

Современные аспекты стереотаксической биопсии опухолей центральной нервной системы: проблема неинформативных результатов

Контакты:

Алексей Александрович
Веселков
AVeselkov@nsi.ru

С.А. Маряшев¹, А.А. Веселков¹, Е.А. Трубников¹, М.В. Рыжова¹, А.В. Гаврюшин¹,
Д.Х. Багратунян², Г.Л. Кобяков¹, А.А. Поддубский¹, И.Н. Пронин¹

¹ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко»
Минздрава России; Россия, 125047 Москва, 4-я Тверская-Ямская ул., 16;

²ФГАУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет); Россия,
119435 Москва, Большая Пироговская ул., 2, стр. 4

Введение. Современная нейроонкология требует морфологической и молекулярно-генетической верификации опухолей центральной нервной системы для выбора оптимальной тактики лечения. Несмотря на высокую информативность методов нейровизуализации, окончательный диагноз в большинстве случаев может быть установлен только на основании данных гистологического исследования ткани. Стереотаксическая биопсия (СТБ) является минимально инвазивным методом получения диагностического материала, однако проблема неинформативных результатов сохраняет клиническую значимость.

Цель исследования – оценить диагностическую эффективность и выявить основные причины неинформативных результатов СТБ опухолей головного мозга.

Материалы и методы. Проведен ретроспективный анализ 172 СТБ, выполненных в НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко в 2023–2024 гг. Всем пациентам выполнены комплексное нейровизуализационное обследование (компьютерная томография, магнитно-резонансная томография), а также гистологическое и молекулярно-генетическое исследование биопсийного материала.

Результаты. Диагностическая информативность СТБ составила 92,4 % ($n = 159$), при повторном пересмотре препаратов – 95,9 % ($n = 165$). Основной причиной неинформативных результатов биопсий ($n = 7$) были технические ошибки при планировании, а именно некорректный выбор точки цели. Наличие диагностически значимого материала при срочном исследовании было статистически значимо ассоциировано с итоговой информативностью биопсии.

Заключение. СТБ остается высокоэффективным и относительно безопасным методом получения диагностического материала при опухолях головного мозга. В условиях современной нейроонкологии она имеет ключевое значение для морфологической и молекулярной верификации, определяющей тактику лечения. Для повышения точности и воспроизводимости процедуры целесообразны внедрение интраоперационного контроля и унификация стандартов выполнения СТБ.

Ключевые слова: стереотаксическая биопсия, опухоль головного мозга, опухоль центральной нервной системы, диагностическая информативность, диагностическая точность, неинформативная биопсия, гистологическая верификация, молекулярно-генетическая диагностика, интраоперационная гистология, нейроонкология

Для цитирования: Маряшев С.А., Веселков А.А., Трубников Е.А. и др. Современные аспекты стереотаксической биопсии опухолей центральной нервной системы: проблема неинформативных результатов. Нейрохирургия 2026;28(2):67–76.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-67-76>

Contemporary approaches to stereotactic biopsy of central nervous system tumors: challenges of non-diagnostic results

S.A. Maryashev¹, A.A. Veselkov¹, E.A. Trubnikov¹, M.V. Ryzhova¹, A.V. Gavryushin¹, D.Kh. Bagratunyan², G.L. Kobayakov¹,
A.A. Poddubskiy¹, I.N. Pronin¹

¹National Medical Research Center of Neurosurgery named after Academician N.N. Burdenko, Ministry of Health of Russia; 16 4th Tverskaya-Yamskaya St., Moscow 125047, Russia;

²Sechenov First Moscow State Medical University, Ministry of Health of Russia (Sechenov University); Build. 4, 2 Bolshaya Pirogovskaya St., Moscow 119435, Russia

Contacts: Aleksey Aleksandrovich Veselkov AVeselkov@nsi.ru

Background. Modern neuro-oncology requires morphological and molecular genetic verification of central nervous system tumors to determine the optimal treatment strategy. Despite the high information yield of neuroimaging methods, a definitive diagnosis in most cases can only be established based on histological tissue examination. Stereotactic biopsy (STB) is a minimally invasive method for obtaining diagnostic material; however, the problem of uninformative results remains clinically significant.

Aim. To assess the diagnostic effectiveness and identify the main causes of non-diagnostic results of STB in patients with brain tumors.

Materials and methods. A retrospective analysis of 172 STB performed at the National Medical Research Center of Neurosurgery named after Academician N.N. Burdenko in 2023–2024 was conducted. All patients underwent comprehensive neuroimaging (computed tomography and magnetic resonance imaging) as well as histological and molecular genetic examination of the biopsy specimens.

Results. The diagnostic yield of STB was 92.4 % ($n = 159$) and increased to 95.9 % ($n = 165$) after repeat histological review. The main cause of non-diagnostic biopsies ($n = 7$) was technical planning errors, primarily incorrect target selection. The presence of diagnostically significant tumor tissue at intraoperative (frozen-section) examination was statistically significantly associated with the final diagnostic yield of the procedure.

Conclusion. STB remains a highly effective and relatively safe method for obtaining diagnostic material in patients with brain tumors. In the era of modern neuro-oncology, it plays a key role in morphological and molecular verification, which determines treatment strategy. The implementation of intraoperative histological control and the standardization of STB protocols may further improve diagnostic accuracy and procedural reproducibility.

