DOI 10.37469/0507-3758-2026-72-5-2679

Вопросы онкологии, 2026. Том 72, № 5
УДК 615.849
DOI 10.37469/0507-3758-2026-72-5-2679

© *А.И. Лестровая[1], Н.А. Коновалов[1,2], И.Н. Пронин[1,2], А.С. Кузнецова[1], Ю.В. Струнина[1], Г.В. Данилов[1], А.В. Голанов[1,2]*

Стереотаксическая лучевая терапия гемангиобластом центральной нервной системы: результаты одноцентрового ретроспективного исследования

[1]Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Российская Федерация
[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

© *Arina I. Lestrovaya[1], Nikolay A. Konovalov[1,2], Igor N. Pronin[2], Anastasiia S. Kuznetsova[1], Uliya V. Strunina[1], Gleb V. Danilov[1], Andrey V. Golanov[1,2]*

Stereotactic Radiotherapy for Central Nervous System Hemangioblastomas: Results of a Single-Center Retrospective Study

[1]N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Moscow, the Russian Federation
[2]Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, the Russian Federation

Введение. Гемангиобластомы (ГАБ) — редкие доброкачественные васкуляризированные опухоли центральной нервной системы (ЦНС), возникающие спорадически или в рамках болезни Гиппеля — Линдау (БГЛ). Хирургическая резекция остается «золотым стандартом» лечения симптоматических узлов, однако при множественном характере роста, труднодоступной локализации и/или высоком риске оперативного вмешательства в настоящее время предпочтение отдается стереотаксической лучевой терапии (СТЛТ).

Цель. Оценка эффективности и безопасности различных режимов СТЛТ, а также анализ прогностических факторов, влияющих на результаты лечения, прежде всего на локальный контроль опухолевого роста и бессобытийную выживаемость.

Материалы и методы. В ретроспективное исследование включены 135 пациентов с 798 ГАБ, получивших лечение в период с 2005 по 2023 гг. Медиана объема опухоли составила 0,1 см³ (0,0002–79,62 см³), медиана периода наблюдения — 48,2 мес. (от 24 до 221 мес.). Применялись следующие режимы фракционирования облучения: радиохирургия (одна фракция, 77,4 % опухолей), гипофракционирование (три-пять фракций, 20,8 %) и стандартное фракционирование (25–30 фракций, 1,8 %).

Результаты. Локальный контроль (стабилизация + частичный регресс) достигнут в 98,7 % случаев. Пяти- и десятилетняя безрецидивная выживаемость (БРВ) составили 98 и 92 % соответственно. Постлучевые реакции (отек/некроз) зафиксированы в 12,1 % случаев, большинство из которых протекали бессимптомно. Факторами, ассоциированными с худшим прогнозом, явились больший объем опухоли ($p < 0,001$), наличие кистозного компонента (повышение риска прогрессии кисты в 42 раза, $p < 0,001$) и спорадический характер заболевания ($p = 0,001$). Осложнений при облучении спинальных ГАБ ($n = 210$) не зафиксировано.

Заключение. СТЛТ является эффективным и безопасным методом лечения ГАБ, обеспечивающим высокий уровень локального контроля. Наличие БГЛ является

Introduction. Hemangioblastomas (HBs) are rare benign vascular tumors of the central nervous system (CNS) that arise sporadically or in the context of von Hippel — Lindau disease (VHL). Surgical resection remains the gold standard for symptomatic lesions; however, in cases of multiple tumors, difficult-to-access locations, and/or high surgical risk, stereotactic radiotherapy (SRT) is currently the preferred treatment option.

Aim. To evaluate the efficacy and safety of SRT regimens and to identify prognostic factors affecting treatment outcomes, particularly local tumor control and event-free survival.

Materials and methods. This retrospective study included 135 patients with 798 HBs treated between 2005 and 2023. The median tumor volume was 0.1 cm³ (range, 0.0002–79.62 cm³), and the median follow-up period was 48.2 months (range, 24–221 months). The following fractionation regimens were used: radiosurgery (single fraction, 77.4 % of tumors), hypofractionated radiotherapy (3–5 fractions, 20.8 %), and conventionally fractionated radiotherapy (25–30 fractions, 1.8 %).

Results. Local control (stabilization plus partial regression) was achieved in 98.7 % of cases. The 5- and 10-year recurrence-free survival (RFS) rates were 98 and 92 %, respectively. Adverse radiation effects (edema/necrosis) were observed in 12.1 % of cases, most of which were asymptomatic. Factors associated with worse prognosis included larger tumor volume ($p < 0.001$), the presence of a cystic component (42-fold increased risk of cyst progression, $p < 0.001$), and sporadic disease ($p = 0.001$). No complications were recorded after irradiation of spinal HBs ($n = 210$).

Conclusion. SRT is an effective and safe treatment modality for HBs, providing high rates of local control. VHL-associated disease is a favorable prognostic factor. Patients with

прогностически благоприятным фактором. Пациенты с кистозными опухолями требуют особого подхода ввиду низкой эффективности облучения в отношении кистозного компонента и последующего риска его последующего увеличения. Полученные результаты сопоставимы с данными ведущих международных исследований и дополняют их новыми количественными критериями отбора пациентов.

Ключевые слова: гемангиобластома; стереотаксическая лучевая терапия; болезнь Гиппеля — Линдау; радиохирургия

Для цитирования: Лестровая А.И., Коновалов Н.А., Пронин И.Н., Кузнецова А.С., Струнина Ю.В., Данилов Г.В., Голанов А.В. Стереотаксическая лучевая терапия гемангиобластом центральной нервной системы: результаты одноцентрового ретроспективного исследования. *Вопросы онкологии*. 2026; 72(5): 1030–1038.-DOI: 10.37469/0507-3758-2026-72-5-2679

cystic tumors require a tailored approach due to the limited efficacy of irradiation on the cystic component and the subsequent risk of its enlargement. The results are comparable to those of leading international studies and are further complemented by new quantitative criteria for patient selection.

