

# Современные методы нейрорадиологической диагностики медуллобластомы: роль КТ, МРТ и дополнительных методик визуализации

Дилшод Найимович Ходжиметов  
mcshod89@gmail.com

Гайрат Маратович Кариев

Улугбек Мксудович Асадуллаев

Жахонгир Боходирович Якубов

Республиканский специализированный научно-практический медицинский  
центр нейрохирургии

Аликул Мельтошевич Вохидов

Самаркандский государственный медицинский университет

**Аннотация:** Медуллобластома - это злокачественная опухоль, чаще всего локализуемая в мозжечке, с высокой склонностью к метастазированию в центральную нервную систему. В статье рассматриваются современные методы нейрорадиологической диагностики медуллобластомы, такие как компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ), а также дополнительные методики визуализации, включая диффузионно-взвешенные изображения (DWI) и протонную МР-спектроскопию (1H-MRS). Основное внимание уделяется особенностям проявления медуллобластомы на КТ и МРТ, а также преимуществам этих методов в предоперационной и послеоперационной оценке опухоли.

**Ключевые слова:** медуллобластома, нейрорадиология, магнитно-резонансная томография, диффузионно-взвешенные изображения

## Modern Neuroimaging Diagnostic Methods for Medulloblastoma: The Role of CT, MRI, and Additional Imaging Techniques

Dilshod Nayimovich Khodjimetrov  
mcshod89@gmail.com

Gayrat Maratovich Kariev

Ulugbek Mksudovich Asadullaev

Jahongir Bokhodirovich Yakubov

Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center for  
Neurosurgery  
Alikul Meltoshevich Vokhidov  
Samarkand State Medical University

**Abstract:** Medulloblastoma is a malignant tumor most commonly located in the cerebellum, with a high propensity for metastasis to the central nervous system. This article discusses modern neuroimaging diagnostic methods for medulloblastoma, such as computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI), as well as additional imaging techniques, including diffusion-weighted imaging (DWI) and proton MR spectroscopy (1H-MRS). The focus is on the characteristic features of medulloblastoma on CT and MRI, and the advantages of these methods in preoperative and postoperative tumor assessment.

**Keywords:** medulloblastoma, neuroradiology, magnetic resonance imaging, diffusion-weighted imaging

Введение. Нейрорадиологическая диагностика опухолей головного мозга эволюционировала от дисциплины, строго основанной на морфологических критериях, к дисциплине, включающей функциональные, физиологические и анатомические особенности головного мозга. Медуллобластома (МБ) проявляется различными «масками» на диагностических изображениях, что усложняет её диагностику.

Медуллобластома наиболее часто локализуется в мозжечке (94,4%), при этом в основном она располагается срединно (75%), преимущественно в средней и нижней части червя мозжечка. Диссеминация опухоли вдоль спинного мозга также часто встречается при первичном выявлении, и метастазы в спинной мозг, а также лептоменингеальное распространение опухоли наблюдаются у 19,4% больных детского возраста.

Целью исследования является изучение и оценка возможностей современных нейрорадиологических методов диагностики, таких как компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография (МРТ), диффузионно-взвешенные изображения (DWI) и протонная МР-спектроскопия (1H-MRS), в диагностике медуллобластомы, а также их роли в предоперационном планировании и послеоперационном наблюдении пациентов с данной патологией.

Компьютерная томография. Ключевыми особенностями МБ на КТ-изображениях являются высокая плотность, срединная локализация и четкие границы, хотя могут встречаться и атипичные проявления. Качественно выполненные КТ и МРТ четко демонстрируют топографию и морфологические

характеристики МБ. Однако, МРТ имеет преимущества в выявлении послеоперационного вторичного распространения опухоли в центральную нервную систему (ЦНС). Правильная оценка степени распространения опухоли имеет решающее значение при планировании хирургической резекции и адьювантной терапии. Предоперационная визуализация всего нейроаксиального тракта является необходимой, учитывая высокую склонность МБ к метастазированию в спинной мозг.

Особенности компьютерной томографии (КТ) при медуллобластоме у детей были хорошо описаны в литературе [1-6]. На КТ медуллобластома выявляется как хорошо ограниченная, гиперденсная и гомогенная масса, локализуемая по средней линии и исходящая из червя мозжечка. Опухоль окружена вазогенным отеком, сопровождается гидроцефалией и демонстрирует значительное равномерное накопление контрастного вещества при контрастном усилении.

Медуллобластома обладает высоким коэффициентом поглощения излучения по сравнению с окружающей мозговой тканью на КТ без контрастного усиления, что объясняется высоким ядерно-клеточным соотношением, выявленным при гистологическом исследовании. В 95% случаев вокруг опухоли обнаруживается гиподенсный участок асимметричного вазогенного отека и гидроцефалии разной степени выраженности. Степень выраженности гидроцефалии можно оценить, измерив мамилло-понтитное расстояние (МПР) [7].

Однако варибельность признаков медуллобластомы на КТ достаточно велика [3, 8, 9]. Несколько исследований выявили нетипичные особенности, включающие кистозные или некротические участки, кальцинаты, нечеткие границы, а также отсутствие контрастного усиления. Внутриопухолевые участки низкой плотности (обычно <1 см) соответствуют кистозной и некротической дегенерации. Распространенность кист варьирует от 30 до 60%; некоторые опухоли содержат несколько небольших кист, другие - одну крупную полость. Кальцинаты обнаруживаются в 20-30% случаев.