Keywords: stereotactic biopsy, brain tumor, central nervous system tumor, diagnostic yield, diagnostic accuracy, non-diagnostic biopsy, histological verification, molecular diagnostics, intraoperative histology, neuro-oncology

For citation: Maryashev S.A., Veselkov A.A., Trubnikov E.A. et al. Contemporary approaches to stereotactic biopsy of central nervous system tumors: challenges of non-diagnostic results. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2026;28(2):67–76.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-67-76>

ВВЕДЕНИЕ

Гистологическая верификация опухолей головного мозга имеет ключевое значение, поскольку именно она определяет последующую тактику лечения. Отсутствие морфологического подтверждения, особенно при подозрении на опухолевую природу, может привести к серьезным ошибкам: назначению неадекватной химио- или лучевой терапии либо, напротив, необоснованному отказу от потенциально эффективного лечения вследствие неправильной оценки степени злокачественности [1].

Современные методы нейровизуализации не обладают достаточной специфичностью для определения как гистологического типа, так и молекулярно-генетических особенностей опухоли. В связи с этим в большинстве случаев окончательный диагноз возможен только после морфологического исследования ткани [2, 3].

Материал для морфологического исследования может быть получен двумя основными способами: в ходе открытого хирургического вмешательства либо посредством стереотаксической биопсии (СТБ). Последняя характеризуется меньшей инвазивностью

и предпочтительна в случаях, когда выполнение открытой биопсии сопряжено с высоким риском осложнений. В то же время ограниченный объем биопсийного материала может снижать диагностическую точность метода [1–4]. В литературе описаны отдельные факторы, ассоциированные с получением неинформативных результатов СТБ, однако их комплексный и систематизированный анализ остается недостаточным [1–6].

Цель исследования – проанализировать результаты применения СТБ в серии наблюдений и выявить ключевые факторы, обуславливающие диагностические неудачи.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование является ретроспективным и выполнено на базе НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко. В исследование включены 172 пациента с новообразованиями головного мозга, которым проведены диагностика и лечение в период с января 2024 г. по июнь 2025 г. Критериями включения служили наличие объемного образования центральной нервной системы (ЦНС), подтвержденное методами

нейровизуализации, выполненная СТБ с последующим гистологическим исследованием, а также полный комплекс предоперационного обследования.

Все вмешательства выполняли по стандартизованному протоколу. На этапе предоперационной подготовки под местной анестезией 2 % раствором ропивакаина пациентам устанавливали стереотаксическую раму CRW с локализаторами. Проводили компьютерную томографию (КТ) головного мозга до и после внутривенного контрастирования (мультисрезовый сканер GE, толщина срезов 0,625 мм). Полученные данные КТ в раме совмещали с дооперационными изображениями магнитно-резонансной томографии (МРТ), преимущественно в режиме 3D-T1 с контрастированием (SPGR/FSPGR, толщина среза 1,0 мм), а также с T2 и T2-FLAIR. Совмещение выполняли на рабочей станции с использованием программы NeuroSight Arc®, где осуществляли проверку точности регистрации, выбор мишени и построение траектории биопсии. Точность сопоставления оценивали по костным ориентирам и анатомическим структурам мозга.

Расчетные координаты и углы наклона переносили на фантом рамы CRW, после чего исполнительное кольцо фиксировали к основному кольцу рамы. Под местной анестезией через тrefинационное отверстие диаметром 2 мм пенетрировали твердую мозговую оболочку и по рассчитанной траектории вводили иглу Нашольда на заданную глубину. Выполняли забор нескольких фрагментов ткани, которые направляли на гистологическое исследование.

Гистологическое исследование включало фиксацию материала в 10 % нейтральном забуференном формалине в течение 24 ч с последующей парафиновой заливкой. Из полученных блоков готовили срезы, окрашенные гематоксилином и эозином. Помимо световой микроскопии выполняли иммуногистохимическое и молекулярно-генетическое исследования по показаниям. Анализ проводили в отделении патоморфологии НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко.

В раннем послеоперационном периоде всем пациентам выполняли контрольную КТ головного мозга для исключения осложнений.

Статистический анализ проводили с использованием программы IBM SPSS Statistics 27. Для оценки различий в пропорциях между группами применяли критерий χ^2 . Во всех анализах статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Среди 172 пациентов по данным нейровизуализации в большинстве случаев (66 %; $n = 114$) были выявлены многодолевые поражения. У остальных 58 (34 %) пациентов новообразования затрагивали одну анатомическую область. Среди них половину ($n = 29$) составляли опухоли таламуса и ствола мозга.

Для планирования биопсии в большинстве наблюдений (77 %; $n = 132$) применяли программное обеспечение Integra с совмещением предоперационной МРТ и интраоперационной КТ. В остальных случаях расчет координат для проведения биопсии проводили по альтернативным методикам, включая расчет только по интраоперационной КТ с помощью программы Integra (12 %; $n = 21$) или Stereocalc (8 %; $n = 14$), вычисление координат на навигационной станции Medtronic (3 %; $n = 5$). В связи с ограничениями используемого программного обеспечения совмещение данных позитронно-эмиссионной томографии, совмещенной с КТ, с МРТ не проводилось. Тем не менее информация о метаболической активности очага учитывалась при выборе точки цели для биопсии. Объем полученного биопсийного материала варьировал от 0,05 до 1 см³.