Keywords: hemangioblastoma; stereotactic radiotherapy; von Hippel–Lindau disease; radiosurgery

For Citation: Arina I. Lestrovaya, Nikolay A. Konovalov, Igor N. Pronin, Anastasiia S. Kuznetsova, Uliya V. Strunina, Gleb V. Danilov, Andrey V. Golanov. Stereotactic Radiotherapy for Central Nervous System Hemangioblastomas: Results of a Single-Center Retrospective Study. *Voprosy Onkologii = Problems in Oncology*. 2026; 72(5): 1030–1038.-DOI: 10.37469/0507-3758-2026-72-5-2679

✉ Контакты: Голанов Андрей Владимирович, Golanov@nsi.ru

Введение

Гемангиобластомы (ГАБ) представляют собой медленно растущие доброкачественные (Grade I по классификации ВОЗ) васкуляризированные опухоли, составляющие 1–2,5 % всех новообразований центральной нервной системы (ЦНС) и до 8–12 % опухолей задней черепной ямки [1]. Примерно в 25–30 % случаев ГАБ являются одним из ключевых проявлений болезни Гиппеля — Линдау (БГЛ) — аутосомно-доминантного наследственного онкологического синдрома, связанного с мутацией в гене-супрессоре *VHL* [2].

Радикальное хирургическое удаление доступных опухолей, прежде всего, проявляющихся соответствующей клинической картиной, остается методом выбора, обеспечивающим длительный контроль заболевания [3]. Однако у пациентов с БГЛ часто наблюдаются множественные синхронные и метахронные опухоли различной локализации, что ограничивает целесообразность проведения оперативных вмешательств, с повышением их рисков. В таких случаях при субтотальной резекции, рецидивах, труднодоступном расположении или малых размерах узлов и множественном их характере все более широкое применение находит стереотаксическая лучевая терапия (СТЛТ) [4–6].

Современные данные, включая крупный метаанализ A. Zare и соавт. (2025), подтверждают высокую эффективность стереотаксической радиохирургии (РХ) с уровнем пятилетнего локального контроля около 87–89 % [7]. Тем не менее, вопросы влияния кистозного компонента, оптимального объема опухоли для выбора метода лечения и долгосрочной безопасности остаются предметом обсуждения.

Целью данного одноцентрового ретроспективного исследования явилась оценка отдаленных результатов и безопасности различных режимов СТЛТ у пациентов с ГАБ ЦНС, а также выявление прогностических факторов, влияющих на эффективность лучевого лечения.

Материалы и методы

В ретроспективное исследование включены 135 пациентов, прошедших курс СТЛТ по поводу 798 ГАБ в отделении радиотерапии НМИЦ нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко в период с 2005 по 2023 гг. Соотношение женщин и мужчин составило 1,45:1. Медиана возраста на момент лечения — 37 лет (от 13 до 76). Пациенты с БГЛ (n = 102, 75,6 %) были значимо моложе пациентов со спорадическими опухолями (медиана — 29 и 46 лет соответственно, $p < 0,05$). Множественный характер поражения выявлен у 103 (76,3 %) пациентов. Клиническая характеристика пациентов представлена в табл. 1.

Характеристика опухолей. Из 798 опухолей 588 (73,7 %) имели интракраниальную локализацию (из них 97,3 % — субтенториальную), 210 (26,3 %) располагались на различных уровнях спинного мозга. Кистозный компонент до лечения выявлен в 7,1 % случаев, перифокальный отек — в 6,4 %. Медиана объема мишени составила 0,1 см³ [ИР 0,03; 0,4].

Методика лечения. Терапия проводилась на установках КиберНож, ГаммаНож, TrueBeam STx и Новалис. Выбор режима фракционирования зависел от объема опухоли, ее близости к критическим структурам (стволу мозга, зрительным путям, спинному мозгу) и наличия перифокального отека. В 77,4 % случаев (n = 618) применена РХ (одна фракция, средняя доза — 18,3 Гр), в 20,8 % (n = 166) — гипофракционирование (три-пять фракций, СОД 22,7–27,8 Гр), в 1,8 % (n = 14) — стандартное фракционирование (25–30 фракций, СОД 45–60 Гр). Параметры лечения представлены в табл. 2.

Таблица 1. Клиническая характеристика пациентов

Параметр	Значение (n = 135)
Пол (жен./муж.)	80 / 55
Медиана возраста, лет (диапазон)	37 (13–76)
Пациенты с БГЛ, n (%)	102 (75,6 %)
Спорадические ГАБ, n (%)	33 (24,4 %)
Множественные ГАБ (≥ 2), n (%)	103 (76,3 %)
Верификация диагноза (морфологически), n (%)	104 (77 %)
Медиана количества опухолей на одного пациента [IQR*]	4 [1; 8]

* МКР — межквартильный размах.

Table 1. Baseline clinical characteristics of patients

Variable	Value (n = 135)
Sex (female/male)	80 / 55
Median age, years (range)	37 (13–76)
Patients with VHL, n (%)	102 (75.6 %)
Sporadic HBs, n (%)	33 (24.4 %)
Multiple HBs (≥ 2), n (%)	103 (76.3 %)
Morphological verification of diagnosis, n (%)	104 (77 %)
Median number of tumors per patient [IQR*]	4 [1; 8]

* IQR — Interquartile Range.

