

EDN: WDSJQW

УДК 617-089.844

DOI: 10.56618/2071-2693_2024_16_4_90



ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАЗЕРНОЙ ИНТЕРСТИЦИАЛЬНОЙ ТЕРМОТЕРАПИИ В ЛЕЧЕНИИ ОБЪЕМНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ПОЗВОНОЧНИКА

Семён Александрович Туранов¹

✉ Syomgaturan@mail.ru, orcid.org/0000-0003-3464-9265

Андрей Валентинович Иваненко¹

avivanenko@mail.ru, orcid.org/0000-0002-9712-4661

Андрей Валерьевич Кудзиев¹

andro_p@mail.ru, orcid.org/0000-0001-9061-5014

Елена Владимировна Адиева¹

lena-adieva@yandex.ru, orcid.org/0000-0002-8328-8219

Дарья Александровна Ситовская¹

daliya_16@mail.ru, orcid.org/0000-0001-9721-3821

Александр Зурабович Гагиев¹

aleksandr-gagiev@gmail.com, orcid.org/0000-0002-5052-5337

Ангелина Сергеевна Цындяйкина¹

Netsezh@mail.ru, orcid.org/0009-0001-6336-5125

¹ Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт имени профессора А. Л. Поленова – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ул. Маяковского, д. 12, Санкт-Петербург, Российская Федерация, 191025)

Резюме

ВВЕДЕНИЕ. По данным аутопсий, метастазирование в позвоночник встречается более чем у 70 % онкологических пациентов. Лечение пациентов с данной патологией в основном носит паллиативный характер. Практика онкологии позвоночника становится более вариательной по мере появления инноваций в хирургической технологии, способной уменьшить объем вмешательства с максимальным сохранением уровня жизни. Одним из таких методов лечения является лазерная интерстициальная термотерапия.

ЦЕЛЬ. Проанализировать влияние применения лазерной интерстициальной термотерапии у пациентов с объемными образованиями позвоночника на сохранение функциональной активности, неврологического статуса и уровня жизни.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В исследование включены 60 пациентов среднего возраста с наличием объемного образования позвоночника. Были сформированы две группы по 30 человек. Пациенты исследуемой группы были прооперированы с использованием полупроводникового лазера «ЛАХТА-МИЛЮН». Хирургическое вмешательство выполнялось в два этапа: первый этап – транскутанное внутрикапсульное воздействие на паравертебрально расположенные узлы опухоли под ультразвуковой навигацией с помощью лазера; второй этап – интраоперационное воздействие на ткань опухоли, расположенной непосредственно вблизи дуального мешка и корешка. Оценка общего состояния пациентов проводилась перед операцией, после ее проведения (1-е сутки) и перед выпиской из стационара (7–10-е сутки). При наличии у больных двигательных нарушений их выраженность оценивали по 5-балльной шкале. Исследование чувствительных нарушений включало в себя выявление изменений поверхностных и глубоких видов чувствительности, также определялся характер нарушений (сегментарный или проводниковый). Для оценки результатов оперативного лечения и качества жизни в до- и послеоперационном периодах у пациентов обеих групп была использована шкала Frankel. Математико-статистический анализ полученных результатов выполнен с использованием стандартного пакета программ Statistica 10.0 for Windows 10 для персональных компьютеров.

РЕЗУЛЬТАТЫ. По нашим данным, двигательные нарушения были выявлены у 55 (91,7 %) из 60 пациентов. На 10-е сутки после проведения хирургического вмешательства регресс двигательных нарушений произошел как в группе сравнения, так и в группе исследования, – у 16,7 и 26,7 % больных соответственно. Число пациентов с двигательными нарушениями к этому сроку уменьшилось. Сенсорные расстройства исходно были выявлены у 58 (96,7 %) из 60 пациентов. На 10-е сутки после операции в группе исследования сенсорные нарушения различной степени были выявлены у 22 (73,3 %), а в группе сравнения – у 23 (76,7 %) больных. Спустя месяц также наблюдался регресс сенсорных расстройств: в группе исследования – с 96,7 до 46,7 %, в группе сравнения – с 96,7 до 60 %, что является статистически значимым.

Радикулярный болевой синдром исходно выявлен у 41 (68,3 %) пациента, причем в группе сравнения он был выявлен у 19 (63,3 %) больных, а в группе исследования – у 21 (73,3 %) человека. На 10-е сутки после операции корешковый болевой синдром регрессировал у 47 (78,3 %) из 60 больных и сохранился у 13 (21,7 %) пациентов. При этом в обеих группах он сохранился у 6 (20 %) и у 7 (23,3 %) больных соответственно. Отмечено, что в группе, где использована лазериндуцированная термотерапия (ЛИТТ), функциональные результаты лечения пациентов уже на 10-е сутки после операции были достоверно значительно лучше в сопоставлении с группой сравнения. Так, в группе исследования хороший результат получен у 4 (13,3 %) больных, удовлетворительный – у 16 (53,3 %), неудовлетворительный – у 10 (30,3 %) человек. В группе сравнения к этому сроку хорошие результаты имелись у 2 (6,7 %) больных, удовлетворительные – у 8 (26,7 %) и неудовлетворительные – у 20 (66,6 %) пациентов. Применение хирургического лазера во время операций по удалению опухолей пояснично-крестцового отдела позволяет снизить кровотечение в группах исследования и сравнения – соответственно (210,5±20,6) и (350,0±21,3), (498,7±75,9) и (910,5±97,6) мл.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Использование лазера «ЛАХТА-МИЛОН» в сравнении с исключительно традиционными хирургическими методами уменьшает тракцию и, следовательно, травматизацию спинного мозга и его корешков, обеспечивает меньшую выраженность неврологической симптоматики и более высокий уровень качества жизни больных в послеоперационном периоде.

Ключевые слова: лазер, лазерная интерстициальная термотерапия, метастазы в тела позвонков, объемные образования позвоночника

Для цитирования: Туранов С. А., Иваненко А. В., Кудзиев А. В., Адиева Е. В., Ситовская Д. А., Гагиев А. З., Цындяйкина А. С. Предварительные результаты лазерной интерстициальной термотерапии в лечении объемных образований позвоночника // Российский нейрохирургический журнал им. проф. А. Л. Поленова. 2024. Т. XVI, № 4. С. 90–101. DOI: 10.56618/2071–2693_2024_16_4_90.