У 107 (64 %) пациентов по данным срочного гистологического исследования были выявлены глиомы различной степени анаплазии. Лимфомы диагностированы в 32 (20 %) случаях. Значительно реже определялись некроз ($n = 1$), кровоизлияние ($n = 2$), метастазы ($n = 2$) и герминомы ($n = 3$). У 11 (6 %) пациентов срочное исследование не проводилось, а в 3 наблюдениях полученные данные не позволили однозначно интерпретировать характер поражения.

По результатам окончательного гистологического исследования диагноз был уточнен. Число пациентов с глиальными опухолями увеличилось до 114 (68 %), с лимфомами – до 37 (22 %). Дополнительно подтверждены 2 случая метастатического поражения, 3 герминомы и выявлена 1 пинеоцитома. В 2 наблюдениях изменения носили неопухолевый характер.

Ухудшение неврологического статуса в первые сутки после вмешательства отмечено у 8,7 % ($n = 15$) пациентов. У 12 из них дефицит носил умеренный характер и был обусловлен увеличением зоны перифокального отека. У 3 пациентов выявлено кровоизлияние в зоне биопсии, сопровождавшееся выраженным неврологическим дефицитом (в 2 случаях – при лимфомах, в 1 – при глиобластоме). Геморрагическое пропитывание опухоли у пациента с глиобластомой не потребовало хирургического вмешательства, тогда как в остальных 2 случаях из-за выраженного отека, сопровождавшегося дислокацией, выполнено удаление гематомы.

Отдельно были проанализированы случаи неинформативных результатов биопсий. В 13 (7 %) наблюдениях по результатам окончательного гистологического исследования опухолевый материал не выявлен.

В 54 % ($n = 7$) этих случаев причиной неинформативного результата являлись технические ошибки планирования, а именно некорректный выбор точки цели. В 57 % ($n = 4$) наблюдений отсутствие диагностически значимого материала отмечалось как при срочном, так и при окончательном гистологическом исследовании.

Таблица 1 | Table 1

Гистологические результаты у пациентов с некорректным выбором точки цели
Histological results in patients with incorrect target point selection

№	Локализация Location	Срочная гистология Intraoperative histology	Окончательная гистология Final histology
1	Височная доля Temporal lobe	Мозговая ткань Brain tissue	Мозговая ткань Brain tissue
2	Височная доля Temporal lobe	Глиальная гиперплазия Glial hyperplasia	Мозговая ткань Brain tissue
3	Продолговатый мозг Medulla oblongata	Мозговая ткань Brain tissue	Мозговая ткань Brain tissue
4	Продолговатый мозг Medulla oblongata	Мозговая ткань Brain tissue	Мозговая ткань Brain tissue
5	Лобная + теменная доли Frontal + parietal lobes	Злокачественная глиома Malignant glioma	Мозговая ткань Brain tissue
6	Теменная + затылочная доли Parietal + occipital lobes	Мозговая ткань Brain tissue	Мозговая ткань Brain tissue
7	Лобная + височная + теменная доли Frontal + temporal + parietal lobes	Диффузная глиома Diffuse glioma	Мозговая ткань Brain tissue

У 3 (43 %) пациентов срочное исследование подтвердило наличие опухолевой ткани, однако при окончательном морфологическом анализе информативный материал не получен (табл. 1).

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ 1

Пациент А., 45 лет, СТБ новообразования теменной и затылочной долей правого полушария головного мозга (рис. 1, а).

До операции заболевание проявлялось головными болями и кратковременными головокружениями при поворотах туловища. Данные проявления наблюдались в течение полугода.

Во время операции под местной анестезией установлено стереотаксическое кольцо CRW с последующим выполнением расчетного КТ-сканирования с координатной корзиной, в ходе которого визуализирован гиперденсный очаг в затылочной доле правого полушария, накапливающий контрастное вещество (рис. 1, б). После совмещения с предоперационными данными МРТ спланирована точка цели в зоне гиперинтенсивного сигнала правой затылочной доли, определена траектория доступа с расчетной глубиной 90 мм. Траектория смоделирована по данным расчетной МРТ и затем на фантоме, после чего была выполнена биопсия — получен фрагмент патологической ткани серого цвета. Дополнительно проведен забор материала на 1 см ниже основной точки цели, откуда получены участки белого вещества.

В послеоперационном периоде не отмечалось нарастания неврологического дефицита.

Результат срочной биопсии: полиморфноклеточная глиальная опухоль. Результат окончательной биопсии:

морфологическая картина и иммунофенотип соответствуют мозговой ткани с глиальной гиперплазией, убедительных элементов опухоли не выявлено.

По данным послеоперационной КТ участок забора материала до и после заглубления оказался латеральнее и кзади от расчетной точки цели (рис. 1, в).

Таким образом, в ходе выполнения биопсии была допущена ошибка при предоперационном расчете точки цели, траектории и глубины забора материала. Для ее предотвращения необходимо при планировании выбирать точку цели с учетом траектории заглубления, а при совмещении на фантоме ориентироваться на середину рабочего окна иглы или учитывать смещение в 9–10 мм при определении глубины введения. Это позволит более точно нацелиться на измененные ткани и минимизировать риск получения неинформативных образцов.