Таблица 2. Параметры лучевого лечения в зависимости от режима фракционирования

Режим фракционирования	Число опухолей, n (%)	Медиана объема, см³ [МКР]	Средняя предписанная доза, Гр (диапазон)
Радиохирургия (одна фракция)	618 (77,4 %)	0,06 [0,025; 0,2]	18,3 (14,2–22)
Гипофракционирование (три-пять фракций)	166 (20,8 %)	0,41 [0,1; 2,33]	22,7 / 27,8
Стандартный режим (25–30 фракций)	14 (1,8 %)	11,4 [1,62; 16,72]	53,9 (45–60)

* МКР — межквартильный размах.

Table 2. Radiation therapy parameters by fractionation regimen

Fractionation regimen	Number of tumors, n (%)	Median volume, cm³ [IQR*]	Mean prescribed dose, Gy (range)
Radiosurgery (1 fr.)	618 (77.4 %)	0.06 [0.025; 0.2]	18.3 (14.2–22)
Hypofractionation (3–5 fr.)	166 (20.8 %)	0.41 [0.1; 2.33]	22.7 / 27.8
Standard regimen (25–30 fr.)	14 (1.8 %)	11.4 [1.62; 16.72]	53.9 (45–60)

* IQR — Interquartile Range.

Оценка эффективности. Контрольная МРТ с контрастным усилением проводилась каждые 6 мес. в первый год, затем ежегодно. Ответ оценивался как: полный регресс, частичный регресс (> 1 мм), стабилизация или продолженный рост (> 1 мм). Анализ выживаемости проведен методом Каплана — Майера, прогностические факторы оценивались с помощью регрессионной модели Кокса. Статистически значимым считался уровень $p < 0,05$.

Результаты

Локальный контроль и выживаемость. При медиане наблюдения 48,2 мес. локальный контроль опухолевого роста достигнут в 98,7 % случаев (частичный регресс — 46,2 %, стабилизация — 51,6 %). Полного регресса не зафиксировано. Продолженный рост отмечен для 14 опухолей (1,98 %). Пяти- и десятилетняя безрецидивная выживаемость (БРВ) составили 98 и 92 % соответственно (рис. 1, А).

Бессобытийная выживаемость (контроль кист). Под «бессобытийной выживаемостью» (БСВ) понималось отсутствие роста существующих или появления новых кист. Пяти- и десятилетняя БСВ составили 95 и 89 % соответственно (рис. 2). Наличие кисты до лечения являлось критическим фактором, повышая риск прогрессии кисты после облучения в 42 раза ($p < 0,001$) (рис. 1, В).