RESULTS OF LASER INTERSTITIAL THERMOTHERAPY IN THE TREATMENT OF SPINAL TUMOR

Semen A. Turanov¹

✉Syomgaturan@mail.ru, orcid.org/0000-0003-3464-9265

Andrei V. Ivanenko¹

avivanenko@mail.ru, orcid.org/0000-0002-9712-4661

Andrey V. Kudziev¹

andro_p@mail.ru, orcid.org/0000-0001-9061-5014

Elena V. Adieva¹

lena-adieva@yandex.ru, orcid.org/0000-0002-8328-8219

Daria A. Sitovskaia¹

daliya_16@mail.ru, orcid.org/0000-0001-9721-3821

Alexandr Z. Gagiev¹

aleksandrgagiev@gmail.com, orcid.org/0000-0002-5052-5337

Angelina S. Tsyndyaykina¹

Netsezh@mail.ru, orcid.org/0009-0001-6336-5125

¹ Polenov Neurosurgery Institute – the branch of Almazov National Medical Research Centre
(12 Mayakovskogo street, St. Petersburg, Russian Federation, 191025)

Abstract

INTRODUCTION. Autopsy data indicate that metastatic involvement of the spine occurs in over 70 % of cancer patients. Treatment for this condition is predominantly palliative. Advances in spinal oncology are presenting new surgical technologies that minimize the extent of surgical intervention while maximizing the preservation of the patient's quality of life. One innovative approach is laser interstitial thermotherapy.

AIM. To evaluate the impact of laser interstitial thermotherapy on functional activity, neurological status, and quality of life in patients with spinal tumors.

MATERIALS AND METHODS. The study sample comprised 60 middle-aged patients diagnosed with spinal tumors. The cohort was divided into two groups of 30 individuals each. Patients in the experimental group underwent surgery utilizing the LAHTA-MILON semiconductor laser. The surgical procedure was conducted in two phases: Phase 1 involved transcutaneous intracapsular exposure to tumor nodes located near the paravertebral region under ultrasound guidance using a laser. Phase 2 entailed intraoperative exposure to tumor tissue located proximal to the dural sac and nerve roots. Patient conditions were evaluated prior to surgery, one day postoperatively, and before hospital discharge (days 7–10). Severity of motor deficits was quantified on a five-point scale. Assessment of sensory deficits incorporated examinations for changes in both superficial and deep sensory modalities, as well as the categorization of disturbances (segmental versus conductive). The Frankel scale facilitated the evaluation of surgical outcomes and quality of life across both groups in pre- and postoperative phases. Data analysis was performed utilizing the standard Statistica 10.0 software package.

RESULTS. The findings reveal that motor deficits were observed in 55 of 60 patients (91.7 %). By the 10th postoperative day, regression of motor deficits occurred in both groups, with 16.7 % of the control group and 26.7 % of the experimental group demonstrating improvement. Additionally, the prevalence of motor deficits diminished overall. Sensory disturbances were initially identified in 58 (96.7 %) of the patients. By the 10th postoperative day, sensory deficits of varying severity persisted in 22 (73.3 %) patients in the experimental group and 23 (76.7 %) patients in the control group. A month postoperatively, regression of sensory deficits was notable: 96.7 to 46.7 % in the experimental group and 96.7 to 60 % in the control group, yielding statistically significant results. Radicular pain syndrome was initially present in 41 (68.3%) patients, encompassing 19 (63.3 %) in the control group and 21 (73.3 %) in the experimental group. By the 10th postoperative day, radicular pain syndrome regressed in 47 (78.3 %) of the total cohort, with persistence in 13 (21.7 %) patients; in the control group, pain persisted in 6 (20 %) patients, while in the experimental group, it persisted in 7 (23.3 %) patients. Notably, functional outcomes in the experimental group, utilizing laser interstitial thermotherapy, were significantly superior compared to the control group by day 10 post-surgery. Specifically, 4 (13.3 %) patients in the experimental group achieved good outcomes, 16 (53.3 %) satisfactory outcomes, and 10 (30.3 %) poor outcomes. In contrast, the control group yielded good outcomes for 2 (6.7 %) patients, satisfactory outcomes for 8 (26.7 %), and poor outcomes for 20 (66.6 %) patients. The employment of surgical lasers in lumbosacral tumor resections resulted in reduced hemorrhage, with estimated blood loss of (210.5±20.6) ml in the experimental group compared to (350.0±21.3) ml in the control group, and (498.7±75.9) ml versus (910.5±97.6) ml overall.

CONCLUSION. The application of the LAHTA-MILON laser, in contrast to conventional surgical methodologies, diminishes traction and trauma to the spinal column and its nerve roots, leading to reduced severity of neurological symptoms and enhanced quality of life in the postoperative period.

Keywords: laser, laser interstitial thermotherapy, metastases in the vertebral bodies, space-occupying lesions of the spine

For citation: Turanov S. A., Ivanenko A. V., Kudziev A. V., Adieva E. V., Sitovskaia D. A., Gagiev A. Z., Tsyndyaykina A. S. Results of laser interstitial thermotherapy in the treatment of spinal tumor. Russian neurosurgical journal named after professor A. L. Polenov. 2024;XVI(4):90–101. (In Russ.). DOI: 10.56618/2071–2693_2024_16_4_90.

Введение

Метастатическое поражение позвоночника является третьей по частоте локализацией поражения после легких и печени. По данным аутопсий, метастазирование в позвоночник встречается более чем у 70 % онкологических пациентов. При анализе распределения метастатического поражения в позвоночнике установлено, что грудной и грудопоясничный отделы (ГОП) поражаются в 70,3 % случаев, поясничный и крестцовый (ПКОП) – в 21,6 %, шейный (ШОП) – у 8,1 % больных. Наиболее часто ГОП является мишенью метастазирования рака легкого и рака молочной железы, люмбосакральный отдел наиболее часто поражен метастазами рака простаты [1, 2].

Лечение в основном паллиативное, сосредоточено на неврологическом сохранении, восстановлении стабильности позвоночника, облегчении боли и контроле роста опухоли [3–5]. Практика онкологии позвоночника становится более вариабельной по мере появления инноваций в хирургической технологии, иммунотерапии, таргетной химиотерапии, которые чаще всего применяются совместно с лучевой терапией [6]. Сложность подбора метода лечения также обусловлена частым наличием у па-

циентов сопутствующей патологии в условиях прогрессирования онкологического заболевания, паранеопластического синдрома. В соответствии с этим, выбор хирургического вмешательства должен отвечать требованиям малоинвазивности, меньшего риска возникновения послеоперационных осложнений и эффективности. Целью хирургического вмешательства является обеспечение стабилизации и декомпрессии [3–7].