В оставшихся 46 % ($n = 6$) наблюдений отмечена иная ситуация: при окончательном морфологическом исследовании патологические изменения не выявлены, несмотря на то что точка биопсии располагалась в зоне измененного сигнала по данным нейровизуализации, что подтверждалось результатами послеоперационной КТ. При дополнительном пересмотре препаратов опухолевая природа процесса была верифицирована в 50 % ($n = 3$) случаев. В остальных наблюдениях выявлены дистрофические изменения мозгового вещества, воспалительная инфильтрация и глиальная гиперплазия (табл. 2).

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ 2

Пациент М., 65 лет, СТБ новообразования лобно-теменно-затылочной области (рис. 2, а).

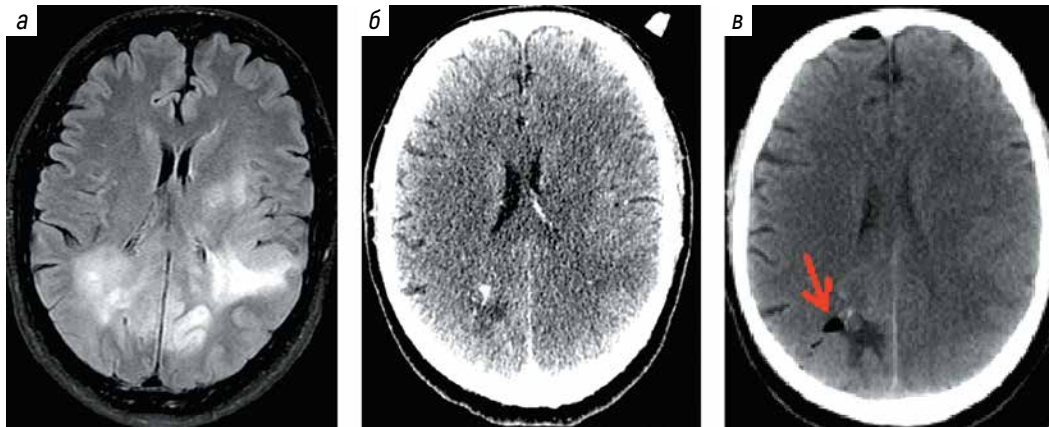


Рис. 1 | Fig. 1

Клинический случай 1. Мультифокальное новообразование головного мозга: а – дооперационная магнитно-резонансная томография (FLAIR, аксиальная проекция): области гиперинтенсивного сигнала в затылочных долях с обеих сторон, левой подкорковой области; б – интраоперационная компьютерная томография с контрастным усилением (аксиальная проекция): участок гиперденсного сигнала, соответствующий участку накопления контрастного вещества в правой затылочной доле; в – послеоперационная компьютерная томография (аксиальная проекция): участок гиподенсного сигнала, соответствующий месту биопсии (стрелка) и находящийся вне зоны накопления контрастного вещества

Clinical case 1. Multifocal brain lesion: а – preoperative magnetic resonance imaging (FLAIR, axial view): areas of hyperintense signal in both occipital lobes and the left subcortical region; б – intraoperative contrast-enhanced computed tomography (axial view): hyperdense area corresponding to contrast enhancement in the right occipital lobe; в – postoperative computed tomography (axial view): hypodense area corresponding to the biopsy site (arrow), located outside the contrast-enhancing zone

Таблица 2 | Table 2

Гистологические результаты у пациентов с корректным выбором точки цели и неинформативным результатом
Histological results in patients with correct target point selection and non-diagnostic outcome

№	Локализация Location	Срочная гистология Intraoperative histology	Окончательная гистология Final histology	Гистология после пересмотра Histology after review
1	Таламус Thalamus	Глиальная гиперплазия Glial hyperplasia	Мозговая ткань Brain tissue	Воспалительная инфильтрация Inflammatory infiltration
2	Лобная + височная доли Frontal + temporal lobes	Диффузная астроцитомы Diffuse astrocytoma	Мозговая ткань Brain tissue	Диффузная астроцитомы Grade II Diffuse astrocytoma, Grade II
3	Височная доля Temporal lobe	Лимфома Lymphoma	Мозговая ткань Brain tissue	Лимфома Lymphoma
4	Теменная доля + мозолистое тело Parietal lobe + corpus callosum	Мозговая ткань Brain tissue	Мозговая ткань Brain tissue	Дистрофия Dystrophic changes
5	Затылочная доля + мозолистое тело Occipital lobe + corpus callosum	Диффузная астроцитомы Diffuse astrocytoma	Мозговая ткань Brain tissue	Диффузная астроцитомы Grade III Diffuse astrocytoma, Grade III
6	Мозолистое тело Corpus callosum	Мозговая ткань Brain tissue	Мозговая ткань Brain tissue	Глиальная гиперплазия Glial hyperplasia

До операции заболевание проявлялось частыми эпизодами головной боли и нарушениями речи, наблюдавшимися в течение месяца.

После местной анестезии было установлено стереотаксическое кольцо CRW с последующим выполнением расчетной КТ с координатной корзиной (шаг 1 мм). На изображениях выявлен гиперденсный очаг в теменно-затылочной области слева, накаплива-

ющий контрастное вещество (рис. 2, б). После совмещения данных КТ и МРТ точка цели была выбрана по центру зоны повышенного сигнала в теменно-затылочной области слева. В операционной выполнено моделирование траектории на фантоме, затем осуществлен забор материала из расчетной точки и на 4 мм глубже, получен фрагмент патологической ткани серого цвета.

