DOI: 10.17650/1683-3295-2021-23-1-101-108

РАДИОХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ МЕНИНГИОМЫ ОСНОВАНИЯ ЧЕРЕПА В РЕЖИМЕ ГИПОФРАКЦИОНИРОВАНИЯ

А.С. Токарев¹, С.Е. Зуев¹, В.А. Рак¹, В.Н. Степанов¹, Г.В. Койнаш¹, О.Л. Евдокимова¹, А.А. Гринь^{1,2},
В.Е. Синицын³, А.В. Природов¹

¹ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения г. Москвы», Россия, 129090 Москва, Б. Сухаревская пл., 3;

²ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России; Россия, 127473 Москва, ул. Десятская, 20, стр. 1;

³ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова»; Россия, 119991 Москва, Ленинские горы, 1

Контакты: Сергей Евгеньевич Зуев zu85@bk.ru

Цель работы – описать клинический случай радиохирургического лечения менингиомы основания черепа в режиме гипофракционирования.

Клиническое наблюдение. Пациентку С., 55 лет, в течение 5 лет беспокоила головная боль. В 2012 г. при магнитно-резонансной томографии обнаружена петрокливая менингиома слева, активно равномерно накапливающая контрастный препарат. Больная воздержалась от какого-либо лечения. Позже при контрольном исследовании головного мозга выявлено увеличение размеров опухоли до 24 × 45 × 27 мм; при этом по латеральному контуру она распространялась в левую височную область, по медиальному контуру обрастала левый зрительный нерв, хиазму и проникала в левую верхнечелюстную пазуху. Выполнено радиохирургическое лечение менингиомы основания черепа в режиме гипофракционирования (3 фракции с предписанной дозой 7 Гр на фракцию) с межфракционным интервалом 2 дня. За время наблюдения (37 мес) отмечено уменьшение объема опухоли, зрение сохранилось на дооперационном уровне.

Заключение. Данный клинический пример демонстрирует возможности радиохирургического лечения менингиом большого размера и сложной структуры.

Ключевые слова: менингиома, опухоли основания черепа, радиохирургическое лечение

Для цитирования: Токарев А.С., Зуев С.Е., Рак В.А. Радиохирургическое лечение менингиомы основания черепа в режиме гипофракционирования. Нейрохирургия 2021;23(1):101–8. DOI: 10.17650/1683-3295-2021-23-1-101-108.

Hypofractionated skull base meningioma radiosurgery (case report)

A.S. Tokarev¹, S.E. Zuev¹, V.A. Rak¹, V.N. Stepanov¹, G.V. Koynash¹, O.L. Evdokimova¹, A.A. Grin^{1,2}, V.E. Sinitsyn³, A.V. Prirodov¹

¹N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow Healthcare Department; 3 Bolshaya Sukharevskaya Sq., Moscow 129090, Russia;

²A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Ministry of Health of Russia; Bld. 1, 20 Delegatskaya St., Moscow 127473, Russia

³Lomonosov Moscow State University; 1 Leninskie Gory, Moscow 119991, Russia

Contacts: Sergey Evgenievich Zuev zu85@bk.ru

The objective is to describe a case of hypofractionated skull base meningioma radiosurgery.

Clinical case. For 5 years, female patient S., 55 years old, suffered from headaches. In 2012, magnetic resonance imaging of the brain showed petroclival meningioma on the left actively and homogeneously accumulating the contrast agent. The patient refrained from any type of treatment. Control magnetic resonance imaging showed an increase in tumor size up to 24 × 45 × 27 mm; at the lateral margin it spread to the left temporal area, at the medial margin it grew around the left optic nerve, chiasm spreading into the left maxillary sinus. We performed three-fraction radiosurgery for skull base meningioma according to hypofractionation scheme (7 Gr/fraction with 2 day interval). 37 months postoperatively, tumor volume had complete regression. There are no optic disturbances.

Conclusion. This case report demonstrates treatment results of difficult structure tumor and describe radiosurgical possibilities in big size meningiomas.

Key words: meningioma, skull base tumours, radiosurgery

For citation: Tokarev A.S., Zuev S.E., Rak V.A. et al. Hypofractionated skull base meningioma radiosurgery (case report). *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2021;23(1):101–8. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2021-23-1-101-108.