В последние годы лазерная интерстициальная термотерапия (ЛИТТ) стала применяться в нейрохирургии, где широко продемонстрировала свою эффективность в отношении внутричерепных патологий в качестве комбинированной терапии, совместно с химиотерапией [2, 8–14]. По данным систематического обзора литературы в базе данных PubMed до 2023 г., посвященному анализу имеющихся данных по применению лазерной интерстициальной термотерапии (ЛИТТ) в спинальной нейрохирургии пациенты получали ЛИТТ по поводу метастазов в позвоночник с компрессионным переломом [9, 15]. Большинство поражений были торакальными (88,8 %). Во всех исследованиях сообщалось об эффективном местном контроле заболевания за счет уменьшения эпиду-

Распределение пациентов

Patient distribution

Группа	Число пациен- тов, n	Пол	Средний воз- раст, лет	Вторичные опухоли, n (%)	Невриномы, n (%)	Нейрофибромы, n (%)
Исследования	30	М – 18 (60 %); Ж – 12 (40 %)	(51,4±2,31)	19 (63,4)	7 (23,3)	4 (13,3)
Сравнения	30	М – 21 (70 %); Ж – 9 (30 %)	(49,2±2,1)	14 (46,6)	10 (33,4)	6 (20)
Всего	60	М – 39 (65 %); Ж – 21 (35 %)				

ральной компрессии через 30 дней. Частота осложнений составила 12,6 %, но большинство из них были проходящими, и только 3,4 % пациентов нуждались в ревизионной операции. Данные в литературе об использовании ЛИТТ при поражениях позвоночника появились недавно, и ее эффективность до сих пор остается предметом дискуссий [2, 4].

Мы представляем предварительные результаты применением лазерной интерстициальной термотерапии в лечении пациентов с метастатическим поражением позвоночника.

Материалы и методы

Клинический материал основан на результатах хирургического лечения 60 пациентов с экстрамедуллярными опухолями (ЭМО), которые были оперированы в Нейрохирургическом отделении № 1 за период 2021–2024 гг. (таблица).

Для анализа результатов лечения 60 больных, вошедших в исследование, были сформированы две группы: исследуемая группа (n=30) и группа сравнения (n=30). Пациенты иссле-

дуемой группы были прооперированы по поводу ЭМО с использованием полупроводникового лазера «ЛАХТА-МИЛОН», длиной волны 0,97 мкм, мощностью 5 Вт (регистрационные удостоверения № 29/01050603/5828-03 и № ФС 02262003/2932-06). После проведения магнитно-резонансной томографии (МРТ) (рис. 1, 2) выполнялось хирургическое вмешательство в два этапа.

Первый этап: в предоперационном периоде производилось транскутанное внутрикапсульное воздействие на паравертебрально расположенные узлы опухоли под ультразвуковой навигацией с помощью лазерного аппарата, визуально до изменения эхо-сигнала опухолевой ткани (рис. 3).

Второй этап: интраоперационное воздействие на ткань опухоли, расположенной непосредственно вблизи дурального мешка и корешка.

На первом этапе 10 пациентам выполнена селективная ангиография сосудов опухоли с одновременной частичной лазерной вапо-

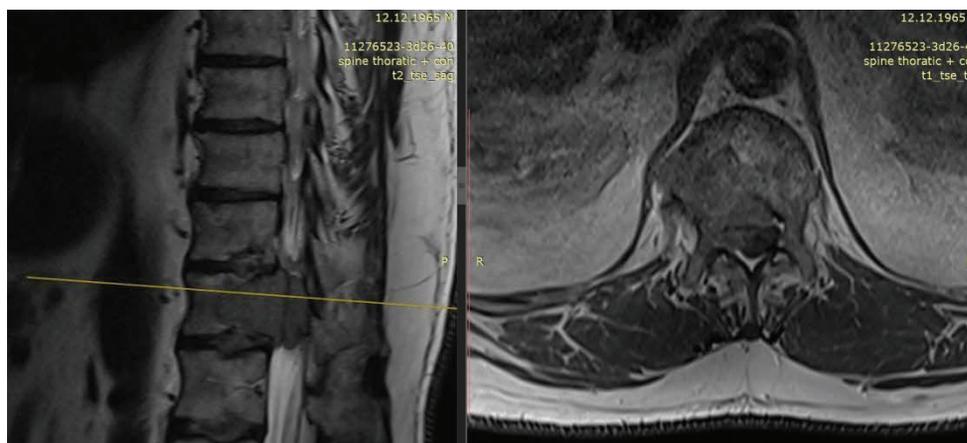


Рис. 1. Магнитно-резонансная томография до выполнения процедуры
Fig. 1. MRI before the procedure

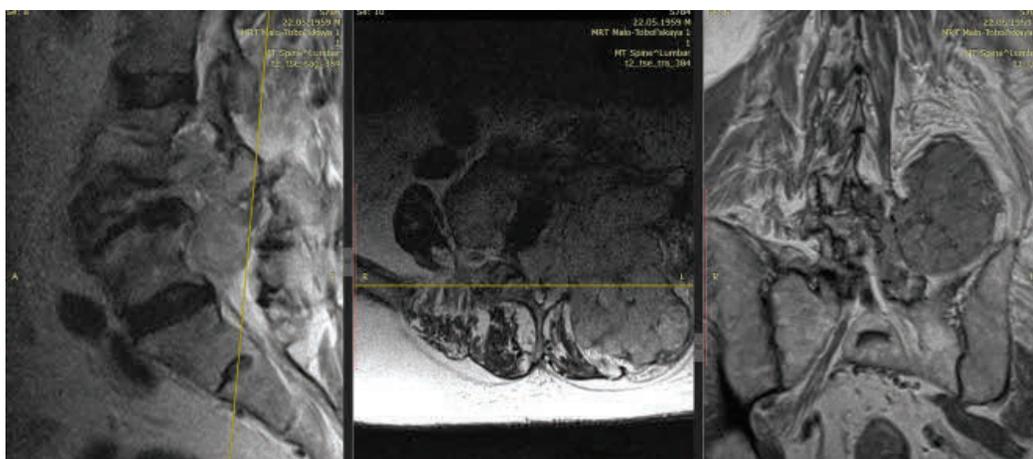


Рис. 2. Магнитно-резонансная томография до выполнения процедуры
Fig. 2. MRI before the procedure

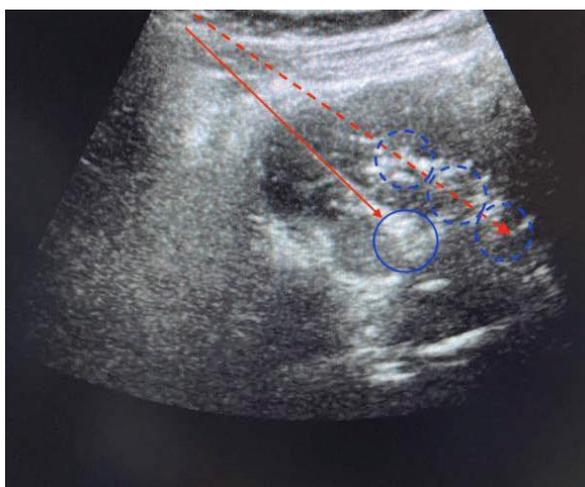


Рис. 3. Ультразвуковое исследование в момент выполнения процедуры. Стрелка с пунктирной линией – позиция иглы с зонами вапоризации ткани объемного образования; стрелка с непрерывной линией – зона вапоризации на участке, параллельном позиционированию иглы

Fig. 3. Ultrasound at the time of the procedure. The arrow with a dotted line is the position of the needle with vaporization zones of the volumetric tissue; the arrow with a continuous line is the vaporization zone in the area of parallel needle positioning

ризацией паравертебрально расположенного узла объемного образования (рис. 4).