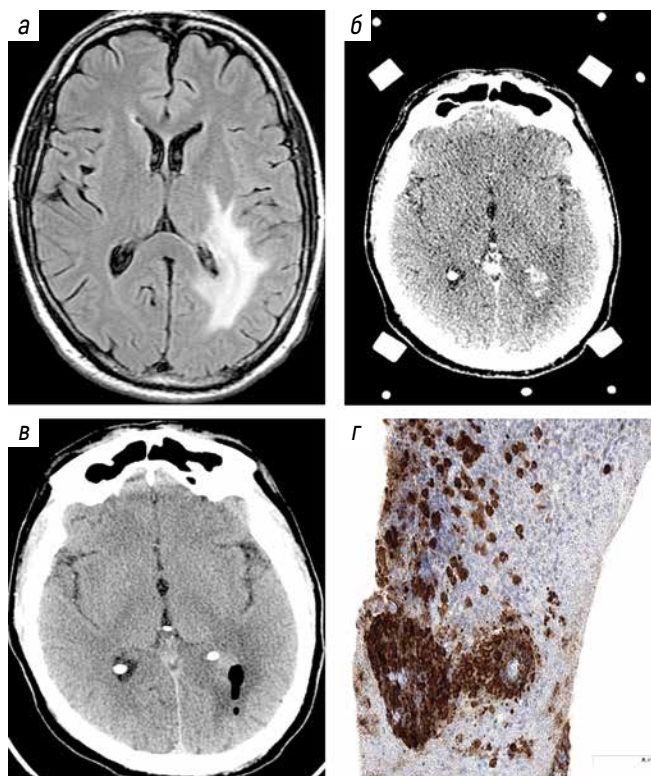


Рис. 2 | Fig. 2

Клинический случай 2. Новообразование височной и затылочной долей слева: а – дооперационная магнитно-резонансная томография (FLAIR, аксиальная проекция): область неоднородного гиперинтенсивного сигнала в височной и затылочной долях слева; б – интраоперационная компьютерная томография с контрастным усилением (аксиальная проекция): участок гиперденсного сигнала, соответствующий участку накопления контрастного вещества в левой затылочной доле; в – послеоперационная компьютерная томография (аксиальная проекция): участок гиподенсного сигнала, соответствующий месту биопсии (стрелка) и находящийся в зоне накопления контрастного вещества; г – иммуногистохимическое исследование ($\times 200$): лимфома, позитивность к CD79

Clinical case 2. Tumor involving the left temporal and occipital lobes: а – preoperative magnetic resonance imaging (FLAIR, axial view): area of heterogeneous hyperintense signal in the left temporal and occipital lobes; б – intraoperative contrast-enhanced computed tomography (axial view): hyperdense area corresponding to contrast enhancement in the left occipital lobe; в – postoperative computed tomography (axial view): hypodense area corresponding to the biopsy site (arrow), located within the contrast-enhancing region; г – immunohistochemistry ($\times 200$): lymphoma, positive for CD79

В послеоперационном периоде не отмечено нарастания неврологической симптоматики. По данным послеоперационной КТ участок взятия материала располагался в латеральных отделах зоны накопления контраста (рис. 2, в).

Результат окончательной биопсии: фрагменты глиальной ткани с участками распада, выраженными механически индуцированными изменениями и единичным фокусом диффузной лимфоидной инфильтрации. Результат биопсии после повторного пересмотра: В-клеточная лимфома ЦНС (рис. 2, г).

Таким образом, даже при корректном выборе точки цели и ее подтверждении по данным послеоперационного

нейровизуализационного контроля возможно получение неинформативного морфологического результата. В подобных ситуациях причиной может являться забор материала из перифокальной зоны опухоли, морфологически не содержащей опухолевых клеток. В рассматриваемом случае при первичном морфологическом исследовании патологический материал интерпретирован как фрагменты глиальной ткани с единичным фокусом лимфоидной инфильтрации, однако при повторном пересмотре гистологических препаратов была верифицирована В-клеточная лимфома ЦНС. Данное наблюдение подчеркивает целесообразность повторного морфологического анализа и пересмотра всех полученных биопсийных фрагментов при отрицательном результате исследования, особенно в случаях, когда положение биопсийной иглы подтверждено в пределах патологического очага по данным нейровизуализации.

Таким образом, с учетом повторного пересмотра гистологических препаратов итоговый показатель информативности СТБ составил 95,9 % ($n = 165$).

Для оценки факторов, ассоциированных с успешностью биопсии, были проанализированы дооперационные данные МРТ пациентов. Оценивали следующие параметры: объем гиперинтенсивной зоны опухоли в режиме FLAIR, объем контрастируемой части, объем некротической зоны, суммарный объем контрастируемой и некротической частей, а также соотношение контрастируемой и гиперинтенсивной зон, некротической и контрастируемой частей, некротической зоны и объема гиперинтенсивной части по FLAIR. Кроме того, анализировали успешность срочного гистологического исследования.

По результатам анализа ни один из перечисленных радиологических параметров, за исключением успешности срочного исследования, статистически значимого влияния на итоговую информативность биопсии не оказал (табл. 3).

ОБСУЖДЕНИЕ

Гистологическое исследование с молекулярно-генетическим анализом остается основным методом нейроонкологической диагностики, обеспечивая более высокую диагностическую точность по сравнению с нейровизуализацией (95–97 % против 80–85 %), а также позволяя выявлять молекулярные маркеры в соответствии с критериями классификации Всемирной организации здравоохранения 2021 г. [6–8].