ВВЕДЕНИЕ

Опухоли основания черепа классифицируются в зависимости от гистологического типа и локализации [1]:

1. Опухоли передней черепной ямки (в том числе опухоли глазницы и области синусов):
 - менингиома;
 - ольфакторная нейробластома (эстезионейробластома);
 - рак слизистой оболочки околоносовых пазух.
2. Опухоли средней черепной ямки:
 - аденома гипофиза;
 - краниофарингиома;
 - киста кармана Ратке;
 - менингиома.
3. Опухоли задней черепной ямки:
 - акустическая шваннома;
 - хондросаркома;
 - хордома;
 - эпидермоидная опухоль;
 - менингиома.

Менингиомы – наиболее распространенные внутричерепные опухоли, на долю которых приходится 35–44 % всех случаев новообразований [2, 3].

Все менингеальные опухоли подразделяются на доброкачественные (grade I), агрессивные/атипичные менингиомы (grade II) и злокачественные, или анапластические менингиомы (grade III) [4].

Клиническая картина на момент выявления опухоли значительно варьирует – от бессимптомного течения до выраженного неврологического дефицита, что обусловлено различиями в размерах и локализации опухолей.

Микрохирургическое удаление играет главную роль в лечении менингиом, предотвращая развитие тяжелых неврологических нарушений. В 1957 г. D. Simpson доказал, что радикальность удаления опухоли – важный прогностический фактор, позволяющий оценить риск последующего прогрессирования или рецидивирования опухоли. По предложенной им классификации операция I степени радикальности – тотальное удаление опухоли с вовлеченной твердой мозговой оболочкой и костью; II степени – тотальное удаление опухоли с коагуляцией дуральных грануляций; III степени – тотальное удаление опухоли без резекции или коагуляции дуральных грануляций или внедуральных проявлений; IV степени – частичное удаление опухоли; V степени – декомпрессивная трепанация или биопсия [5].

Однако выбор метода лечения в том числе зависит от расположения опухоли, ее размера, скорости роста, степени злокачественности, оснащенности лечебного учреждения и общего состояния пациента [6].

Как альтернативу микрохирургической резекции на протяжении последних 30 лет применяют стереотаксическую радиохирургию. Она обеспечивает контроль над ростом опухоли в течение 5 и 10 лет более чем у 90 % больных и не сопровождается инвалидизацией пациента [7–15].

Однако возможность выполнения стереотаксических радиохирургических вмешательств ограничена размером опухоли (не более 30–40 мм) и расположенными в области мишени радиочувствительными структурами [16].

Когда невозможно осуществить однократное облучение ввиду больших размеров образования или сложности его расположения, проводят фракционную дистанционную лучевую терапию. В многочисленных исследованиях доказано, что она не только значительно снижает вероятность рецидива опухоли после удаления, но и эффективна в качестве самостоятельного метода лечения неоперабельных опухолей, таких как менингиомы оболочки зрительного нерва и кавернозного синуса [17–25].

Новые возможности нейровизуализации, планирования лечения и подведения дозы облучения существенно изменили концепцию лечения менингиом. Облучение используют в качестве самостоятельного метода, а также метода адъювантной терапии после операции или метода лечения рецидивов опухоли (это зависит от ее размеров, расположения, степени пролиферативной активности, степени радикальности удаления по классификации D. Simpson, общего состояния пациента и прогноза заболевания).

Совершенствование методики лечения на аппарате «гамма-нож» позволяет провести облучение больших и труднодоступных опухолей с хорошим функциональным исходом, придерживаясь принципов радиохирургии и фракционной лучевой терапии. Мы представляем случай радиохирургического лечения пациентки с петроклиальной менингиомой в режиме трехкратного гипофракционирования. В научной литературе имеются лишь отдельные сообщения о случаях лечения указанным способом больших менингиом основания черепа.

КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ

Пациентку С., 55 лет, в течение 5 лет беспокоила головная боль. В 2012 г. при магнитно-резонансной

томографии (МРТ) головного мозга обнаружена петро-кливальная менингиома слева, активно равномерно накапливающая контрастный препарат. Больная воздерживалась от какого-либо лечения.

При контрольной МРТ головного мозга с внутривенным контрастным усилением от 25.11.2016 выявлено увеличение размеров опухоли до $24 \times 45 \times 27$ мм; при этом по латеральному контуру образование распространялось в левую височную область, по медиальному контуру обрастало вокруг левого зрительного нерва, хиазмы и проникало в левую верхнечелюстную пазуху. Также по медиальному контуру образования визуализирован участок с менее активным накоплением контрастного препарата, распространяющийся вдоль кавернозного сегмента левой внутренней сонной артерии; примерные размеры этого участка $7,5 \times 11 \times 20$ мм, левый зрительный нерв вовлечен в структуру опухоли.