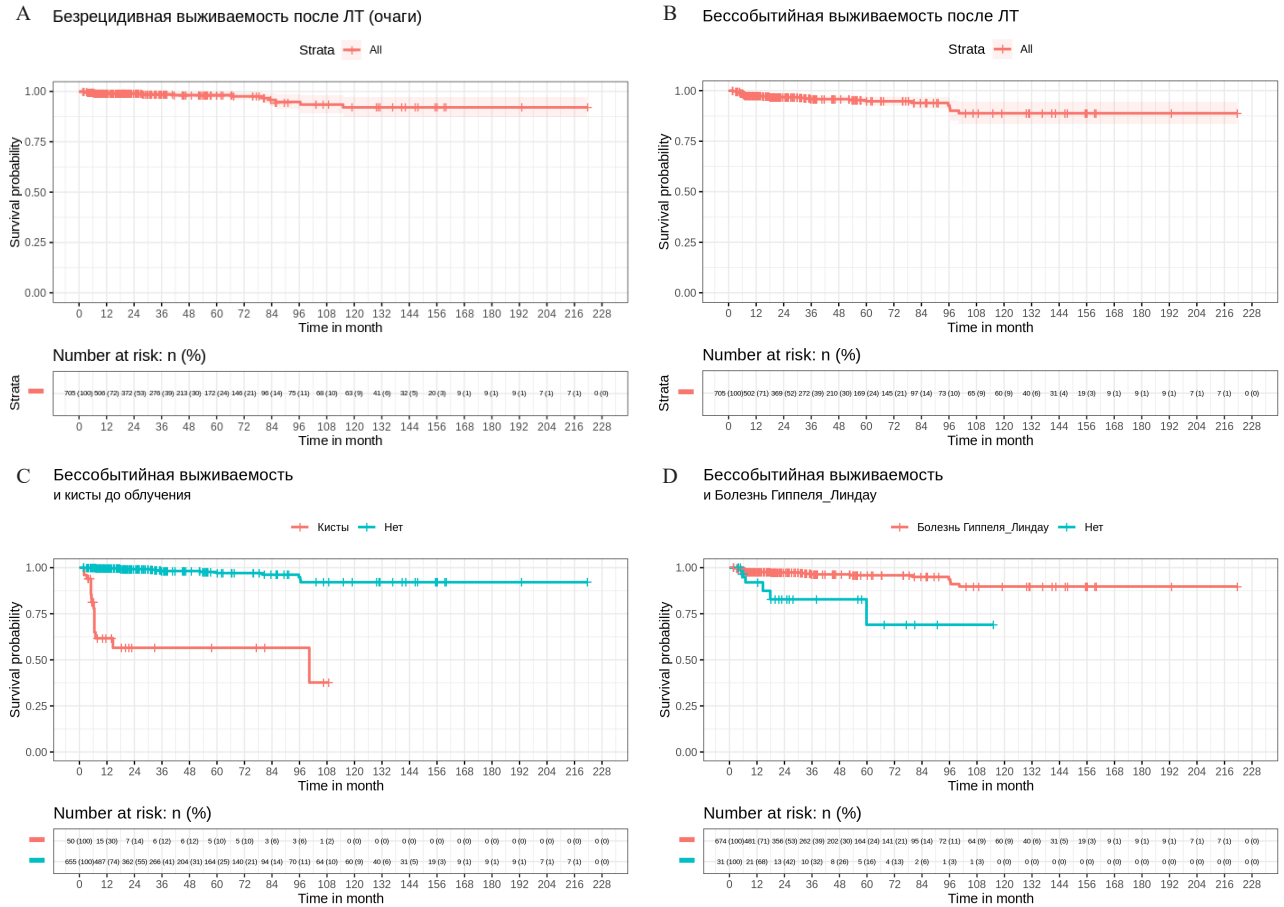


Рис. 1. Графическое представление результатов анализа выживаемости. А — Безрецидивная выживаемость (БРВ) пациентов после стереотаксической лучевой терапии гемангиобластом ЦНС (метод Каплана — Майера). По оси абсцисс — время наблюдения (месяцы), по оси ординат — вероятность дожития. Пунктирными линиями обозначен 95 %-ный доверительный интервал. Медиана наблюдения — 48,2 мес. Пятилетняя БРВ составила 98 %, десятилетняя — 92 %; В — Бессобытийная выживаемость (БСВ) всей когорты пациентов после стереотаксической лучевой терапии (метод Каплана — Майера). Под бессобытийной выживаемостью понимается отсутствие роста существующих или появления новых кист. Пятилетняя БСВ составила 95 %, десятилетняя — 89 %; С — БСВ после стереотаксической лучевой терапии в зависимости от наличия кистозного компонента до лечения. Кривая 1 — опухоли без кист до облучения (n = (741), кривая 2 — новообразования с наличием кист до облучения (n = 57). Различия статистически значимы (p < 0,001, логранговый тест). Наличие кисты до лечения повышает риск прогрессии кисты после облучения в 42 раза (отношение рисков — 42,0; 95 %-ный ДИ: 18,6–96,8; p < 0,001); D — Бессобытийная выживаемость в зависимости от ассоциации опухоли с болезнью Гиппеля — Линдау. Различия статистически значимы p < 0,001. Прогностически благоприятным фактором является ассоциация опухоли с болезнью Гиппеля — Линдау

Fig. 1. Graphical representation of survival analysis results. A — Recurrence-free survival (RFS) of patients with CNS hemangioblastomas following stereotactic radiotherapy (Kaplan–Meier method). The x-axis represents follow-up time (months), and the y-axis represents survival probability. Dashed lines indicate the 95 % confidence interval. Median follow-up was 48.2 months. The 5- and 10-year RFS rates were 98 and 92 %, respectively; B — Event-free survival (EFS) for the entire patient cohort following stereotactic radiotherapy (Kaplan — Meier method). Event-free survival was defined as the absence of growth of existing cysts or the appearance of new cysts. The 5- and 10-year EFS rates were 95 and 89 %, respectively; C — EFS following stereotactic radiotherapy according to the presence of a cystic component before treatment. Curve 1: tumors without pre-treatment cysts (n = 741); Curve 2: tumors with pre-treatment cysts (n = 57). The difference was statistically significant (p < 0.001, log-rank test). The presence of a pre-treatment cyst increased the risk of post-irradiation cyst progression 42-fold (hazard ratio, 42.0; 95 % CI: 18.6–96.8; p < 0.001); D — EFS according to tumor association with von Hippel–Lindau disease. The difference was statistically significant (p < 0.001). Association with von Hippel–Lindau disease was identified as a favorable prognostic factor

Прогностические факторы. При многофакторном анализе, проведенном с помощью регрессии Кокса, выявлены следующие независимые факторы, ассоциированные с большой вероятностью и скоростью рецидива опухоли:

1. Больший объем опухоли (ОР = 1,05; p < 0,001).
2. Спорадический характер — отсутствие связи с БГЛ (отношение рисков (ОР) — 7,59; p = 0,001).
3. Локализация — интракраниальное расположение (ОР = 10,0; p = 0,035).
4. Старший возраст пациента (ОР = 1,04; p = 0,017) (как косвенный признак преобладания спорадических форм).

Ассоциация с БГЛ прогностически являлась более благоприятным фактором, чем спорадический характер заболевания.

Токсичность. Нежелательные постлучевые реакции (перифокальный отек/некроз) зафиксированы в 12,1 % случаев (n = 96 опухолей), преимущественно при интракраниальном расположении. Большинство реакций протекали бессимптомно и были выявлены только на МРТ.

Таблица 3. Результаты стереотаксического облучения гемангиобластом по данным различных авторов

Автор	Год	Локализация (Кр/Сп)	Аппарат (ГН/КН/ЛУ/	Количество пациентов/ опухолей	Период наблюдения (мес.)	Средний объем опухоли, см³	Краевая доза, Гр	Пятилетняя БРВ
Patrice и соавт. [4]	1996	Кр	ГН	22/38	24,5	0,95 cc	15,5	86 %
Wang и соавт. [5]	2005	Кр	ГН	35/93	66	1,3	17,2	82,9 %
Tago и соавт. [6]	2005	Кр	ГН	13/38	36	0,23	20	96,2 %
Kano и соавт. [8]	2008	Кр	ГН	32/74	61,4	0,72	16	89,9 %
Sayer и соавт. [9]	2011	Кр	ГН	14/26	55,4	1,65	18	74 %
Selch с соавт. [10]	2012	Сп	ЛУ	5/16	51	0,72	12	95 %
Kano и соавт. [11]	2015	Кр	ГН	186/517	66	1,74	16,7	89 %
Pan и соавт. [12]	2017	Сп	СК	28/46	54,3	0,264	21,6	92,3 %
Liebenow и соавт. [13]	2019	Кр	ГН	15/101	65*	28*	17,8	95 %
Zibly и соавт. [14]	2020	Кр	ЛУ	14/23	89	1,06*	15,5	87 %
Yoo и соавт. [15]	2024	Кр + Сп	КН	35/135	57	0,4 cc	18	91,3 (Кр) 97,4 (Сп)
Tos и соавт. [16]	2025	Кр	ГН	82	51,5**	1,8**	16	75 %
Zare и соавт. (meta) [7]	2025	Кр + Сп	ГН + КН + ЛУ	627/1761	Различный	Различный	*18,2	92 % (Кр) 85 % (Сп) 87 % (Кр + Сп)
Taori и соавт. [17]	2025	Сп	КН + ЛУ	184/207 (БГЛ — 15п)	63	5,4	14	92 %
Golanov и соавт., [18]	2025	Кр + Сп	ГН + КН + ЛУ	135/798	48,2	0,1*	РХ = 18,3/ Гф = 22,7/ СТ = 53,9	98 %

