

Улучшение Диагностики Опухолей Головного Мозга С Применением Усовершенствованных Методов Анализа И Интерпретации Мрт-Изображений

Алишерова М. А. ¹

Таирова М. И. ²

Ахмедов Б. Р. ³

Аннотация

Диагностика опухолей головного мозга представляет собой одну из важнейших и наиболее актуальных задач современной медицины. Это связано с тем, что злокачественные новообразования центральной нервной системы продолжают оставаться одной из ведущих причин смертности среди всех онкологических заболеваний. Несмотря на значительный прогресс в развитии методов визуализации, ранняя и точная диагностика опухолей головного мозга остается сложной задачей. В особенности это касается дифференциации доброкачественных и злокачественных новообразований, а также предоперационной оценки их структурных особенностей и прогнозирования исходов лечения. Традиционные методы диагностики не всегда обеспечивают достаточную точность, что делает необходимым поиск новых, более эффективных подходов к интерпретации данных магнитно-резонансной томографии (Louis et al., 2021).

Магнитно-резонансная томография (МРТ) в настоящее время является основным методом диагностики опухолей головного мозга, позволяя получать детализированную информацию как о макро-, так и о микроструктуре новообразований. Благодаря высоким разрешающим способностям этот метод дает возможность визуализировать не только размеры и локализацию опухоли, но и её функциональные особенности, а также степень вовлеченности окружающих тканей. Однако одним из ключевых вызовов в области диагностики остается вариабельность параметров визуализации, используемых в различных клинических центрах. Это может приводить к определённым сложностям в интерпретации данных и снижать точность диагностики, что подчеркивает необходимость стандартизации и внедрения более объективных методов анализа изображений (Provenzale et al., 2020; Zhou et al., 2019).

В последние годы особое внимание уделяется развитию новых методов обработки и анализа МРТ-изображений, среди которых особую роль играют диффузионно-взвешенная визуализация (DWI) и текстурный анализ (ТА). Эти методики позволяют детально изучить микроструктуру опухоли и получить информацию о ее молекулярных характеристиках, что существенно улучшает диагностические возможности. DWI обеспечивает количественную оценку броуновского движения молекул воды в тканях, что дает возможность выявлять зоны высокой клеточной плотности и потенциально злокачественные изменения. Это особенно

важно при диагностике агрессивных опухолей, таких как глиобластома, где точность определения границ новообразования играет решающую роль. В свою очередь, ТА способствует более точной стратификации опухолей по степени злокачественности, что позволяет прогнозировать клиническое течение заболевания и выживаемость пациента (Zacharaki et al., 2018; Soni et al., 2019).

Настоящая статья посвящена детальному рассмотрению современных подходов к улучшению диагностики опухолей головного мозга посредством применения усовершенствованных методов анализа и интерпретации МРТ-изображений. Основной акцент сделан на интеграции DWI и ТА в стандартные протоколы визуализации, а также на их роли в предоперационной оценке опухолевых характеристик. Кроме того, рассматривается влияние этих методов на определение тактики лечения, а также обсуждаются перспективы их дальнейшего развития и внедрения в клиническую практику. Будущие исследования в данной области должны быть направлены на дальнейшую оптимизацию диагностических алгоритмов, а также на разработку автоматизированных систем анализа изображений, которые позволят минимизировать субъективные ошибки и повысить точность диагностики (Soni et al., 2019).

Ключевые слова: Опухоли головного мозга, магнитно-резонансная томография, DWI, коэффициента диффузии, текстурный анализ.

^{1,2,3}Ташкентская Медицинская Академия

Цель. Повышение качества визуализации новообразований головного мозга с помощью усовершенствованных методов анализа и интерпретации МРТ изображений.

Материалы и методы. Исследование проводилось на базе Республиканского научного центра нейрохирургии с участием 73 пациентов с опухолями головного мозга, 43 пациентов с доброкачественными образованиями и 30 пациентов с неопределенной природой новообразований, проходивших диагностику и лечение в период с 2023 по 2024 год. Визуализация осуществлялась на магнитно-резонансном томографе мощностью 1,5 Тл с применением стандартных последовательностей (T1, T2, T2-FLAIR, DWI, T1 с контрастным усилением). Для анализа изображений использовались автоматизированные алгоритмы текстурного анализа и количественной оценки диффузионных параметров. Гистологическое подтверждение опухолей проводилось на основании биопсии.