При неврологическом осмотре отмечено следующее: сознание ясное; менингеального синдрома, нистагма, общемозговой симптоматики нет. Движения глаз в полном объеме. Черепно-мозговая иннервация без особенностей. Двигательные и чувствительные нарушения отсутствуют. В позе Ромберга устойчива. Координаторные пробы выполняет уверенно с обеих сторон. Высшие корковые функции сохранены. Индекс Karnofsky 90 %. Результат офтальмоскопического осмотра: зрение сохранено, поля зрения не сужены с двух сторон.

Пациентка поступила в Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского 02.12.2016 для стереотаксического радиохирургического лечения на аппарате Leksell Gamma Knife Perfexion (Elekta AB, Швеция).

Перед установкой стереотаксической рамы выполнена прицельная визуализация зрительных нервов в режиме диффузионного тензора (DTI) с построением объемных моделей проводящих путей (рис. 1). После выполнения МРТ-топометрии все полученные данные проанализированы. Ввиду большого объема опухоли, обрастания ею функционально значимых структур, высокого риска развития лучевых повреждений при проведении однократного лечения (рис. 2) принято решение о проведении радиохирургического лечения в режиме трехкратного гипофракционирования (3 фракции с предписанной дозой 7 Гр и межфракционным интервалом 2 дня).

При облучении опухоли удалось достичь показателей покрытия (coverage) и селективности (selectivity) 98 и 90 % соответственно. В предполагаемой области прорастания левого зрительного нерва локальный максимум дозы не превышал 6,9 Гр. Разовая доза при каждой фракции на хиазму не превышала 7 Гр. Все 3 фракции были с одними параметрами и идентичной конфигурацией изоцентров, с предотвращением так называемых горячих точек — зон с чрезмерной дозой облучения (рис. 3, 4),

Рис. 1. Прицельная визуализация зрительных нервов у пациентки С. в режиме диффузионного тензора (DTI) с построением объемной модели проводящих путей на рабочей станции фирмы General Electric: а — вид сзади; б — вид спереди. 1 — правый зрительный нерв; 2 — левый зрительный нерв; 3 — правый зрительный тракт; 4 — левый зрительный тракт; 5 — хиазма; 6 — опухоль

Fig. 1. Targeted visualization of female patient S.'s optic nerves using diffusion tensor imaging (DTI) with reconstruction of a 3D model of the tracts using General Electric workstation: а — rear view; б — front view. 1 — right optic nerve; 2 — left optic nerve; 3 — right optic tract; 4 — left optic tract; 5 — chiasm; 6 — tumor

Рис. 2. Магнитно-резонансная топометрия пациентки С. Распределение дозы 7 Гр при планировании радиохирургического лечения с краевой предписанной дозой 12 Гр. Желтым цветом обозначено распределение дозы 12 Гр, зеленым цветом — кривая изодозы 7 Гр. 1 — зрительный нерв; 2 — гипофиз; 3 — ствол головного мозга; 4 — опухоль

Fig. 2. Magnetic resonance topometry of female patient S. Distribution of 7 Gy dose during planning of radiosurgical treatment with prescribed marginal dose 12 Gy. Yellow shows 12 Gy dose distribution, green — 7 Gy isodose. 1 — optic nerve; 2 — pituitary gland; 3 — brain stem; 4 — tumor

Рис. 3. План радиохирургического лечения пациентки С. в режиме гипофракционирования. Желтым цветом обозначено-распределение дозы 7 Гр — совпадает с контуром опухоли. 1 — зрительный нерв; 2 — гипофиз; 3 — ствол головного мозга; 4 — опухоль

Fig. 3. Plan of radiosurgical treatment of female patient S. in the hypofractionation mode. Yellow shows 7 Gy dose distribution — same as tumor perimeter. 1 — optic nerve; 2 — pituitary gland; 3 — brain stem; 4 — tumor

Рис. 4. Пример плана лечения с возникновением «горячих точек» при неправильном расположении радиохирургических «шотов». 1 – 95-процентная изодоза (зеленый контур); 2 – контур опухоли (зеленый); 3 – 50-процентная изодоза (желтый контур)