Получение патологического материала возможно как при открытом хирургическом вмешательстве, так и посредством СТБ. Открытая биопсия позволяет получить достаточный объем ткани для комплексного морфологического и молекулярного анализа. Однако в ситуациях труднодоступной локализации очага, тяжелого состояния пациента или высокого хирургического риска предпочтение отдается СТБ как менее инвазивному методу.

Таблица 3 | Table 3

Оценка факторов, влияющих на информативность материала после проведения стереотаксической биопсии
Assessment of factors influencing the diagnostic yield of stereotactic biopsy

Фактор Factor	Статистическая значимость p Statistical significance p
Объем интенсивной части опухоли в режиме MPT FLAIR Volume of the hyperintense tumor component on MRI FLAIR	0,202
Объем контрастируемой части опухоли Volume of the contrast-enhancing tumor component	0,416
Объем некротической части опухоли Volume of the necrotic tumor component	0,723
Общий объем контрастируемой и некротической частей Total volume of contrast-enhancing and necrotic components	0,525
Отношение контрастируемой части опухоли к интенсивной части опухоли в режиме MPT FLAIR Ratio of contrast-enhancing component to hyperintense component on MRI FLAIR	0,647
Отношение некротической части опухоли к интенсивной части опухоли в режиме MPT FLAIR Ratio of necrotic component to hyperintense component on MRI FLAIR	0,672
Отношение некротической части опухоли к контрастируемой части опухоли Ratio of necrotic component to contrast-enhancing component	0,184
Успешность срочной биопсии Diagnostic success of intraoperative biopsy	<0,001

Примечание. MPT – магнитно-резонансная томография.
Note. MRI – magnetic resonance imaging.

Стереотаксическая биопсия занимает устойчивое место в клинической практике благодаря возможности прицельного забора материала при минимальной травматичности. По данным литературы, информативность метода варьирует от 72,8 до 99,2 %, что во многом обусловлено различиями в критериях оценки результатов [9–12].

Выделяют 3 подхода к интерпретации диагностической эффективности:

- при использовании «мягких» критериев любой результат, отличный от нормальной мозговой ткани, расценивается как успешный (81,3–98,2 %) [9, 10, 13, 14];
- при строгих критериях успешным считается только получение конкретно верифицированного гистологического диагноза (72,8–94,5 %) [15];

- при неуточненных критериях диагностическая результативность составляет 95,2–99,2 % [16].

При очаговых поражениях диаметром более 15 мм информативность достигает 97–99 % [6, 7, 17]. Существенную роль при этом играет не только объем материала, но и квалификация морфолога, способного оценить гетерогенность опухоли.

В настоящем исследовании применялись строгие критерии оценки: биопсия считалась диагностически успешной при получении материала, достаточного для определения гистологического типа, степени злокачественности и молекулярных характеристик опухоли. В этих условиях информативность метода составила 92,4 %, а после дополнительного гистологического анализа увеличилась до 95,9 %. Основной причиной неинформативных биопсий больше чем в половине случаев (54 %) являлись технические ошибки, преимущественно связанные с некорректным выбором точки цели.

Помимо необходимости правильного выбора точки цели, важно учитывать предполагаемую траекторию забора материала. Идеальная траектория должна следовать по длиннику патологического процесса, позволяя брать материал поэтапно, обеспечивая более полную информацию о гистоархитектонике опухоли. В 3 случаях в нашей серии наличие опухолевой ткани только при срочной биопсии указывало, что изначально игла попадала в расчетную точку в опухоли, но после заглупления попадала в перифокальную зону или вовсе выходила из зоны интереса.

Одним из ключевых ограничений СТБ остается отсутствие прямого визуального контроля положения биопсийной иглы в момент забора материала, что может снижать вероятность получения репрезентативного образца. В клинической практике частичной компенсации этого ограничения является проведение срочного (интраоперационного) гистологического исследования [18, 19].

По данным литературы, степень совпадения срочных и окончательных гистологических заключений остается высокой. Так, в ретроспективном анализе 5000 биопсий окончательный диагноз был установлен в 95,4 % случаев, при этом результаты экспресс-исследования совпадали с окончательным заключением в 91 % наблюдений [8]. Наибольшие расхождения отмечались при анапластических астроцитомах и олигодендроглиомах, тогда как при глиобластомах и астроцитомах II степени совпадение было максимальным.

При биопсии опухолей ствола мозга и мозжечка степень соответствия срочного и окончательного заключений ниже (72–74 %), что связано как с техническими особенностями вмешательства, так и с выраженной гистологической гетерогенностью данных новообразований [14, 20].

В настоящем исследовании наличие диагностически значимого материала при срочном исследовании показало статистически значимую связь с итоговой информативностью биопсии. Эти данные подтверждают целесообразность систематического применения интраоперационного гистологического контроля в ходе стереотаксических процедур.

Для повышения диагностической результативности рекомендуется забор материала из наиболее измененных участков опухоли, преимущественно из зон контрастного накопления по данным МРТ или КТ, чаще всего в дистальном отделе биопсийной траектории. Дополнительную морфологическую информацию обеспечивает поэтажный забор ткани через каждые 5–7 мм хода инструмента.