Визуализировалась сегментарная артерия, выраженная сосудистая сеть опухоли.

При выполнении лазерной вапоризации под контролем селективной ангиографии во всех случаях получены данные об эффективной абляции сосудистой сети опухоли, что во время последующего выполнения открытого вмешательства значительно снижает кровопотерю. Полученные данные МРТ позволяют рассчитать зону и объем воздействия на ткань опухоли и степень уменьшения узла (рис. 5).

Лазерная вапоризация экстравертебрального опухолевого узла под динамическим ультразвуковым контролем была проведена 20 больным.

По гистологической структуре новообразований: наибольшую группу составляли вторич-



Рис. 4. Ангиография до выполнения (а) и во время выполнения процедуры (б)
Fig. 4. Angiography before (a) and during the procedure (b)

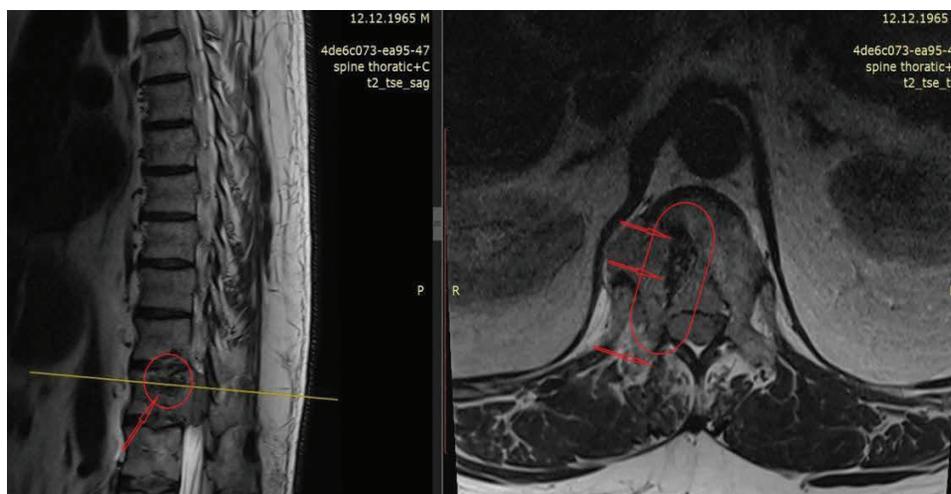


Рис. 5. Магнитно-резонансная томография после выполнения процедуры
Fig. 5. MRI after the procedure

ные опухоли – 19 (63,4 %), невриномы – 7 (23,3 %), нейрофибромы – 4 (13,3 %). Группа сравнения состояла из 30 пациентов. В этой группе хирургическое лечение выполнялось традиционными методами. Из 30 больных группы сравнения гистологическая структура опухолей была следующей: вторичные опухоли – 14 (46,6 %), невриномы – 10 (33,4 %), нейрофибромы – 6 (20 %). Пациенты обеих групп исходно достоверно были сопоставимы друг с другом по следующим параметрам: 1) возраст; 2) исходный уровень качества жизни; 3) локализация опухолевого процесса относительно оси позвоночника, позвоночного канала и поверхности спинного мозга; 4) распространенность опухолевого процесса. Всем больным проводился клиничко-неврологический осмотр. Он дополнялся данными МРТ, мультиспиральной компьютерной томографии (МС КТ), спондилографии.

На первом этапе хирургического лечения у группы исследования использовали селективную ангиографию и ультразвуковое исследование. Во время выполнения второго этапа применяли кавитационный ультразвуковой хирургический аспиратор (CUSA), совмещая его применение с лазерной абляцией. Оценка общего состояния пациентов проводилась перед операцией, после ее проведения (1-е сутки) и перед выпиской из стационара (7–10-е сутки). При наличии у больных двигательных нарушений их выраженность оценивали по 5-балльной шкале оценки мышеч-

ной силы [16]. Исследование чувствительных нарушений включало в себя выявление изменений поверхностных и глубоких видов чувствительности, также определялся характер нарушений (сегментарный или проводниковый). Для оценки результатов оперативного лечения и качества жизни в до- и послеоперационном периодах у обеих групп была использована шкала Frankel [4].

Математико-статистический анализ полученных результатов выполнен с использованием стандартного пакета программ Statistica 10.0 for Windows 10 для персональных компьютеров [16]. При удалении опухоли использовали следующие параметры: мощность – 5 Вт в импульсном режиме, длительность воздействия – 1 с, интервал – 0,7 с внутри узла и непрерывный режим с мощностью 3–5 Вт при выполнении поверхностной абляции под визуальным контролем. Суммарная доза составляла от 1000 до 3000 Дж за период. Лазерное излучение к опухоли подавалось на первом этапе транскутанно через стерильный кварцевый световод диаметром 300 мкм с использованием иглы G11 типа Ямшиди, на втором этапе – светодiodом диаметром 500 мкм, с использованием специальной насадки, входящей в комплект к аппарату.

Результаты исследования

По нашим данным, двигательные нарушения являются одним из наиболее часто встре-

чающихся симптомов у больных с ЭМО. Они были выявлены у 55 из 60 пациентов, что составило 91,7 % случаев. В группе сравнения они встретились у 27 (90 %) больных, в исследуемой группе – у 28 (93,3 %) человек. Эти показатели статистически значимо не отличаются друг от друга. Но уже через 10 суток после проведения хирургического вмешательства регресс двигательных нарушений произошел как в группе сравнения, так и в группе исследования – у 16,7 и 26,7 % больных соответственно. Число пациентов с двигательными нарушениями к этому сроку уменьшилось в контрольной группе с 90 до 73,3 %, в основной – с 92,9 до 66,6 %. Спустя месяц также наблюдался регресс моторных нарушений: в группе сравнения – с 90 до 56,7 %, в группе исследования – с 92,9 до 43,3 %. Причем в тех случаях, где в ходе операции применялся лазер «ЛАХТА-МИЛОН», статистически достоверно отмечался их ранний регресс у большего числа больных в сопоставлении с пациентами группы сравнения, что, вероятно, было связано с возможностью минимизировать риск кровотечения и уменьшения тракционных воздействий в ходе открытого хирургического лечения.