Fig. 4. An example of treatment plan with hot spots in case of incorrect placement of radiosurgical shots. 1 – 95-percent isodose (green contour); 2 – tumor perimeter (green); 3 – 50-percent isodose (yellow contour)

Рис. 5. Схема расположения радиохирургических «шотов» во время планирования лечения: а – неверное: возникают «горячие точки» в области мишени; б – верное: отсутствуют «горячие точки» в области мишени. 1 – радиохирургический «шот»; 2 – контур мишени

Fig. 5. Diagram of placement of radiosurgical shots during treatment planning: а – incorrect: hot spots at the target area; б – correct: no hot spots at the target area. 1 – radiosurgical shot; 2 – tumor perimeter

которые возникают при неправильном расположении «шотов» (рис. 5).

После операции каждые 6 мес проводили МРТ головного мозга с внутривенным контрастированием на аппарате Signa HDxt (3,0 Тл, General Electric, США) (рис. 6).

Пациентка консультирована офтальмологом с обязательным проведением периметрии. За 37 мес наблюдения при волюметрическом анализе отмечено уменьшение объема опухоли (см. таблицу). Ухудшения зрения не зарегистрировано.

Рис. 6. Магнитно-резонансная томография головного мозга в аксиальной проекции с контрастным усилением в режиме T1-взвешенных изображений: а — в день лечения. Размеры опухоли 46 × 27 × 25 мм. Объем опухоли 17,16 см³; б — через 12 мес. Размеры опухоли 44 × 23 × 24 мм. Объем опухоли 13,49 см³; в — через 30 мес. Размеры опухоли 42 × 21 × 24 мм. Объем опухоли 11,81 см³

Fig. 6. T1-weighted contrast-enhanced magnetic resonance imaging of the brain in the axial projection: а — at treatment day. Tumor size 46 × 27 × 25 mm. Tumor volume 17.16 cm³; б — after 12 months. Tumor size 44 × 23 × 24 mm. Tumor volume 13.49 cm³; в — after 30 months. Tumor size 42 × 21 × 24 mm. Tumor volume 11.81 cm³

Динамика линейных размеров и объема опухоли у пациентки С.
Dynamics of the linear dimensions and volume of the tumor in patient S.

Дата Date	Объем, см³ Volume, cm³	Линейные размеры, мм Linear dimensions, mm
02.12.2016 Лечение Treatment	17,16	46 × 27 × 25
06.06.2017	14,96	43 × 26 × 24
06.12.2017	13,49	44 × 23 × 24
24.12.2018	12,11	43 × 22 × 23
26.06.2019	11,81	42 × 21 × 24
16.01.2020	11,06	42 × 20 × 23

ОБСУЖДЕНИЕ

Фракционная стереотаксическая радиохирургия объединяет такие качества, как прецизионность стереотаксического позиционирования и радиобиологические возможности фракционирования, что обеспечивает более высокие общие дозы при сохранении высокого покрытия. Это позволяет остановить рост и снизить риск некроза и постлучевой токсичности в отсроченном периоде.

В связи с вовлечением большого объема здоровых тканей в область облучения при классической лучевой терапии высок риск развития постлучевых реакций.

Преимущество классического радиохирургического лечения заключается в сохранении здоровых тканей

при диаметре опухоли <3,5 см и объеме ≤8 см³ [26–28]. Одним из наиболее важных факторов, обуславливающих успех радиохирургического лечения, является степень покрытия опухолевого объема. М. Shin и соавт. показали, что контроль над ростом менингиомы значительно ухудшается, если не весь объем мишени получил эффективную радиохирургическую дозу [29]. Таким образом, радиохирургия утрачивает свои преимущества, если поле облучения слишком большое или захватывает функциональные зоны, поэтому при опухолях диаметром >3 см и/или расположенных на расстоянии <3 мм от зрительного нерва предпочтение отдается хирургическому удалению опухоли, а не облучению [26, 29–34].

Однако с учетом тяжелого общего состояния и возраста некоторых пациентов, а также вовлечения в процесс крупных кровеносных сосудов проведение резекции опухоли сопряжено с крайне высоким риском развития осложнений. В данной ситуации современные возможности лучевой терапии и радиохирургии позволяют достичь контроля над ростом опухоли при сохранении высокой конформности и небольшой длительности лечения [26, 35, 36–39].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанный нами клинический случай демонстрирует эффективность радиохирургического лечения сфенопетрокливальной менингиомы, прилежащей к зрительному нерву, в режиме гиподифракционирования дозы на аппарате Leksell Gamma Knife. С учетом высокого градиента дозы между опухолью и здоровой

тканью риск развития постлучевых нейротоксических реакций в отдаленном периоде оказался низким.