Гр — Грей, БРВ — безрецидивная выживаемость (локальный контроль), ГН — Гамма-нож, КН — КиберНож, ЛУ — линейный ускоритель, * медиана, ** среднее; Кр — интракраниальная локализация; Сп — спинальная локализация, РХ — радиохирургический режим фракционирования (одна фракция); Гф — гипофракционирование; СТ — стандартный режим фракционирования.

Table 3. Results of stereotactic irradiation of hemangioblastomas reported in the literature

Author	Year	Location (Cranial/ Spinal)	Device (GK/CK/ Linac)/	Patients/ tumors, n	Follow-up, months	Tumor volume, cm³	Marginal dose, Gy	5-year PFS, %
Patrice et al. [4]	1996	Cranial	GK	22/38	24.5	0.95	15.5	86 %
Wang et al. [5]	2005	Cranial	GK	35/93	66	1.3	17.2	82.9 %
Tago et al. [6]	2005	Cranial	GK	13/38	36	0.23	20	96.2 %
Kano et al. [8]	2008	Cranial	GK	32/74	61.4	0.72	16	89.9 %
Sayer et al. [9]	2011	Cranial	GK	14/26	55.4	1.65	18	74 %
Selch et al. [10]	2012	Spinal	Linac	5/16	51	0.72	12	95 %
Kano et al. [11]	2015	Cranial	GK	186/517	66	1.74	16.7	89 %
Pan et al. [12]	2017	Spinal	CK	28/46	54.3	0.264	21.6	92.3 %
Liebenow et al. [13]	2019	Cranial	GK	15/101	65 *	28 *	17.8	95 %
Zibly et al. [14]	2020	Cranial	Linac	14/23	89	1.06*	15.5	87 %
Yoo et al. [15]	2024	Cranial + Spinal	CK	35/135	57	0.4 cc	18	91.3 (Cranial) 97.4 (Spinal)
Tos et al. [16]	2025	Cranial	GK	82	51.5 **	1.8**	16	75 %
Zare et al. (meta-analysis) [7]	2025	Cranial + Spinal	GK + CK + Linac	627/1761	Varied	Varied	*18.2	92 (Cranial) 85 (Spinal) 87 (Cranial + Spinal)
Taori et al. [17]	2025	Spinal	CK + Linac	184/207 (VHL — 15)	63	5.4	14	92 %
Golanov et al. [18]	2025	Cranial + Spinal	GK + CK + Linac	135/798	48.2	0.1*	RS = 18.3 HF = 22.7 ST = 53.9	98 %

Gy — Gray; PFS — progression-free survival (local control); GK — Gamma Knife; CK — CyberKnife; Linac — linear accelerator; * — median; ** — mean; RS — radiosurgery (1 fraction); HF — hypofractionation; ST — standard fractionation.

2024-11-08

ROC-анализ — прогноз роста очага в зависимости от объема

optimal_cutpoint	acc	sensitivity	specificity	AUC
4.672	0.9574468	0.5333333	0.9666667	0.7661836

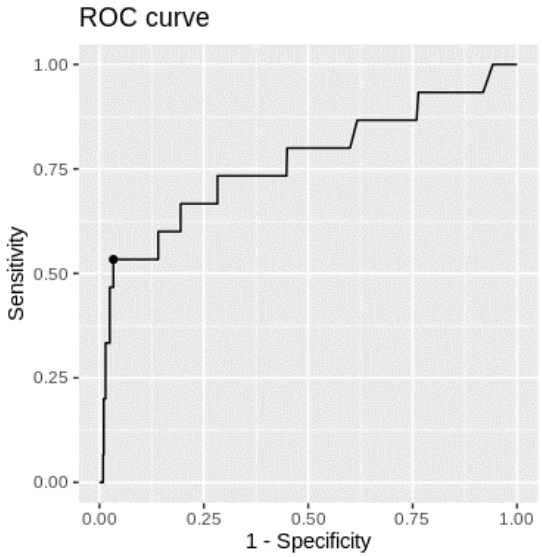


Рис. 2. ROC-кривая для прогнозирования рецидива опухоли в послеоперационном периоде по величине ее исходного объема. Оптимальным порогом для прогнозирования роста очага является объем опухоли 4,672. При использовании этого значения чувствительность прогноза составляет 53,3 %, специфичность — 96,7 %, точность — 95,7 %. Площадь под ROC-кривой равна 0,77

Fig. 2. ROC curve for predicting tumor recurrence in the postoperative period based on initial tumor volume. The optimal threshold for predicting lesion growth was a tumor volume of 4.67 cm³. At this threshold, sensitivity was 53.3 %, specificity was 96.7 %, and accuracy was 95.7 %. The area under the ROC curve (AUC) was 0.77

Симптоматические реакции, потребовавшие назначения стероидов (n = 7) или бевацизумаба (n = 2), наблюдались у девяти пациентов. При облучении спинальных гемангиобластом (n = 210) постлучевых реакций не зафиксировано. Факторами риска осложнений стали больший объем опухоли и наличие перифокального отека до лечения.