Несмотря на традиционное представление о СТБ как о малоинвазивной методике, результаты исследования показали, что процедура не лишена риска клинически значимых осложнений. В нашей серии раннее послеоперационное нарастание неврологического дефицита отмечено у 8,7 % пациентов. В большинстве наблюдений оно было умеренным и связано с увеличением перифокального отека, однако у 3 пациентов выявлены геморрагические осложнения, причем в 2 случаях потребовалось хирургическое удаление гематомы. Эти данные подчеркивают, что термин «малоинвазивность» следует рассматривать не как синоним отсутствия риска, а как характеристику меньшего объема хирургического доступа и операционной травмы по сравнению с открытыми вмешательствами.

Новизна настоящего исследования заключается в комплексном анализе причин неинформативных результатов СТБ на крупной клинической серии наблюдений. В отличие от большинства опубликованных работ, посвященных преимущественно оценке общей диагностической эффективности метода, в данном исследовании проведен детальный анализ механизмов диагностических неудач с учетом особенностей планирования вмешательства, траектории биопсийной иглы и результатов срочного морфологического исследования. Ключевым фактором, определяющим итоговую информативность процедуры, является получение

диагностически значимого материала при срочном гистологическом исследовании, тогда как радиологические характеристики опухоли, включая объем различных компонентов по данным МРТ, не оказывают статистически значимого влияния на результат биопсии.

Перспективными направлениями повышения эффективности и безопасности СТБ являются:

- унификация критериев оценки диагностической результативности;
- оптимизация алгоритмов планирования и забора материала;
- расширение применения интраоперационных методов контроля качества биоптата;
- разработка протоколов повторной биопсии;
- использование интраоперационной микроскопии и технологий искусственного интеллекта при планировании вмешательства.

Междисциплинарное взаимодействие нейрохирургов, нейрорадиологов и патоморфологов остается ключевым условием повышения диагностической эффективности метода. Дальнейшие исследования должны быть направлены на совершенствование методики с учетом клинических категорий пациентов и гистологических типов опухолей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стереотаксическая биопсия остается эффективным методом морфологической верификации опухолей ЦНС и позволяет получить диагностически значимый материал при меньшем объеме хирургического доступа по сравнению с открытыми вмешательствами. Вместе с тем метод не лишен риска клинически значимых осложнений, что требует тщательного планирования точки цели, траектории забора материала и интраоперационного контроля качества биоптата. В эпоху молекулярной нейроонкологии ее значение определяется возможностью комплексного гистологического и генетического анализа, необходимого для персонализации лечения. Современные технологии нейровизуализации и интраоперационного контроля способствуют повышению диагностической результативности и безопасности процедуры.

Литература | References

- Kim J.E. Stereotactic biopsy for intracranial lesions: reliability and safety. *Neurosurgery* 2003;52(1):58–62. DOI: 10.1227/01.NEU.0000057137.24514.6C
- Apuzzo M.L.J., Chandrasoma P.T., Cohen D. et al. Computed imaging stereotaxy: experience and perspective related to 500 procedures applied to brain masses. *Neurosurgery* 1987;20(6):930–7. PMID: 3500462.
- Dammers R., Schouten J.W., Haitsma I.K. et al. Towards improving the safety and diagnostic yield of stereotactic biopsy in a single centre. *Acta Neurochir (Wien)* 2010;152(11):1915–21. DOI: 10.1007/s00701-010-0711-6
- Callovin G.M. Correlation with final histological diagnosis in supratentorial gliomas: is it appropriate to redefine the indication for stereotactic brain biopsy in the MRI era? *Minim Invasive Neurosurg* 2008;51(2):109–13. DOI: 10.1055/s-2008-1074336
- Waters J.D., Vachrajani S., Chambers W. et al. Diagnostic yield of stereotactic needle biopsies of intracranial lesions <1 cm. *Surg Neurol Int* 2013;4:176. DOI: 10.4103/2152-7806.122418
- Katzenobler S., Birski M., Ghazale H. et al. Diagnostic yield and complication rate of stereotactic serial biopsy: a multicenter analysis of >1,200 patients. *Clin Neurol Neurosurg* 2022;220:107296. DOI: 10.1016/j.clineuro.2022.107296
- Takahashi H., Sugai T., Uzuka T. et al. [Complications and diagnostic yield of stereotactic biopsy for the patients with malignant brain tumors]. *No Shinkei Geka* 2004;32(2):135–40. Japanese. PMID: 15031974
- Mathon B., Amelot A., Mokhtari K., Bielle F. Increasing the diagnostic yield of stereotactic brain biopsy using intraoperative histological smear. *Clin Neurol Neurosurg* 2019;186:105544. DOI: 10.1016/j.clineuro.2019.105544
- Pasternak K.A., Michael K.W., Warneke N. et al. Evaluation of 311 contemporary cases of stereotactic biopsies: diagnostic yield and management of nondiagnostic cases. *Neurosurg Rev* 2021;44(5):2597–609. DOI: 10.1007/s10143-020-01394-0
- Malaizé H., Laigle-Donadey F., Riche M. et al. Roles and outcomes of stereotactic biopsy for adult brainstem lesions: diagnostic yield and safety. *J Neurosurg* 2022;136(2):297–307. DOI: 10.3171/2021.6.JNS211109
- Singh M., Waseem Ahamed T.P., Maurya V.P. et al. Stereotactic biopsy for brain lesions: doing more with less. *J Neurosci Rural Pract* 2024;15(1):95–102. DOI: 10.25259/JNRP_258_2023
- Vijian K., Lau B.L., Kanesen D. et al. Improving diagnostic yield and accuracy of stereotactic biopsies through changes in practice and techniques: an 8-year single-center comparative study. *Asian J Neurosurg* 2024;19(4):701–6. DOI: 10.1055/s-0044-1789593
- Kumar R., McQuinn M.W., Pais A.B. et al. Comparison of diagnostic yields, operative times, and post-operative hemorrhage between twist drill versus burr hole craniotomy approaches for stereotactic needle brain biopsy. *Neurosurg Rev* 2024;47(1):819. DOI: 10.1007/s10143-024-03015-6
- He L., He D., Qi Y. et al. Stereotactic biopsy for brainstem lesions: a meta-analysis of diagnostic yield. *Cancer Control* 2021;28:10732748211059858. DOI: 10.1177/10732748211059858
- Louis D.N., Perry A., Wesseling P. et al. The 2021 WHO classification of tumors of the central nervous system: a summary. *Neuro Oncol* 2021;23(8):1231–51. DOI: 10.1093/neuonc/noab106
- Chen C.C., Hsu P.W., Wu T.W. et al. Stereotactic brain biopsy: single-center retrospective analysis of complications and outcomes. *Clin Neurol Neurosurg* 2009;111(10):835–9. DOI: 10.1016/j.clineuro.2009.08.013
- Jain D., Sharma M.C., Sarkar C. et al. Correlation of diagnostic yield of stereotactic brain biopsy with number of biopsy bits and site of the lesion. *Brain Tumor Pathol* 2006;23(2):71–5. DOI: 10.1007/s10014-006-0204-y
- Castle M., Nájera E., Samprón N. et al. Frameless stereotactic biopsy: diagnostic yield and complications. *Neurocirugia (Astur)* 2014;25(2):56–61. Spanish. DOI: 10.1016/j.neucir.2013.11.003
- Taweomboonyat C., Tunthanathip T., Sae-Heng S., Oearsakul T. Diagnostic Yield and Complication of Frameless Stereotactic Brain Biopsy *J Neurosci Rural Pract* 2019;10(1):78–84. DOI: 10.4103/jnpr.jnpr_166_18
- Arbit E., Galicich J.H. Importance of image-guided stereotactic biopsy to confirm diagnosis in an oncological setting. *Ann Surg Oncol* 1994;1(5):368–72. DOI: 10.1007/BF02303807