Радиохирургическое лечение в режиме гипофракционирования может быть эффективным у пациентов

с менингиомами большого размера и/или расположенными вблизи функционально значимых структур, а также у пациентов с тяжелой соматической патологией.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- DeMonte F., Marmor E., Al-Mefty O. Meningiomas. In: Brain tumors. Ed. by A. Kaye, E. Laws. 2nd edn. London: Churchill Livingstone, 2001. Pp. 719–750.
- Gigineishvili D., Gigineishvili T., Tsiskaridze A. et al. Incidence rates of the primary brain tumours in Georgia – a population-based study. *BMC Neurol* 2014; 14:29. DOI: 10.1186/1471-2377-14-29.
- Dolecek T.A., Propp J.M., Stroup N.E., Kruchko C. CBTRUS statistical report: primary brain and central nervous system tumors diagnosed in the United States in 2005–2009. *Neuro Oncol* 2012; 14 Suppl 5:v1–49. DOI: 10.1093/neuonc/nos218.
- Louis D.N., Ohgaki H., Wiestler O.D. et al. The 2007 WHO classification of tumours of the central nervous system. *Acta Neuropathol* 2007; 114(2):97–109. DOI: 10.1007/s00401-007-0243-4.
- Simpson D. The recurrence of intracranial meningiomas after surgical treatment. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1957; 20(1):22–39. DOI: 10.1136/jnnp.20.1.22.
- Ayoubi S., Dunn I.F., Al-Mefty O. Meningeal tumors. In: Brain tumors: an encyclopedic approach. Ed. by A.H. Kaye, E.R. Laws Jr. Edinburgh, London, New York, Oxford, Philadelphia, St. Louis, Sydney, Toronto: Saunders Elsevier, 2012. Pp. 600–629.
- Pollock B.E., Stafford S.L., Link M.J. et al. Single-fraction radiosurgery of benign cavernous sinus meningiomas. *J Neurosurg* 2013; 119(3):675–82. DOI: 10.3171/2013.5.JNS13206.
- Pollock B.E., Stafford S.L., Link M.J. et al. Stereotactic radiosurgery of World Health Organization grade II and III intracranial meningiomas: treatment results on the basis of a 22-year experience. *Cancer* 2012; 118(4):1048–54. DOI: 10.1002/cncr.26362.
- Williams B.J., Yen C.P., Starke R.M. et al. Gamma Knife surgery for parasellar meningiomas: long-term results including complications, predictive factors, and progression-free survival. *J Neurosurg* 2011; 114(6):1571–7. DOI: 10.3171/2011.1.JNS091939.
- Park S.H., Kano H., Niranjan A. et al. Stereotactic radiosurgery for cerebellopontine angle meningiomas. *J Neurosurg* 2013; 120(3):708–15. DOI: 10.3171/2013.11.JNS131607.
- Flannery T.J., Kano H., Lunsford L.D. et al. Long-term control of petroclival meningiomas through radiosurgery. *J Neurosurg* 2010; 112(5):957–64. DOI: 10.3171/2009.8.JNS09695.
- Ding D., Xu Z., McNeill I.T. et al. Radiosurgery for parasagittal and parafalcine meningiomas. *J Neurosurg* 2013; 119(4):871–7. DOI: 10.3171/2013.6.JNS13110.
- Ferraro D.J., Funk R.K., Blackett J.W. et al. A retrospective analysis of survival and prognostic factors after stereotactic radiosurgery for aggressive meningiomas. *Radiat Oncol* 2014; 9:38. DOI: 10.1186/1748-717X-9-38.
- Spiegelmann R., Cohen Z.R., Nissim O. et al. Cavernous sinus meningiomas: a large LINAC radiosurgery series. *J Neurooncol* 2010; 98(2):195–202. DOI: 10.1007/s11060-010-0173-1.
- Kondziolka D., Madhok R., Lunsford L.D. et al. Stereotactic radiosurgery for convexity meningiomas. *J Neurosurg* 2009; 111(3):458–63. DOI: 10.3171/2008.8.JNS17650.
- Torrens M., Chung C., Chung H.T. et al. Standardization of terminology in stereotactic radiosurgery: report from the Standardization Committee of the International Leksell Gamma Knife Society. *J Neurosurg* 2014; 121 Suppl:2–15. DOI: 10.3171/2014.7.GKS141199.
- Combs S.E., Adeberg S., Dittmar J.-O. et al. Skull base meningiomas: long-term results and patient self-reported outcome in 507 patients treated with fractionated stereotactic radiotherapy (FSRT) or intensity-modulated radiotherapy (IMRT). *Radiother Oncol* 2013; 106(2):186–91. DOI: 10.1016/j.radonc.2012.07.008.
- Tanzler E., Morris C.G., Kirwan J.M. et al. Outcomes of WHO grade I meningiomas receiving definitive or postoperative radiotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2011; 79(2):508–13. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2009.11.032.
- Henzel M., Gross M.W., Hamm K. et al. Significant tumor volume reduction of meningiomas after stereotactic radiotherapy: results of a prospective multi-center study. *Neurosurgery* 2006; 59(6):1188–94. DOI: 10.1227/01.NEU.0000245626.93215.F6.
- Milker-Zabel S., Zabel-du Bois A., Huber P. et al. Intensity-modulated radiotherapy for complex-shaped meningioma of the skull base: long-term experience of a single institution. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2007; 68(3):858–63. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2006.12.073.
- Milker-Zabel S., Zabel A., Schulz-Ertner D. et al. Fractionated stereotactic radiotherapy in patients with benign or atypical intracranial meningioma: long-term experience and prognostic factors. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005; 61(3):809–16. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2004.07.669.
- Metellus P., Batra S., Karkar S. et al. Fractionated conformal radiotherapy in the management of cavernous sinus meningiomas: long-term functional outcome and tumor control at a single institution. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2010; 78(3):836–43. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2009.08.006.
- Correa S.F.M., Marta G.N., Teixeira M.J. Neurosymptomatic cavernous sinus meningioma: a 15-years experience with fractionated stereotactic radiotherapy and radiosurgery. *Radiat Oncol* 2014; 9:27. DOI: 10.1186/1748-717X-9-27.
- Soldà F., Wharram B., De Ieso P.B. et al. Long-term efficacy of fractionated radiotherapy for benign meningiomas. *Radiother Oncol* 2013; 109(2):330–4. DOI: 10.1016/j.radonc.2013.10.006.
- Maclean J., Fersht N., Bremner F. et al. Meningioma causing visual impairment: outcomes and toxicity after intensity-modulated radiation therapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2013; 85(4):e179–86. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2012.10.032.
- Alheit H., Saran F.H., Warrington A.P. et al. Stereotactically guided conformal radiotherapy for meningiomas. *Radiother Oncol* 1999; 50(2):145–50. DOI: 10.1016/s0167-8140(98)00133-9.
- Morita A., Coffey R.J., Foote R.L. et al. Risk of injury to cranial nerves after gamma knife radiosurgery for skull base meningiomas: experience in 88 patients. *J Neurosurg* 1999; 90(1):42–9. DOI: 10.3171/jns.1999.90.1.0042.
- Singh V.P., Kansal S., Vaishya S. et al. Early complications following gamma knife radiosurgery for intracranial meningiomas. *J Neurosurg* 2000; 93 Suppl 3:57–61. DOI: 10.3171/jns.2000.93.supplement.
- Shin M., Kurita H., Sasaki T. et al. Analysis of treatment outcome after stereotactic radiosurgery for cavernous sinus meningiomas. *J Neurosurg* 2001; 95(3):435–9. DOI: 10.3171/jns.2001.95.3.0435.
- Black P.M., Villavicencio A.T., Rhouddou C., Loeffler J.S. Aggressive surgery and focal radiation in the management