Обсуждение

Представленные результаты подтверждают высокую эффективность СТЛТ в лечении ГАБ. Достигнутый уровень локального контроля (98,7 %) и пятилетней БРВ (98 %) сопоставим с данными ведущих мировых центров [4–22; 24–25] и превосходит объединенные показатели недавнего метаанализа A. Zare и соавт. (2025), где пятилетний локальный контроль составил 87 % (95 %-ный ДИ: 82–91 %) [7]. Это объясняется особенностями нашей когорты, в которой преобладали пациенты с БГЛ (75,6 %), а опухоли имели малый объем (медиана — 0,1 см³), что является идеальными условиями для применения радиохирургии.

Прогностическая роль кистозного компонента. Риск прогрессии кисты после облучения, несмотря на эффективный контроль солидного узла, остается крайне высоким. В нашем исследовании наличие кисты до лечения повышало риск ее роста или появления новых кист в 42 раза ($p < 0,001$, рис. 1, C). Это согласуется с наблюдениями H. Kano и соавт. и других исследователей, которые отмечают, что СТЛТ значительно менее эффективна в отношении кист, требующих хирургического дренирования или резекции при наличии масс-эффекта [12, 13, 15]. Таким образом, наличие симптомной кисты является аргументом в пользу хирургии, а не лучевой терапии.

Роль диагноза БГЛ как фактора, ассоциированного с лучшей выживаемостью, подтверждена в нашем исследовании ($p < 0,001$, рис. 1, D) и полностью соответствует выводам метаанализа A. Zare и соавт., показавшего пятилетний контроль 94 % для VHL-ассоциированных опухолей против 82 % для спорадических ($p < 0,001$) [7], и других авторов [17–20]. Это, вероятно, связано с более молодым возрастом пациентов с БГЛ и ранним выявлением опухолей в рамках скрининговых программ, что позволяет лечить их на стадии малого объема. При этом достоверной разницы в эффективности стереотаксического облучения спорадических и ассоциированных с болезнью Гиппеля — Линдау не выявлено.

Роль объема опухоли. Больший объем опухоли ассоциирован с большим риском раннего рецидива (ОР = 1,05). По результатам ROC-анализа, был определен порог объема опухоли (4,7 см³), оптимальный для прогнозирования

ее продолженного роста (рис. 2). Эта величина может служить практическим ориентиром для выбора тактики. При объеме > 4,7 см³ прогноз рецидива после облучения становится более надежным, что требует рассмотрения либо гипофракционирования, либо хирургического подхода. Метарегрессионный анализ A. Zare и соавт. также показал, что больший объем опухоли является негативным фактором для выживаемости пациентов, хотя не продемонстрировал статистически значимого влияния на локальный контроль, что может быть связано с гетерогенностью включенных исследований [7].

Безопасность метода. Частота осложнений (12,1 %) находится в пределах значений, опубликованных в мировой литературе (11–15 %) [7, 21–23]. Выявленная прямая связь осложнений с большим объемом и существующим перед назначением лучевого лечения отеком указывает на необходимость более осторожного выбора метода лечения у этой группы пациентов. Крайне важным представляется факт отсутствия осложнений при лечении спинальных ГАБ (0 % из 210), что стало возможным благодаря использованию современных линейных ускорителей для стереотаксического облучения (КиберНож, TrueBeam STx) и строгому соблюдению дозовых ограничений на спинной мозг и свидетельствует о высокой прецизионности СТЛТ.

Сравнение спинальных и интракраниальных опухолей. В нашем исследовании пятилетняя БРВ для спинальных ГАБ составила 99 %, что превышает показатели для интракраниальных опухолей. Тенденция согласуется с данными как A. Zare и соавт., где пятилетний контроль для спинальных ГАБ составил 92 против 85 % для интракраниальных, хотя разница и не достигла статистической значимости (p = 0,08) [7], так и других авторов [10, 15–17, 22–25]. СТЛТ может рассматриваться как безопасная и эффективная альтернатива хирургии при спинальной локализации.

Ограничения исследования. Работа имеет ограничения, связанные с ретроспективным дизайном, гетерогенностью групп по режимам фракционирования и длительным периодом включения в исследование, за который техника облучения значительно эволюционировала. Тем не менее, большой размер выборки и длительный период наблюдения свидетельствуют о достоверности полученных выводов.

Заключение

Стереотаксическая лучевая терапия является высокоэффективным и безопасным методом лечения гемангиобластом ЦНС, обеспечивающим долгосрочный локальный контроль у 98 % пациентов. Наличие болезни Гиппеля — Линдау и малый объем опухоли становятся наиболее значимыми благоприятными прогностическими факторами. Пациенты с кистозным компонентом опухоли составляют группу риска по прогрессированию кисты после облучения и требуют индивидуализированного подхода с предпочтением хирургического лечения при наличии симптомов. Оптимальным пороговым объемом солидного компонента опухоли для прогнозирования ее роста является 4,7 см³. Полученные результаты позволяют рассматривать СТЛТ как метод выбора при множественных, резидуальных и труднодоступных ГАБ малого и среднего объема.

Дополнительная информация

При подготовке рукописи авторы использовали языковую модель DeepSeek исключительно для стилистического редактирования текста. Технологии искусственного интеллекта не применялись для генерации первичных данных, статистического анализа, интерпретации результатов или формулирования научных выводов. Авторы полностью проверили и утвердили окончательный текст рукописи и несут ответственность за его точность, оригинальность и научное содержание.

Acknowledgments

The authors used the DeepSeek large language model solely for stylistic language editing. Artificial intelligence technologies were not used to generate primary data, perform statistical analysis, interpret results, or formulate scientific conclusions. The authors have thoroughly reviewed and approved the final manuscript and accept full responsibility for its accuracy, originality, and scientific content.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Финансирование

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Соглашение № 075-15-2025-559 от 11.06.2025).

Funding

This work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Agreement No. 075-15-2025-559 dated June 11, 2025).