Вклад авторов | Authors' contributions

С.А. Маряшев: разработка дизайна исследования, формальный анализ;
 А.А. Веселков: обзор публикаций по теме статьи;
 Е.А. Трубников: обзор публикаций по теме статьи, написание текста статьи;
 М.В. Рыжова: разработка дизайна исследования, рецензирование и редактирование текста статьи;
 А.В. Гаврюшин, А.А. Поддубский: сбор данных, статистический анализ полученных данных;
 Д.Х. Багратунян: написание текста статьи;
 Г.Л. Кобяков: рецензирование и редактирование текста статьи, методология и научное руководство исследования;
 И.Н. Пронин: методология и научное руководство исследования.
 Все авторы одобрили окончательную версию статьи.
 S.A. Maryashev: developing the research design, formal analysis;
 A.A. Veselkov: reviewing of publications of the article's theme;
 E.A. Trubnikov: reviewing of publications of the article's theme, article writing;
 M.V. Ryzhova: developing the research design, article reviewing and editing;
 A.V. Gavryushin, A.A. Poddubskiy: data collection, statistical analysis of the obtained data;
 D.Kh. Bagratunyan: article writing;
 G.L. Kobayakov: article reviewing and editing, methodology and scientific supervision of the study;
 I.N. Pronin: methodology and scientific supervision of the study.
 All authors approved the final version of the article.

ORCID авторов | ORCID of authors

С.А. Маряшев / S.A. Maryashev: <https://orcid.org/0000-0002-0108-0677>

А.А. Веселков / A.A. Veselkov: <https://orcid.org/0000-0003-2500-3403>

Е.А. Трубников / E.A. Trubnikov: <https://orcid.org/0009-0005-9446-1469>

М.В. Рыжова / M.V. Ryzhova: <https://orcid.org/0000-0001-7206-6365>

А.В. Гаврюшин / A.V. Gavryushin: <https://orcid.org/0000-0002-8732-3114>

Д.Х. Багратунян / D.Kh. Bagratunyan: <https://orcid.org/0009-0001-8146-1890>

Г.Л. Кобяков / G.L. Kobayakov: <https://orcid.org/0000-0002-7651-4214>

А.А. Поддубский / A.A. Poddubskiy: <https://orcid.org/0000-0002-1366-918X>

И.Н. Пронин / I.N. Pronin: <https://orcid.org/0000-0002-4480-0275>

Конфликт интересов | Conflict of interest

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflict of interest.

Финансирование | Funding

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минздрава России в рамках проекта «Биобанк» (грант № 075-15-2025-559).

The study was carried out with the financial support of the Russian Ministry of Health within the framework of the Biobank project (grant no. 075-15-2025-559).

Соблюдение прав пациентов | Compliance with patient rights

Пациенты подписали информированное согласие на публикацию своих данных.

The patients gave written informed consent to the publication of their data.

Статья поступила | Article submitted: 01.03.2026.

Рецензия | Peer reviewed: 20.05.2026.

Принята к публикации | Accepted for publication: 20.05.2026.

Опубликована онлайн | Published online: 11.06.2026.