Результаты. Анализ данных показывают наличие типичных особенностей опухолей головного мозга в зависимости от их типа и молекулярной структуры. В группе из 73 пациентов с опухолями головного мозга было установлено, что низкие значения коэффициента диффузии (КД) коррелируют с высокой светимостью опухолевых клеток, что подтверждается гистологическими исследованиями. В частности, глиобластомы продемонстрировали наименьшие значения КД, что является диагностическим критерием их высокой злокачественности. У 43 пациентов с доброкачественными новообразованиями КД была значительно выше, что позволяет использовать данный показатель в качестве неинвазивного маркера для разграничения качественных

доброкачественных и злокачественных опухолей. Применение текстурного анализа выявило выраженные различия в гетерогенности опухолевой структуры между высоко- и низкокачественными новообразованиями. В группе из 30 пациентов со злокачественной природной опухолью дополнительное исследование с контрастным проявлением, что наличие интенсивного накопления контраста, особенно в периферийных зонах, соответствует высокой ангиогенезной активности, что характерно для агрессивных форм опухолей. Контрастный метод также продемонстрировал возможность более точной дифференциации зон некроза и опухолевых тканей. Дополнительный анализ параметров васкуляризации опухолей на основе перфузионного МРТ. У пациентов с глиобластомами наблюдалась высокая степень ангиогенеза, что коррелировало с более низкой выживаемостью и быстрым прогрессированием заболевания. У пациентов с доброкачественными новообразованиями перфузионные показатели были ниже, что свидетельствует о более стабильном характере опухолевого роста.

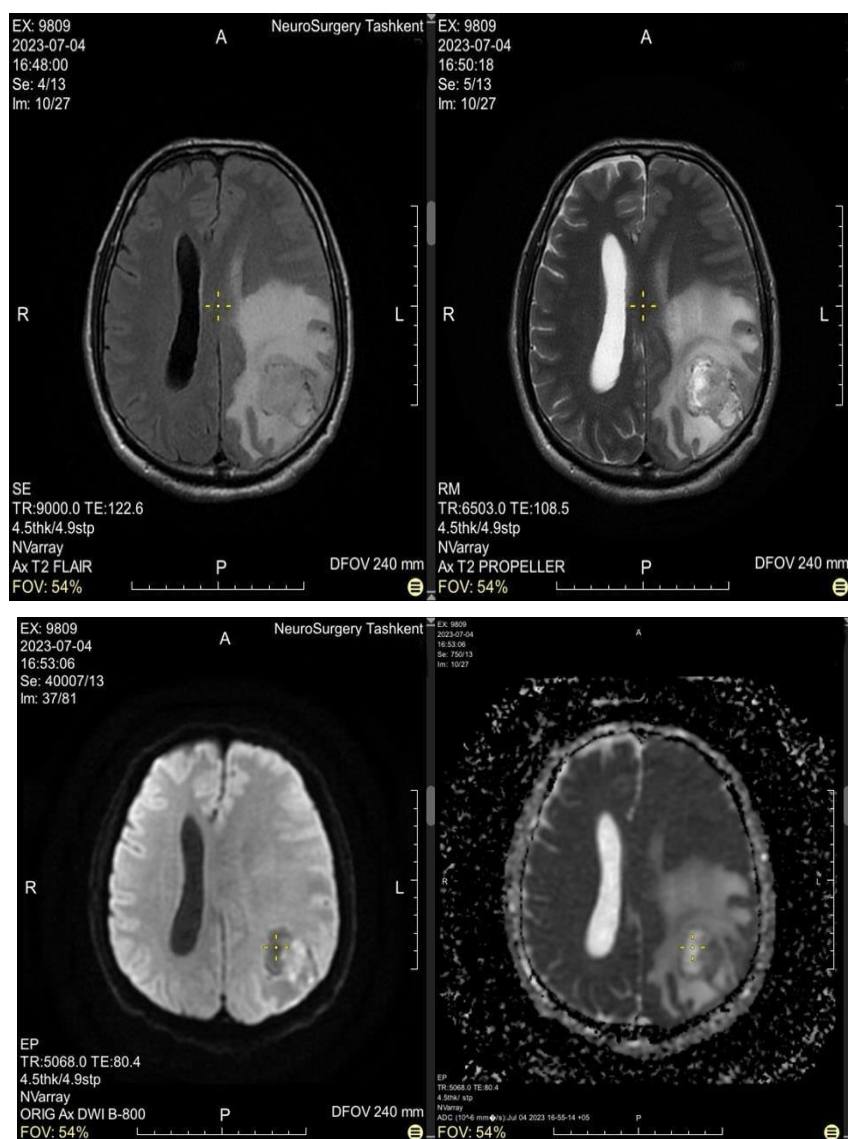


Рисунок 1. В левой теменной области визуализируется неправильной формы объемное образование размерами 3.2x2.9x3.5 см, с четкими неровными контурами, неомогенной кистозно-солидной структуры, со смешанными сигнальными характеристиками, зонами рестрикции диффузии, обширной зоной перифокального отека. После в/в введения 12.0 мл препарата Магнилек (469 мг гадопентетата димеглумин) отмечается интенсивное контрастное усиление по периферии вышеописанного образования.