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики

Все процедуры с вовлечением больных были проведены в соответствии с Хельсинкской декларацией по правам человека. Выполнение данной работы одобрено этическим комитетом НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко, протокол № 4 от 23.04.2020. Все пациенты подписывали информированное согласие на участие в исследовании.

Compliance with patient rights and principles of bioethics

All procedures involving human participants were performed in accordance with the ethical standards of the Declaration of Helsinki. The study was approved by the Ethics Committee of the Federal State Autonomous Institution “N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery” (Protocol No. 4 dated April 23, 2020). All patients provided written informed consent to participate in the study.

Участие авторов
Авторы декларируют соответствие своего авторства международным критериям ICMJE.
Лестровая А.И. — введение и оперативное лечение пациентов, сбор материала исследования, написание текста статьи, анализ и интерпретация данных, обзор публикаций по теме статьи; оформление статьи;
Коновалов Н.А. — анализ литературы, правка и редакция статьи;
Пронин И.Н. — получение данных для анализа, интерпретации данных, правка и редакция статьи;
Кузнецова А.С. — получение и обработка данных;
Струнина Ю.В. — статистическая обработка полученных данных, редакция статьи;
Данилов Г.В. — анализ полученных данных, оформление и редакция статьи;
Голанов А.В. — разработка дизайна исследования, анализ полученных данных, оформление статьи, написание текста рукописи, редакция текста.
Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразил(и) согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.

Author's contributions
The authors declare that their authorship meets the ICMJE criteria.
Lestrova A.I. — patient management and surgical treatment, study material collection, manuscript writing, data analysis and interpretation, literature review, article formatting;
Konovalov N.A. — literature analysis, article revision and editing;
Pronin I.N. — data acquisition for analysis, data interpretation, article revision and editing;
Kuznetsova A.S. — data acquisition and processing;
Strunina Yu.V. — statistical data processing, article editing;
Danilov G.V. — data analysis, article formatting and editing;
Golanov A.V. — study design, data analysis, article formatting, manuscript writing and editing.
All authors have approved the final version of the article before publication, agreed to assume responsibility for all aspects of the work, implying proper review and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Daniels A.B., Tirosh A., Huntoon K., et al. Guidelines for surveillance of patients with von Hippel-Lindau disease: Consensus statement of the International VHL Surveillance Guidelines Consortium and VHL Alliance. *Cancer*. 2023; 129(19): 2927-40.-DOI: https: 10.1002/cncr.34896.
2. Leeuwaarde R.S., Ahmad S., van Nesselrooij B., et al. Von Hippel-Lindau Syndrome. In: Adam M.P., Bick S., Mirzaa G.M., et al, eds. *GeneReviews®*. Seattle (WA): University of Washington, Seattle; 1993-2000; last revision 2025.-URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK1463/.
3. Chen L., Xiong Z., Zhou Y., et al. Clinical characteristics, surgical management, and prognostic factors for supratentorial hemangioblastoma: A retrospective study. *Front Surg*. 2022; 9: 1092140.-DOI: https: 10.3389/fsurg.2022.1092140.
4. Patrice S.J., Sneed P.K., Flickinger J.C., et al. Radiosurgery for hemangioblastoma: results of a multiinstitutional experience. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 1996; 35(3): 493-9.-DOI: https: 10.1016/s0360-3016(96)80011-3.
5. Wang E.M., Pan L., Wang B.J., et al. The long-term results of gamma knife radiosurgery for hemangioblastomas of the brain. *J Neurosurg*. 2005; 102 Suppl: 225-9.-DOI: https: 10.3171/jns.2005.102.s_supplement.0225.
6. Tago M., Terahara A., Shin M., et al. Gamma knife surgery for hemangioblastomas. *J Neurosurg*. 2005; 102 Suppl: 171-4.-DOI: https: 10.3171/jns.2005.102.s_supplement.0171.
7. Zare A., Zare A., Khaboushan A.S., et al. Stereotactic radiosurgery in the management of central nervous system hemangioblastomas: a systematic review and meta-analysis. *Neurosurg Rev*. 2025; 48(1): 303.-DOI: https: 10.1007/s10143-025-03454-9.
8. Kano H., Niranjan A., Mongia S., et al. The role of stereotactic radiosurgery for intracranial hemangioblastomas. *Neurosurgery*. 2008; 63(3): 443-50.-DOI: https: 10.1227/01.NEU.0000313120.81565.D7.
9. Sayer F.T., Nguyen J., Starke R.M., et al. Gamma knife radiosurgery for intracranial hemangioblastomas--outcome at 3 years. *World Neurosurg*. 2011; 75(1): 99-105.-DOI: https: 10.1016/j.wneu.2010.09.032.
10. Selch M.T., Tenn S., Agazaryan N., et al. Image-guided linear accelerator-based spinal radiosurgery for hemangioblastoma. *Surg Neurol Int*. 2012; 3: 73.-DOI: https: 10.4103/2152-7806.98386.
11. Kano H., Shuto T., Iwai Y., et al. Stereotactic radiosurgery for intracranial hemangioblastomas: a retrospective international outcome study. *J Neurosurg*. 2015; 122(6): 1469-78.-DOI: https: 10.3171/2014.10.JNS131602.
12. Pan J., Ho A.L., D'Astous M., et al. Image-guided stereotactic radiosurgery for treatment of spinal hemangioblastoma. *Neurosurg Focus*. 2017; 42(1): E12.-DOI: https: 10.3171/2016.10.FOCUS16361.
13. Liebenow B., Tatter A., Dezarn W.A., et al. Gamma knife stereotactic radiosurgery favorably changes the clinical course of hemangioblastoma growth in von Hippel-Lindau and sporadic patients. *J Neurooncol*. 2019; 142(3): 471-8.-DOI: https: 10.1007/s11060-019-03118-x.
14. Zibly Z., Cohen Z.R., Peled A., et al. Linear accelerator stereotactic radiosurgery can modulate the clinical course of Hemangioblastoma: Case series and review of the literature. *J Clin Neurosci*. 2020; 82(Pt A): 162-5.-DOI: https: 10.1016/j.jocn.2020.09.026.
15. Yoo K.H., Park D.J., Marianayagam N.J., et al. Stereotactic radiosurgery for cranial and spinal hemangioblastomas: A single-institution retrospective series. *Neurosurgery*. 2024; 94(3): 630-42.-DOI: https: 10.21203/rs.3.rs-2784616/v1.
16. Tos S.M., Hajikarimloo B., Mantziaris G., et al. Comparative analysis of stereotactic radiosurgery outcomes for supratentorial hemangioblastomas in von hippel-lindau disease and sporadic cases: A multi-center international study. *J Clin Neurosci*. 2024; 129: 110879.-DOI: https: 10.1016/j.jocn.2024.110879.
17. Taori S., Adida S., Kann M.R., et al. Spine stereotactic radiosurgery provides long-term local control and overall survival for benign intradural tumors. *Neurosurgery*. 2024; 96(5): 1113–1123.-DOI: https: 10.1227/neu.0000000000003219.
18. Golanov A., Lestrovaya A., Konovalov N., et al. Stereotactic radiotherapy for intracranial and intramedullary hemangioblastomas. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2025; 123(1): e265.-DOI: https: 10.1016/j.ijrobp.2025.06.2117.
19. Shaaban A., Tos S.M., Mantziaris G., et al. Outcomes after stereotactic radiosurgery for intracranial hemangioblastoma in von hippel-lindau disease and sporadic cases: An international