- of meningiomas of the skull base: preservation of function with maintenance of local control. *Acta Neurochir (Wien)* 2001;143(6):555–62. DOI: 10.1007/s007010170060.
31. Duma C., Lunsford L.D., Kondziolka D. et al. Stereotactic radiosurgery of cavernous sinus meningiomas as an addition or alternative to microsurgery. *Neurosurgery* 1993;32(5):699–704. DOI: 10.1227/00006123-199305000-00001.
 32. Maguire P.D., Clough R., Friedman A.H., Halperin E.C. Fractionated external-beam radiation therapy for meningiomas of the cavernous sinus. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1999;44(1):75–9. DOI: 10.1016/s0360-3016(98)00558-6.
 33. Pendl G., Schrittner O., Eustacchio S. et al. Cavernous sinus meningiomas – what is the strategy: upfront or adjuvant gamma knife surgery? *Stereotact Funct Neurosurg* 1998;70(Suppl 1):33–40. DOI: 10.1159/000056404.
 34. Vermeulen S., Young R., Li F. et al. A comparison of single fraction radiosurgery tumor control and toxicity in the treatment of basal and non basal meningiomas. *Stereotact Funct Neurosurg* 1999;72(Suppl 1):60–6. DOI: 10.1159/000056440.
 35. Chen J.C., Giannotta S.L., Yu C. et al. Radiosurgical management of benign cavernous sinus tumors: dose profiles and acute complications. *Neurosurgery* 2001;48(5):1022–30. DOI: 10.1097/00006123-200105000-00011.
 36. Becker G., Schlögel W., Major J. et al. Stereotactic convergent beam radiosurgery versus stereotactic conformation beam radiotherapy. *Acta Neurochir* 1995;63:44–51. DOI: 10.1007/978-3-7091-9399-0_10.
 37. Debus J., Hug E.B., Liebsch N.J. et al. Brainstem tolerance to conformal radiotherapy of skull base tumors. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1997;39(5):967–75. DOI: 10.1016/s0360-3016(97)00364-7.
 38. Pourel N., Auque J., Bracard S. et al. Efficacy of external fractionated radiation therapy in the treatment of meningiomas: a 20-year experience. *Radiother Oncol* 2001;61(1):65–70. DOI: 10.1016/s0167-8140(01)00391-7.
 39. Solberg T.D., Selch M.T., Smathers J.B., DeSalles A.A. Fractionated stereotactic radiotherapy: rationale and methods. *Med Dosim* 1998;23(3):209–19. DOI: 10.1016/s0958-3947(98)00016-8.

