. Burdenko*. Questions of neurosurgery named after N.N. Burdenko – 2015. – V.79(3). – P. 34-44. (in Russian)]
2. Cappuccio M., Gasbarrini A., Donthineni R., Beisse R., Boriani S. Thoracoscopic assisted en bloc resection of a spine tumor // *European Spine Journal*. – 2011. – V.20. – P. 202-205.
3. Darren Flynn, Paul van Schaik, Anna van Wersch. A Comparison of Multi-Item Likert and Visual Analogue Scales for the Assessment of Transactionally Defined Coping Function // *European Journal of Psychological Assessment*. – V.20, N1. – P. 49-58.
4. Delank K.S., Wendtner C., Eich H.T., Eysel P. The treatment of spinal metastases // *Deutsches Ärzteblatt International*. – 2011. V.108(5). – P. 71-79.
5. Fang Taolin, Jian Dong, Xiaogang Zhou, Robert A. et al. "Comparison of mini-open anterior corpectomy and posterior total en bloc spondylectomy for solitary metastases of the thoracolumbar spine" // *Journal of Neurosurgery*. – 2012. – P. 271-279.
6. Fehlings M.G., Nater A., Tetreault L., Kopjar B. et al. Survival and Clinical Outcomes in Surgically Treated Patients With Metastatic Epidural Spinal Cord Compression: Results of the Prospective Multicenter AOSpine Study // *Journal of Clinical Oncology*. – 2016. – V.34(3). – P. 268-276.
7. Fox S., Spiess M., Hnenny L., Fournay Daryl R. Spinal Instability Neoplastic Score (SINS): Reliability Among Spine Fellows and Resident Physicians in Orthopedic Surgery and Neurosurgery // *Global Spine Journal*. – 2017. – V.7(8). – P. 744-748. doi:10.1177/2192568217697691
8. Greenlee R.T., Murray T., Bolden S., Wingo P.A. Cancer statistics, 2000 // *CA: A Cancer Journal for Clinicians*. – 2000. – V.50(1). – P. 7-33.

9. Jacobs C., Plöger M.M., Scheidt S. et al. Three-dimensional thoracoscopic vertebral body replacement at the thoracolumbar junction // Oper Orthop Traumatol. – 2018. – V.30. – P. 369-378.
10. Johnson J.P., Drazin D., King W.A., Kim .TT. Image-guided navigation and video-assisted thoracoscopic spine surgery: the second generation // Neurosurg Focus. – 2014. – V. 36(3):E8.
11. Kan P., Schmidt M.H. Minimally invasive thoracoscopic approach for anterior decompression and stabilization of metastatic spine disease // Neurosurg Focus. – 2008. – V. 25(2):E8.
12. Kim C.H., Chung C.K., Sohn S., Lee S., Park S.B. Less invasive palliative surgery for spinal metastases // Journal of Surgical Oncology. – 2013. – V.108(7). – P. 499-503.
13. Lyulin S., Balaev .P, Subramanyam K.N., Ivliev D., Mundargi A.V. Three-Dimensional Endoscopy-Assisted Excision and Reconstruction for Metastatic Disease of the Dorsal and Lumbar Spine: Early Results // Clinics in Orthopedic Surgery. – 2022. – V.14(1). – P. 148-154.
14. Miscusi M., Filippo M.P., Stefano F., Luca R. et al. Comparison of minimally invasive surgery with standard open surgery for vertebral thoracic metastases causing acute myelopathy in patients with short- or mid-term life expectancy: surgical technique and early clinical results // Journal of Neurosurgery. – 2015. – P. 518-525.
15. Ravindra Vijay M., Andrea Brock, Al-Wala Awad, Ricky Kalra, Meic H. Schmidt. The role of the mini-open thoracoscopic-assisted approach in the management of metastatic spine disease at the thoracolumbar junction // Neurosurgical Focus. – 2016. – E16.
16. Telfeian A.E., Oyelese A., Fridley J., Doberstein C., Gokaslan Z.L. Endoscopic surgical treatment for symptomatic spinal metastases in long-term cancer survivors // Journal of Spine Surgery. – 2020. – 6(2). – P. 372-382.
17. Valerie Crooks, Susan Waller, Tom Smith, Theodore J. Hahn. The Use of the Karnofsky Performance Scale in Determining Outcomes and Risk in Geriatric Outpatients // Journal of Gerontology. – 1991. – V.46, N4. – P. M139-M144.
18. Ware J.E., Kosinski M., Keller S.D. SF-36 Physical and Mental Health Summary Scales: A User`s Manual. The Health Institute, New England Medical Center. Boston, Mass. – 1994.
19. Younsi A., Riemann L., Scherer M. et al. Impact of decompressive laminectomy on the functional outcome of patients with metastatic spinal cord compression and neurological impairment // Clinical & Experimental Metastasis. – 2020. – V.5. – P. 377-390.

Информация об авторе

Ивлиев Денис Сергеевич – ассистент кафедры неврологии и нейрохирургии ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» МЗ РФ, врач – нейрохирург ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России . E-mail: ivlievds83@yandex.ru

Овсянкин Анатолий Васильевич – кандидат медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии с военно-полевой хирургией ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» МЗ РФ, главный врач ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России. E-mail: contacts@orthosmolensk.ru

Балаев Павел Иванович – кандидат медицинских наук, доцент кафедры онкологии и лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России. E-mail: balaev_p@mail.ru

Люлин Сергей Владимирович – доктор медицинских наук, заведующий отделением хирургии позвоночника и нейрохирургии ООО «Медицинский центр Кармель». E-mail: sergeilulin@gmail.com

Бурцев Александр Владимирович – доктор медицинских наук, директор, главный врач ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава России . E-mail: bav31rus@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.