multicenter study. *Neurosurgery*. 2026; 98(2): 412-22.-DOI: https: 10.1227/neu.0000000000003579.

20. Tos S.M., Maroufi S.F., Hajikarimloo B., et al. Stereotactic radiosurgery as adjuvant or salvage treatment for sporadic hemangioblastomas: A multi-center international study. *J Neurol Sci*. 2025; 479: 125656.-DOI: https: 10.1016/j.jns.2025.125656.
21. Лестровая А.И., Голанов А.В., Коновалов Н.А., et al. Стереотаксическое облучение спинальных гемангиобластом. *Вопросы нейрохирургии имени Н.Н. Бурденко*. 2024; 88(6): 63-70.-DOI: 10.17116/neiro20248806163. [Lestrovaya A.I., Golanov A.V., Konovalov N.A., et al. Stereotactic radiotherapy of spinal hemangioblastoma. *Burdenko's Journal of Neurosurgery = Voprosy neirokhirurgii imeni N.N. Burdenko*. 2024; 88(6): 63-70.-DOI: 10.17116/neiro20248806163 (In Rus)].
22. Hanakita S., Koga T., Shin M., et al. The long-term outcomes of radiosurgery for intracranial hemangioblastomas. *Neuro Oncol*. 2014; 16(3): 429-33.-DOI: https: 10.1093/neuonc/not201.
23. Pan J., Jabarkheel R., Huang Y., et al. Stereotactic radiosurgery for central nervous system hemangioblastoma: systematic review and meta-analysis. *J Neurooncol*. 2018; 137(1): 11-22.-DOI: https: 10.1007/s11060-017-2697-0.
24. Qiu J., Cai D., Yang F., et al. Stereotactic radiosurgery for central nervous system hemangioblastoma in von Hippel-Lindau disease: A systematic review and meta-analysis. *Clin Neurol Neurosurg*. 2020; 195: 105912.-DOI: https: 10.1016/j.clineuro.2020.105912.
25. Cvek J., Knybel L., Reguli S., et al. Stereotactic radiotherapy for spinal hemangioblastoma — disease control and volume analysis in long-term follow up. *Rep Pract Oncol Radiother*. 2022; 27(1): 134-41.-DOI: https: 10.5603/RPOR.a2022.0003.

Поступила в редакцию / Received / 21.04.2026
Прошла рецензирование / Reviewed / 07.08.2026
Принята к печати / Accepted for publication / 17.09.2026

Сведения об авторах / Author Information / ORCID

Арина Игоревна Лестровая / Arina I. Lestrovaya / ORCID ID: 0009-0005-1143-2030; Author ID (Scopus): 58657373200.

Андрей Владимирович Голанов / Andrey V. Golanov / ORCID ID: 0000-0002-0976-4547; eLibrary SPIN: 1100-9829; Researcher ID (WOS): AAO-6527-2020; Author ID (Scopus): 7004089940.

Николай Александрович Коновалов / Nikolay A. Konovalov / ORCID ID: 0000-0002-9976-948X; eLibrary SPIN: 9436-3719; Researcher ID (WOS): AAO-7364-2020; Author ID (Scopus): 7003385215.

Игорь Николаевич Пронин / Igor N. Pronin / ORCID ID: 0000-0002-4480-0275; eLibrary SPIN: 9223-9217; Researcher ID (WOS): HSB-2675-2023; Author ID (Scopus): 7006011755.

Юлия Викторовна Струнина / Uliya V. Strunina / ORCID ID: 0000-0001-5010-6661; eLibrary SPIN: 9799-5066; Author ID (Scopus): 56771318400.

Анастасия Сергеевна Кузнецова / Anastasiia S. Kuznetsova / ORCID ID: 0009-0007-1614-3208; eLibrary SPIN: 7641-4776.

Глеб Валерьевич Данилов / Gleb V. Danilov / ORCID ID: 0000-0003-1442-5993; eLibrary SPIN: 4140-8998; Researcher ID (WOS): P-6080-2016; Author ID (Scopus): 56042615200.