Сенсорные расстройства исходно были выявлены у 58 (96,7 %) из 60 пациентов. Причем поровну в группе исследования – у 29 (96,7 %) и в группе сравнения у 29 (96,7 %) человек. При этом расстройства поверхностной чувствительности в клинической картине у пациентов с ЭМО на I стадии заболевания диагностированы у 35 (58,3 %) больных. В группе исследования они были у 17 (56,7 %) человек, в группе сравнения – у 18 (60 %). При II и III стадиях заболевания на первое место выходили уже расстройства по проводниковому типу и нарушения мышечно-суставной проприорецепции, выявленные у 25 (41,7 %) пациентов. В группе исследования их диагностировали у 13 (43,3 %) пациентов, в группе сравнения – у 12 (40 %). После проведения оперативного вмешательства у всех больных отмечалась положительная динамика разной степени выраженности, которая проявлялась в уменьшении сенсорных расстройств. Причем у больных, которым проводилось лечение с применением лазера «ЛАХ-

ТА-МИЛОН», отмечался статистически достоверный и ранний их регресс. Так, на 10-е сутки после операции в группе исследования сенсорные нарушения различной степени были выявлены у 22 (73,3%), а в группе сравнения – у 23 (76,7 %) больных. Спустя месяц также наблюдался регресс сенсорных расстройств: в группе исследования – с 96,7 до 46,7 %, в группе сравнения – с 96,7 до 60 %, что является статистически значимым.

Радикулярный болевой синдром исходно выявлен у 41 (68,3 %) пациента, причем в группе сравнения он был выявлен у 19 (63,3 %) больных, а в группе исследования – у 21 (73,3 %) человека. Во всех случаях боль носила односторонний характер и соответствовала локализации опухолевого узла. На 10-е сутки после операции корешковый болевой синдром регрессировал у 47 (78,3 %) из 60 больных и сохранялись у 13 (21,7 %) пациентов. При этом в обеих группах он сохранился у 6 (20 %) и у 7 (23,3 %) больных соответственно. Спустя 3–4 недели с момента удаления опухоли у пациентов еще сохранялись остаточные боли, связанные с иритацией корешков спинного мозга: в группе сравнения корешковые боли были диагностированы у 3 (10 %) пациентов, а в группе исследования – у 1 (3,3 %) пациента.

Для оценки результатов хирургического лечения все пациенты исходно были разделены на четыре функциональных класса по оценке их качества жизни. Установлено, что исходно обе группы находились в равных условиях по данному параметру. Проведение хирургического лечения у всех больных привело к регрессу неврологической симптоматики и, тем самым, к улучшению качества жизни. Причем отмечено, что в группе, где использован ЛИТТ, функциональные результаты лечения пациентов уже на 10-е сутки после операции были достоверно значительно лучшими в сопоставлении с группой сравнения. Так, в группе исследования хороший результат получен у 4 (13,3 %) больных, удовлетворительный – у 16 (53,3 %), неудовлетворительный – у 10 (30,3 %) человек. В группе сравнения к этому сроку хорошие результаты имелись у 2 (6,7 %) больных, удовлетворительные – у 8 (26,7 %) и неудовлетворительные – у 20 (66,6 %) пациентов.

Дальнейшая оценка функциональных результатов хирургического лечения (21–28-е сутки с момента операции) показала, что статистически достоверно выше хорошие результаты оперативного лечения получены также в исследуемой группе. Хорошие результаты получены у 13 (43,3 %) больных, удовлетворительные – у 15 (50 %), неудовлетворительные – у 2 (6,7 %) пациентов. В группе сравнения спустя месяц хорошие результаты получены у 6 (20 %) больных, удовлетворительные – у 15 (50 %) и неудовлетворительные – у 9 (30 %) человек. Летальных исходов среди всех оперированных больных не было.

Проведенный анализ функциональных результатов хирургического лечения в зависимости от фаз клинического течения опухолевого процесса показал, что частота встречаемости неудовлетворительных результатов нарастает по мере прогрессирования процесса поперечного поражения спинного мозга (СМ). Наибольшее и статистически достоверное число неудовлетворительных результатов получено у пациентов в фазе частичного и полного поперечного поражения СМ, по сравнению с ирритативной фазой заболевания. Причем число неудовлетворительных функциональных результатов лечения статистически достоверно ниже там, где применялась ЛИТТ. Об этом свидетельствует то, что в группе исследования такие результаты получены на 10-е сутки с момента операции у 7 (23,3 %) человек при частичной компрессии и у 2 (6,7 %) при полной, а в группе сравнения – соответственно у 13 (43,3 %) и у 5 (16,7 %) больных. Эта тенденция сохранялась и спустя месяц: число пациентов с неудовлетворительными результатами в группе исследования было равно 2 (6,7 %) при частичной компрессии и 1 (3,3 %) при полной компрессии СМ, а в группе сравнения – соответственно 6 (20 %) и 3 (10 %).

В среднем кровопотеря при удалении ЭМО в исследуемой группе и группе сравнения составила $(192,6 \pm 17,3)$ и $(359,5 \pm 16,8)$ мл соответственно. Применение хирургического лазера во время операций по удалению опухолей пояснично-крестцового отдела позвоночника является наиболее оправданным и позволяет статистически достоверно снизить объем

интраоперационной кровопотери почти в два раза. Об этом свидетельствует то, что кровопотеря при таких резекциях в группах исследования и сравнения составила, соответственно, $(210,5 \pm 20,6)$ и $(350,0 \pm 21,3)$ мл, $(498,7 \pm 75,9)$ и $(910,5 \pm 97,6)$ мл. Явное снижение кровопотери отмечено при использовании лазера в случаях больших объемов, плотности туморозной ткани и ее выраженной кровоточивости, так как после облучения плотность опухоли и кровоточивость значительно уменьшались, и для ее удаления становилось возможным использование ультразвукового дезинтегратора. Применение лазера на этапе микрохирургического удаления ЭМО различной локализации и протяженности позволило повысить уровень тотальной резекции на 6,7 %. По нашим данным, в группах исследования и сравнения процент тотальной резекции составил, соответственно, 100,0 % (n=30) и 93,3 % (n=28). Полученные результаты носят достоверный характер.

Таким образом, использование лазера «ЛАХТА-МИЛОН» при резекции ЭМО различной протяженности и локализации позволяет выполнить их тотальное удаление. Причем и ЭМО типа «песочные часы» удаляются одноэтапно, без расширения операционного доступа. Обзорная спондилография в послеоперационном периоде позволяла верифицировать объем оперативного доступа и подтвердить эффективность разработанных нами лазерных технологий.

Гемиламинэктомия на двух уровнях и более проведена 10 (33,3 %) больным, из них у 2 (6,7 %) пациентов ЭМО распространялись на протяжении двух и у 8 (26,7%) – трех позвонков. При распространенных ЭМО у 2 (6,7 %) больных гемиламинэктомия осуществлена на четырех уровнях. Только в случае деструкции опухолевой тканью дужек 2 (6,7 %) больным проведена их ламинэктомия на двух и более уровнях. В группе сравнения операционный доступ осуществлялся всегда только в объеме ламинэктомии с сохранением суставных отростков. Она выполнена у всех больных на двух-четыре уровнях.