Контрастный метод продемонстрировал свою ключевую роль в формировании границ опухоли, васкуляризации и выявлении участков повышенной проницаемости сосудов. В случаях высокозлокачественных опухолей, таких как глиобластомы, наблюдалось активное накопление контраста в центральных и периферийных зонах, что постепенно дифференцирует опухолевую ткань от зоны некроза.

У пациентов с доброкачественными новообразованиями (менингиомы, астроцитомы I-II степени, эпендимомы) контрастное состояние было менее выраженным и наблюдалось исключительно на границах опухоли и здоровой ткани.

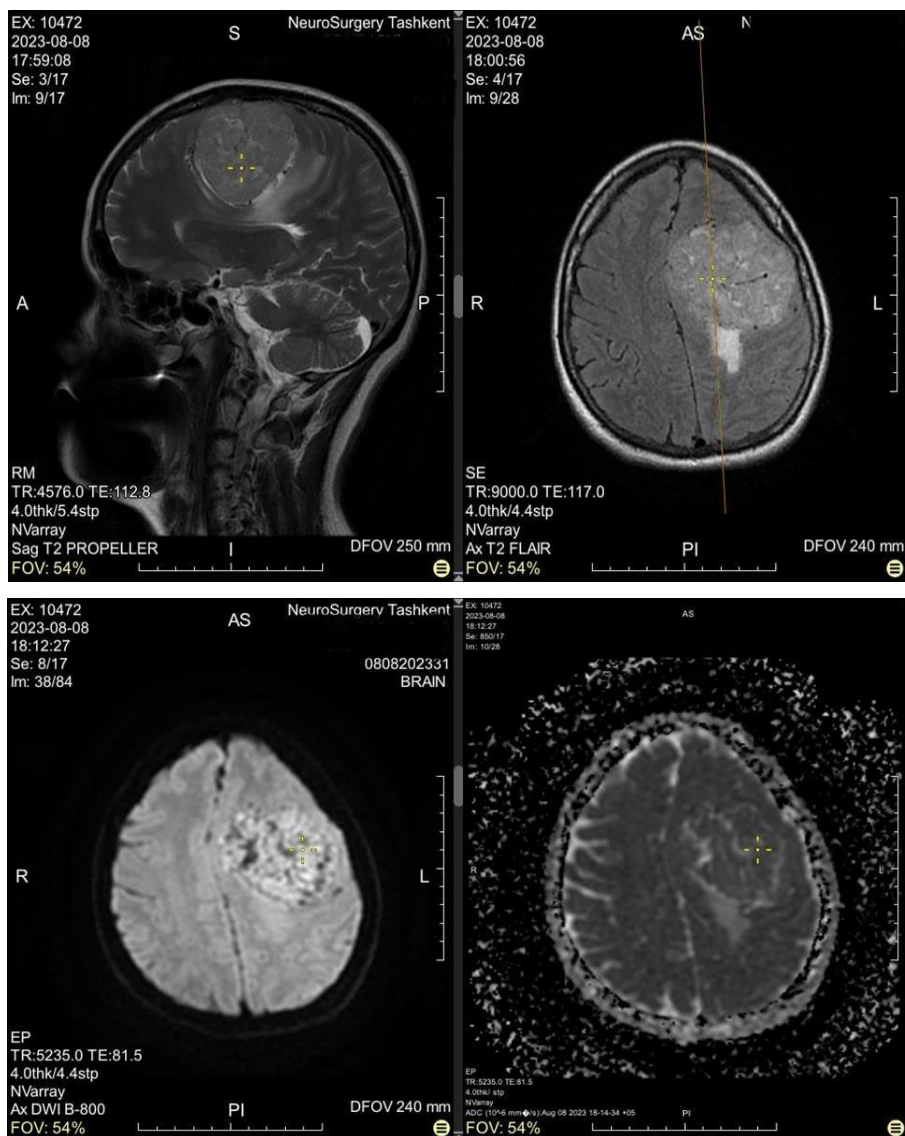


Рисунок 2. В лобно-теменных областях слева, широким основанием тесно прилегая к ТМО, визуализируется неправильной формы вне мозговое объемное образование размерами 6.3x5.2x7.1 см, с четкими неровными контурами, гомогенной солидной структуры, слабогиперинтенсивными на T2 и FLAIR, изоинтенсивными на T1 сигнальными характеристиками, зоной перифокального отека, компримированием прилежащих отделов мозга, левого бокового желудочка. После в/в введения 8 мл препарата Магникел (469 мг гадопентетата димеглумин) отмечается неравномерное интенсивное контрастное усиление вышеописанного образования.