Вклад авторов

A.C. Токарев: определение тактики лечения больной и его организация, научное редактирование текста статьи;
 С.Е. Зуев: проведение послеоперационного контроля, написание текста статьи;
 В.А. Рак: лечение больной, научное редактирование текста статьи;
 В.Н. Степанов: обследование больной, научное редактирование текста статьи;
 Г.В. Койнаш: планирование радиохирургической операции;
 О.Л. Евдокимова: обзор публикаций по теме статьи, научное консультирование;
 А.А. Гринь: научное редактирование текста статьи;
 В.Е. Синицын, А.В. Природов: научное консультирование.

Authors' contributions

A.S. Tokarev: defining the tactics of patient treatment and its organization, scientific editing of the article;
 S.E. Zuev: postoperative control, article writing;
 V.A. Rak: treatment of the patient, scientific editing of the article;
 V.N. Stepanov: examination of the patient, scientific editing of the article;
 G.V. Koynash: planning of radiosurgical operation;
 O.L. Evdokimova: reviewing of publications on the topic of the article, scientific advice;
 A.A. Grin: scientific editing of the article;
 V.E. Sinitsyn, A.V. Prirodov: scientific advice.

ORCID авторов / ORCID of authors

A.C. Токарев / A.S. Tokarev: <https://orcid.org/0000-0002-8415-5602>
 С.Е. Зуев / S.E. Zuev: <https://orcid.org/0000-0003-4860-6848>
 В.А. Рак / V.A. Rak: <https://orcid.org/0000-0002-4534-8719>
 В.Н. Степанов / V.N. Stepanov: <https://orcid.org/0000-0003-0007-8054>
 Г.В. Койнаш / G.V. Koynash: <https://orcid.org/0000-0001-9507-0797>
 О.Л. Евдокимова / O.L. Evdokimova: <https://orcid.org/0000-0001-8099-9544>
 А.А. Гринь / A.A. Grin: <https://orcid.org/0000-0003-3515-8329>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.
Financing. The work was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики

Пациент подписал информированное согласие на публикацию своих данных.
Compliance with patient rights and principles of bioethics
 The patient gave written informed consent to the publication of their data.

Статья поступила: 20.02.2020. **Принята к публикации:** 16.12.2020.
Article submitted: 20.02.2020. **Accepted for publication:** 16.12.2020.