Обсуждение

Безопасными и эффективными параметрами работы лазера «ЛАХТА-МИЛОН» при микрохирургической резекции ЭМО являют-

ся мощность 5 Вт в импульсном режиме, длительность воздействия 1 с, интервал 0,7 с внутри узла и непрерывный режим с мощностью 3–5 Вт при выполнении поверхностной абляции под визуальным контролем.

Использование лазера «ЛАХТА-МИЛОН», в сравнении с исключительно традиционными хирургическими методами, уменьшает тракцию и, следовательно, травматизацию СМ и его корешков, обеспечивает меньшую выраженность неврологической симптоматики и более высокий уровень качества жизни больных в послеоперационном периоде.

Высокие коагулирующие возможности лазера «ЛАХТА-МИЛОН» в ходе операций при удалении ЭМО (в зависимости от объема, кровоточивости и распространенности) позволяют снизить интраоперационную кровопотерю почти в два раза и увеличить степень тотального удаления опухолей в среднем на 6,7 % в сравнении с традиционными методами. Использование разработанных оригинальных технологических приемов лазерной хирургии на основе применения лазера «ЛАХТА-МИЛОН» позволяет уменьшить травматичность операционных доступов и резецировать ЭМО из гемиланарных доступов с сохранением суставных отростков позвонков.

Заключение

Несмотря на использование данной технологии, известной более нескольких десятилетий [16], в области нейрохирургии ЛИТТ стала внедряться сравнительно недавно, особенно для лечения внутричерепных поражений [17] и хирургического лечения эпилепсии [10]. Данные изученных публикаций показали, что ЛИТТ является эффективным терапевтическим вариантом лечения внутричерепных поражений [17]. Тем не менее до сих пор существует пробел в исследованиях относительно ее использования при поражениях позвоночника. ЛИТТ эффективно использовали для лечения внутричерепных образований [8, 9], печени [18] и костей [19]. Преимуществом этой технологии являются ее совместимость с интраоперационной МРТ, что обеспечивает точность выполняемой процедуры в реальном времени. По мере того, как тепло достигает целе-

вой ткани, тепловые изменения в окружающих тканях вычисляются и перестраиваются в тепловую карту, которая позволяет нейрохирургам отслеживать в режиме реального времени не только интенсивность доставляемого тепла, но и скорость распространения, что делает возможным интраоперационное изменение дозы и цели [19, 20].

Благодаря высокому уровню точности, обеспечиваемому МРТ, эта процедура является безопасной даже для самых чувствительных органов.

Данные клинические наблюдения демонстрируют эффективность применения спинальной лазерной интерстициальной термотерапии в качестве вспомогательного метода хирургического лечения при метастатическом поражении позвоночника.

Энергия передается от лазера в окружающие ткани, вызывая термическое повреждение, достаточное для того, чтобы привести к гибели опухолевых клеток и к коагуляционному некрозу [2, 21]. Степень повреждения тканей основана на модели термической реакции, в которой существует корреляция между температурой, продолжительностью воздействия и последующим повреждением, что подтверждается данными гистологического исследования – выявлены крупные поля разрежения ткани опухоли. Удаётся достичь уменьшения размеров опухоли за счет прямого действия лазера.

Кроме того, опухоли с обширной сетью кровоснабжения требуют меньшей предоперационной подготовки за счет проводимой абляции сосудов. Интраоперационно отмечается уменьшение объема кровопотери при удалении опухоли.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. **Conflict of interest.** The author declares no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки. **Financing.** The study was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Исследование выполнено в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (в ред. 2013 г.). **Compliance with patient**

rights and principles of bioethics. All patients gave written informed consent to participate in the study. The study was carried out in accordance with the requirements of the World Medical Association Declaration of Helsinki (updated in 2013).