Таким образом, комплексный анализ параметров диффузии, текстурных характеристик и усиления контрастности позволяет значительно улучшить выявление опухолей головного мозга и дифференцировать их на основе неинвазивных методов визуализации.

Выводы. Современные методы анализа МРТ-изображений предоставляют уникальные возможности для значительного повышения точности диагностики опухолей головного мозга. Включение таких прогрессивных технологий, как диффузионно-взвешенная визуализация (DWI) и текстурный анализ (ТА), в стандартные протоколы диагностики позволяет более детально оценивать степень злокачественности новообразований. Использование количественных параметров диффузии, наряду с текстурными характеристиками, обеспечивает объективизацию процесса диагностики и значительно снижает субъективность интерпретации результатов, что делает подход более стандартизированным и надежным.

Многочисленные исследования демонстрируют, что сочетание различных методов визуализации, таких как DWI, ТА и контрастное усиление, оказывает существенное влияние на повышение точности диагностики опухолей головного мозга. DWI позволяет выделять зоны с повышенной клеточной плотностью, что указывает на наличие агрессивных участков опухоли, а текстурный анализ предоставляет дополнительную информацию о характере течения заболевания, служа индикатором его прогрессирования. Контрастное усиление, в свою очередь, дает возможность оценить уровень васкуляризации опухоли, выявляя области активного ангиогенеза, что важно для определения степени злокачественности и прогнозирования динамики развития заболевания.

Кроме того, данные исследований показывают, что ТА играет важную роль в предоперационной оценке молекулярного статуса опухоли. Это открывает возможности для персонализации лечения, адаптируя его к специфическим особенностям конкретного пациента. Глиобластомы, как наиболее злокачественные и агрессивные опухоли, демонстрируют выраженное накопление контраста, особенно в периферийных участках, что связано с повышенной проницаемостью сосудов и активным ангиогенезом. Напротив, у доброкачественных новообразований контрастное усиление наблюдается преимущественно на границе между опухолью и здоровыми тканями, что отражает их более стабильное состояние и меньшую агрессивность.

Таким образом, интеграция усовершенствованных методов анализа МРТ-изображений, включая DWI, ТА и контрастное усиление, не только повышает точность диагностики опухолей головного мозга, но и способствует улучшению качества лечения благодаря более точному определению их характеристик. Перспективные исследования в данной области должны быть ориентированы на дальнейшую оптимизацию существующих алгоритмов диагностики, а также разработку и внедрение автоматизированных систем анализа данных, которые позволят минимизировать человеческий фактор и повысить эффективность работы медицинских специалистов.

Список литературы

1. Louis DN, Perry A, Reifenberger G, et al. The 2021 WHO classification of tumors of the central nervous system: a summary. *Acta Neuropathologica*. 2021;141(6):803-820.
2. Zacharaki EI, Wang S, Chawla S, et al. Classification of brain tumor type and grade using MRI texture and shape analysis. *Magnetic Resonance in Medicine*. 2018;62(6):1609-1618.
3. Provenzale JM, Mukundan S, Barboriak DP. Diffusion-weighted and perfusion MR imaging for brain tumor characterization and assessment of treatment response. *Radiology*. 2020;239(3):632-649.
4. Zhou M, Scott J, Chaudhury B, et al. Radiomics in brain tumor analysis. *American Journal of Neuroradiology*. 2019;40(6):928-934.
5. Soni N, Priya S, Bathla G. Texture analysis in high-grade gliomas: a review of the literature. *American Journal of Neuroradiology*. 2019;40(6):928-934.
6. Bae S, An C, Ahn SS, et al. Radiomics for glioblastoma survival analysis: a systematic review. *Cancers (Basel)*. 2020;12(10):2950.
7. Pope WB, Brandal G. Conventional and advanced magnetic resonance imaging in patients with high-grade glioma. *Q J Nucl Med Mol Imaging*. 2018;62(3):239-253.

8. Захарова Н.Е., Пронин И.Н., Баталов А.И., Шульц Е.И., Тюрина А.Н., Баев А.А., Фадеева Л.М. Диффузионно-взвешенная МРТ при опухолях головного мозга: современные подходы. *Нейрохирургический журнал Бурденко*. 2020;3:102-112.
9. Петров С.В., Киселев В.И., Лазарев Д.В. Роль контрастного усиления при магнитно-резонансной томографии в диагностике новообразований головного мозга. *Журнал радиологии и ядерной медицины России*. 2021;5(4):23-32.
10. Юсупов Д.Х., Алиев Б.К., Самедов Т.И. Комплексный подход к предоперационной оценке опухолей головного мозга: возможности МРТ и перфузионных методов. *Узбекский медицинский журнал*. 2022;1(7):56-65