Литература / References

1. Состояние онкологической помощи населению России в 2022 году / под ред. А. Д. Каприна, В. В. Старинского, А. О. Шахзадовой. М.: МНИОИ им. П. А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2022. 239 с. [The state of cancer care for the Russian population in 2022; eds by A. D. Kaprin, V. V. Starinsky, A. O. Shahzadova. Moscow: NMRC of the Ministry of Health of Russian Federation; 2022. 239 p. (In Russ.)].
1. *Tatsui C. E., Belsuzarri T. A., Oro M., Rhines L. D., Li J., Ghia A. J., Amini B., Espinoza H., Brown P. D., Rao G.* Percutaneous surgery for treatment of epidural spinal cord compression and spinal instability: technical note. *Neurosurg Focus*. 2016;41(4):E2. Doi: 10.3171/2016.8.FOCUS16175.
2. *Bastos D. C. A., Vega R. A., Traylor J. I., Ghia A. J., Li J., Oro M., Bishop A. J., Yeboa D. N., Amini B., Kumar V. A., Rao G., Rhines L. D., Tatsui C. E.* Spinal laser interstitial thermal therapy: single-center experience and outcomes in the first 120 cases. *J Neurosurg Spine*. 2020, pp. 1–10. Doi: 10.3171/2020.7.SPINE20661.
3. *Cardia A., Cannizzaro D., Stefani R. et al.* The efficacy of laser interstitial thermal therapy in the management of spinal metastases: a systematic review of the literature. *Neurol Sci*. 2023;44(4):519–528. Doi: 10.1007/s10072-022-06432-x.
4. *Barzilai O., Fisher C. G., Bilsky M. H.* State of the art treatment of spinal metastatic disease. *Neurosurgery*. 2018;82(6):757–769. Doi: 10.1093/neuros/nyx567.
5. *Sullivan P. Z., Niu T., Abinader J. F. et al.* Evolution of Surgical Treatment of Metastatic Spine Tumors. *Research Square*. 2022. 6 Jan. Doi: 10.21203/rs.3.rs-1153745/v1.
6. *Ступак В. В., Шабанов С. В., Пендюрин И. В., Рабчинович С. С.* Результаты хирургического лечения пациентов с экстремедулярными опухолями типа песочных часов // Хирургия позвоночника. 2014. № 4. С. 65–71. [Stupak V. V., Shabanov S. V., Pendyurin I. V., Rabchinovich S. S. Results of surgical treatment of patients with hourglass-type extramedullary tumors. *Spine surgery*. 2014;(4):65–71. (In Russ.)].
7. *Tatsui C. E., Stafford R. J., Li J., Sellin J. N., Amini B., Rao G., Suki D., Ghia A. J., Brown P., Lee S. H., Cowles C. E., Weinberg J. S., Rhines L. D.* Utilization of laser interstitial thermotherapy guided by real-time thermal MRI as an alternative to separation surgery in the management of spinal metastasis. *J Neurosurg Spine*. 2015;23(4):400–411. Doi: 10.3171/2015.2.SPINE141185.
8. *Missios S., Bekelis K., Barnett G. H.* Renaissance of laser interstitial thermal ablation. *Neurosurg Focus*. 2015;38(3):E13. Doi: 10.3171/2014.12.FOCUS14762.
9. *Kang J. Y., Wu C., Tracy J., Lorenzo M., Evans J., Nei M., Skidmore C., Mintzer S., Sharan A. D., Sperling M. R.* Laser interstitial thermal therapy for medically intractable mesial temporal lobe epilepsy. *Epilepsia*. 2016; 57(2):325–334. Doi: 10.1111/epi.13284.
10. *Silva D., Sharma M., Juthani R., Meola A., Barnett G. H.* Magnetic resonance thermometry and laser interstitial thermal therapy for brain tumors. *Neurosurg Clin N Am*. 2017;28(4):525–533. Doi: 10.1016/j.nec.2017.05.015.
11. *Hong C. S., Kundishora A. J., Elsamadicy A. A., Chiang V. L.* Laser interstitial thermal therapy in neuro-oncology applications. *Surg Neurol Int*. 2020;8(11):231. Doi: 10.25259/SNI_496_2019.
12. *Srinivasan E. S., Grabowski M. M., Nahed B. V., Barnett G. H., Fecci P. E.* Laser interstitial thermal therapy for brain metastases. *Neurooncol Adv*. 2021;3(Suppl 5):v16–v25. Doi: 10.1093/oaajnl/vdab128.
13. *Srinivasan E. S., Sankey E. W., Grabowski M. M., Chong-sathidkiet P., Fecci P. E.* The intersection between immunotherapy and laser interstitial thermal therapy: a multipronged future of neuro-oncology. *Int J Hyperthermia*. 2020;37(2):27–34. Doi: 10.1080/02656736.2020.1746413.
14. *Pennington Z., Ahmed A. K., Molina C. A., Ehresman J., Laufer I., Sciubba D. M.* Minimally invasive versus conventional spine surgery for vertebral metastases: a systematic review of the evidence. *Ann Transl Med*. 2018;6(6):103. Doi: <https://doi.org/10.21037/atm.2018.01.28>.
15. *Bown S. G.* Phototherapy in tumors. *World J Surg*. 1983;7(6):700–709. Doi: 10.1007/BF01655209.
16. *Schwarzmaier H. J., Eickmeyer F., von Tempelhoff W., Fiedler V. U., Niehoff H., Ulrich S. D., Yang Q., Ulrich F.* MR-guided laser-induced interstitial thermotherapy of recurrent glioblastoma multiforme: preliminary results in 16 patients. *Eur J Radiol*. 2006;59(2):208–215. Doi: 10.1016/j.ejrad.2006.05.010.
17. *Vogl T. J., Dommermuth A., Heinle B., Nour-Eldin N. E., Lehnert T., Eichler K., Zangos S., Bechstein W. O., Naguib N. N.* Colorectal cancer liver metastases: long-term survival and progression-free survival after thermal ablation using magnetic resonance-guided laser-induced interstitial thermotherapy in 594 patients: analysis of prognostic factors. *Invest Radiol*. 2014;49(1):48–56. Doi: 10.1097/RLI.0b013e3182a6094e.
18. *Ahrar K., Stafford R. J.* Magnetic resonance imaging-guided laser ablation of bone tumors. *Tech Vasc Interv Radiol*. 2011;14(3):177–182. Doi: 10.1053/j.tvir.2011.02.010.
19. *McNichols R. J., Gowda A., Kangasniemi M., Bankson J. A., Price R. E., Hazle J. D.* MR thermometry-based feedback control of laser interstitial thermal therapy at 980 nm. *Lasers Surg Med*. 2004;34(1):48–55. Doi: 10.1002/lsm.10243.
20. *Чудновский В. М., Юсупов В. И., Иваненко А. В. и др.* Анализ акустогидродинамических явлений лазерного пункционного лечения дегенеративных заболеваний межпозвоночных дисков // Рос. нейрохирург. журн. им. проф. А. Л. Поленова. 2011. Т. 3, № 2. С. 52–57. [Chudnovsky V. M., Yusupov V. I., Ivanenko A. V., Shedrenok V. V., Sebelev K. I., Moguchaya O. V. Analysis of acoustic and hydrodynamic phenomena of laser puncture treatment of degenerative diseases of intervertebral discs. *The Russian Neurosurgical Journal* named after prof. A. L. Polenov. 2011;3(2):52–57. (In Russ.)].
21. *Laufer I., Rubin D. G., Lis E., Cox B. W., Stubblefield M. D., Yamada Y., Bilsky M. H.* The NOMS framework: approach to the treatment of spinal metastatic tumors. *Oncologist*. 2013;18(6):744–751. Doi: 10.1634/theoncologist.2012-0293.
22. *Tatsui C. E., Nascimento C. N. G., Suki D., Amini B., Li J., Ghia A. J., Thomas J. G., Stafford R. J., Rhines L. D., Cata J. P., Kumar A. J., Rao G.* Image guidance based on MRI for spinal interstitial laser thermotherapy: technical aspects and accuracy. *J Neurosurg Spine*. 2017;26(5):605–612. Doi: 10.3171/2016.9.SPINE16475.
23. *Tokuhashi Y., Uei H., Oshima M., Ajiro Y.* Scoring system for prediction of metastatic spine tumor prognosis. *World J Orthop*. 2014;5(3):262–271. Doi: 10.5312/wjo.v5.i3.262.
24. *Akeyson E. W., McCutcheon I. E.* Single-stage posterior vertebrectomy and replacement combined with posterior instrumentation for spinal metastasis. *J Neurosurg*. 1996;85(2):211–220. Doi: 10.3171/jns.1996.85.2.0211.
25. *Tatsui C. E., Stafford R. J., Li J., Sellin J. N., Amini B., Rao G., Suki D., Ghia A. J., Brown P., Lee S. H., Cowles C. E., Weinberg J. S., Rhines L. D.* Utilization of laser interstitial thermotherapy guided by real-time thermal MRI as an alternative to separation surgery in

- the management of spinal metastasis. *J Neurosurg Spine*. 2015;23(4):400–411. Doi: 10.3171/2015.2.SPINE141185.
26. *Missios S., Bekelis K., Barnett G. H.* Renaissance of laser interstitial thermal ablation. *Neurosurg Focus*. 2015;38(3):E13. Doi: 10.3171/2014.12.FOCUS14762.
 27. *de Almeida Bastos D. C., Everson R. G., de Oliveira Santos B. F., Habib A., Vega R. A., Oro M., Rao G., Li J., Ghia A. J., Bishop A. J., Yeboa D. N., Amini B., Rhines L. D., Tatsui C. E.* A comparison of spinal laser interstitial thermotherapy with open surgery for metastatic thoracic epidural spinal cord compression. *J Neurosurg Spine*. 2020, pp. 1–9. Doi: 10.3171/2019.10.SPINE19998.
 28. *Yamada Y., Bilsky M. H., Lovelock D. M., Venkatraman E. S., Toner S., Johnson J., Zatzky J., Zelefsky M. J., Fuks Z.* High-dose, single-fraction image-guided intensity-modulated radiotherapy for metastatic spinal lesions. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2008;71(2):484–490. Doi: 10.1016/j.ijrobp.2007.11.046.
 29. *Moses Z. B., Lee T. C., Huang K. T., Guenette J. P., Chi J. H.* MRI-guided cryoablation for metastatic spine disease: intermediate-term clinical outcomes in 14 consecutive patients. *J Neurosurg Spine*. 2020, pp. 1–6. Doi: 10.3171/2019.11.SPINE19808.
 30. *Sahgal A., Bilsky M., Chang E. L., Ma L., Yamada Y., Rhines L. D., Létourneau D., Foote M., Yu E., Larson D. A., Fehlings M. G.* Stereotactic body radiotherapy for spinal metastases: current status, with a focus on its application in the postoperative patient. *J Neurosurg Spine*. 2011;14(2):151–166. Doi: 10.3171/2010.9.SPINE091005.
 31. *Nguyen Q. N., Shiu A. S., Rhines L. D., Wang H., Allen P. K., Wang X. S., Chang E. L.* Management of spinal metastases from renal cell carcinoma using stereotactic body radiotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2010;76(4):1185–1192. Doi: 10.1016/j.ijrobp.2009.03.062.
 32. *Clohisey D. R., Perkins S. L., Ramnaraine M. L.* Review of cellular mechanisms of tumor osteolysis. *Clin Orthop Relat Res*. 2000;(373):104–114. Doi: 10.1097/00003086-200004000-00013.
 33. *Sacino M., Huang S. S., Alexander H., Fayed I., Keating R. F., Oluigbo C. O.* An initial cost-effectiveness analysis of magnetic resonance-guided laser interstitial thermal therapy in pediatric epilepsy surgery. *Pediatr Neurosurg*. 2020;55(3):141–148. Doi: 10.1159/000509329.
 34. *Molina C. A., Gokaslan Z. L., Sciubba D. M.* Diagnosis and management of metastatic cervical spine tumors. *Orthop Clin N Am*. 2012;43(1):75–87. Doi: 10.1016/j.ocl.2011.08.004 (viii-ix).
 35. *Zaed I., Bossi B., Ganau M., Tinterri B., Giordano M., Chibbaro S.* Current state of benefits of enhanced recovery after surgery (ERAS) in spinal surgeries: a systematic review of the literature. *Neurochirurgie*. 2022;68(1):61–68. Doi: 10.1016/j.neuchi.2021.04.007.
 36. *Gilbert R. W., Kim J. H., Posner J. B.* Epidural spinal cord compression from metastatic tumor: diagnosis and treatment. *Ann Neurol*. 1978;3(1):40–51. Doi: 10.1002/ana.410030107.
 37. *Maranzano E., Latini P., Checcaglini F., Ricci S., Panizza B. M., Aristei C., Perrucci E., Beneventi S., Corgna E., Tonato M.* Radiation therapy in metastatic spinal cord compression. A prospective analysis of 105 consecutive patients. *Cancer*. 1991;67(5):1311–1317. Doi: 10.1002/1097-0142(19910301)67:5<1311::aid-en-cr2820670507>3.0.co;2-r.
 38. University of Florida. Recurrent brain metastasis immune effects and response to laser interstitial thermotherapy (LITT) and pembrolizumab in combination (TORCH). Available from: [clinicaltrials.gov](https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT04187872). <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT04187872>. [Accessed 29 July 2021].
 39. *Young R. F., Post E. M., King G. A.* Treatment of spinal epidural metastases. Randomized prospective comparison of laminectomy and radiotherapy. *J Neurosurg*. 1980;53(6):741–748. Doi: 10.3171/jns.1980.53.6.0741.
 40. *Payer S., Mende K. C., Westphal M., Eicker S. O.* Intramedullary spinal cord metastases: an increasingly common diagnosis. *Neurosurg Focus*. 2015; 39(2):E15. Doi: 10.3171/2015.5.FOCUS15149

Сведения об авторах

Семён Александрович Туранов – аспирант кафедры нейрохирургии Института медицинского образования Российского научно-исследовательского нейрохирургического института им. проф. А. Л. Поленова – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» (Санкт-Петербург, Россия);

Андрей Валентинович Иваненко – доктор медицинских наук, доцент кафедры нейрохирургии Института медицинского образования Российского научно-исследовательского нейрохирургического института им. проф. А. Л. Поленова – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» (Санкт-Петербург, Россия);

Андрей Валерьевич Кудзиев – врач-нейрохирург Российского научно-исследовательского нейрохирургического института им. проф. А. Л. Поленова – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова»;

Елена Владимировна Адиева – врач-анестезиолог Российского научно-исследовательского нейрохирургического института им. проф. А. Л. Поленова – филиала

Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова»;

Дарья Александровна Ситовская – научный сотрудник НИЛ патоморфологии нервной системы Российского научно-исследовательского нейрохирургического института им. проф. А. Л. Поленова – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова»;

Александр Зурабович Гагиев – клинический ординатор кафедры нейрохирургии Российского научно-исследовательского нейрохирургического института им. проф. А. Л. Поленова – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» (Санкт-Петербург, Россия);

Ангелина Сергеевна Цындяйкина – аспирант кафедры нейрохирургии Института медицинского образования Российского научно-исследовательского нейрохирургического института им. проф. А. Л. Поленова – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» (Санкт-Петербург, Россия).

Information about the authors

Semen A. Turanov – Postgraduate Student at the Department of Neurosurgery, Polenov Neurosurgery Institute – the branch of Almazov National Medical Research Centre (St. Petersburg, Russia);

Andrei V. Ivanenko – Dr. of Sci. (Tech.), Associate Professor at the Department of Neurosurgery, Polenov Neurosurgery Institute – the branch of Almazov National Medical Research Centre (St. Petersburg, Russia);

Andrey V. Kudziev – Neurosurgeon, Polenov Neurosurgery Institute – the branch of Almazov National Medical Research Centre (St. Petersburg, Russia);

Elena V. Adieva – Anesthesiologist, Polenov Neurosurgery Institute – the branch of Almazov National Medical Research Centre (St. Petersburg, Russia);

Daria A. Sitovskaia – Researcher at the Research Institute of Pathomorphology of the Nervous System Pathologist, Polenov Neurosurgery Institute – the branch of Almazov National Medical Research Centre (St. Petersburg, Russia);

Alexandr Z. Gagiev – Clinical Resident at the Department of Neurosurgery, Polenov Neurosurgery Institute – the branch of Almazov National Medical Research Centre (St. Petersburg, Russia);

Angelina S. Tsyndyaykina – Postgraduate Student at the Department of Neurosurgery, Polenov Neurosurgery Institute – the branch of Almazov National Medical Research Centre (St. Petersburg, Russia).

Принята к публикации 29.11.2024

Accepted 29.11.2024