К другим, менее распространенным атипичным особенностям относятся нечеткие границы опухоли, отсутствие вазогенного отека или гидроцефалии, низкий коэффициент поглощаемости, кровоизлияния, отсутствие контрастного усиления, а также наличие лептоменингеального распространения без первичного очага.

Метастатические узлы можно определить супратенториально в субарахноидальном пространстве на КТ, а также в спинномозговом канале на КТ с контрастным усилением и миелографией. В желудочках типичной локализацией метастазов считается воронка (инфиндибулярный карман) третьего желудочка.

Наличие кальцификации фалькса у детей с медуллобластомой имеет важное диагностическое значение. Этот признак может свидетельствовать о развитии невоидной базально-клеточной карциномы, которая может быть следствием лучевой терапии. При обнаружении данного признака следует пересмотреть тактику лечения в пользу химиотерапии [10].

МРТ. Стандартный протокол МРТ для новообразований задней черепной ямки (ЗЧЯ) включает следующие режимы для исследования головного и спинного мозга: FLAIR, T1-, T2-, DWI и T1-взвешенные изображения (ВИ) с контрастным усилением. Дополнительно, МР-ангиография проводится регулярно для лучшей визуализации особенностей кровоснабжения опухоли и планирования оптимального оперативного вмешательства. Перфузионное взвешенное МРТ и МР-спектроскопия обычно используются для дифференциации изменений после лечения от рецидивирующей опухоли в ложе новообразования или для уточнения неопластической природы первичного очага.

Предоперационная оценка всей нейроаксиальной системы и послеоперационная оценка хирургического ложе являются важными факторами для прогнозирования.

Бэйли и Кушинг еще в 1925 году установили, что медуллобластома является новообразованием, исходящим из червя мозжечка. Медуллобластомы чаще всего располагаются в области четвёртого желудочка по средней линии и связаны с передней частью червя, иногда исходя из нижнего медуллярного паруса. Обычно медуллобластомы располагаются в среднем и нижнем сегментах червя, реже - в верхнем сегменте [10].

Медуллобластомы также могут располагаться вне средней линии, в полушариях мозжечка. В 1930 году Кушинг провёл исчерпывающее исследование, в котором изучил 61 случай медуллобластомы. Девять из этих опухолей были расположены латерально, и впоследствии они оказались десмопластической медуллобластомой (ДМБ) при гистологическом анализе.

Редко медуллобластомы могут возникать у взрослых, обычно в третьем и четвёртом десятилетии жизни, и чаще локализуются в полушариях мозжечка. Латеральное расположение чаще характерно для ДМБ и медуллобластом с повышенной нодулярностью (МБПН). Границы опухоли обычно выпуклые и чётко очерченные на неусиленных спин-эхо изображениях. Поражения с участием червя могут проявляться как плохо очерченные зоны сигнальных изменений только на длинных TR-изображениях.

Распространение опухоли через латеральные отверстия четвёртого желудочка в мостомозжечковый угол (ММУ), цистерну Магна и другие прилежащие цистерны встречается реже [11]. Известны случаи прорастания

медуллобластомы во внутренний слуховой проход с имитацией проявлений вестибулярной шванномы [12].

При традиционной МРТ классический вид медуллобластомы характеризуется изо- или гипоинтенсивным сигналом относительно серого вещества на T1ВИ [13]. Классическая медуллобластома (КМБ) и анапластическая медуллобластома имеют гиперинтенсивный сигнал на изображениях T2ВИ, тогда как десмопластическая медуллобластома (ДМБ) и медуллобластома с повышенной нодулярностью (МБПН) обычно демонстрируют изо- или гиперинтенсивный сигнал на изображениях T2ВИ [14].

На постконтрастных изображениях все виды медуллобластом характеризуются значительным усилением. КМБ может проявляться краевым накоплением контраста по периферии в виде кольца. Крупноклеточный (КК) и анапластический варианты медуллобластомы часто имеют неоднородную структуру с участками некроза или кистозными компонентами. ДМБ имеет широкий спектр усиления - от гомогенного до негомогенного, с возможным наличием нескольких узлов [14].

Типичный вариант МБПН характеризуется мультифокальностью, гомогенным усилением и узловым структурой, напоминающей грозди винограда. Опухоль может проявляться с центральным усилением в виде "рубца"; высокая степень поглощения контраста, чем у КМБ, может свидетельствовать о нейронной дифференцировке, которая присутствует в этом варианте [15].

На момент постановки диагноза медуллобластома обычно вызывает окклюзионную гидроцефалию. Иногда наблюдается опущение миндалин мозжечка в большое затылочное отверстие. В большинстве случаев присутствует перитуморальный отёк белого вещества; как правило, пациенты с медуллобластомой имеют перифокальный отёк легкой или средней степени выраженности, однако при ДМБ может быть выраженный перифокальный отёк.

Внутриопухолевые кисты иногда встречаются при медуллобластоме; кальцификаты и геморрагические изменения не характерны для МБ, но их иногда можно увидеть при КМБ.

Однако традиционное МРТ имеет низкую чувствительность и специфичность в определении типов медуллобластом и часто не позволяет надёжно различать опухоли высокой и низкой степени злокачественности. Гистологический анализ биоптата по-прежнему остаётся золотым стандартом для точного установления диагноза.

Диффузионно-взвешенные изображения (DWI), карты измеряемого коэффициента диффузии (ИКД), протонная МР-спектроскопия (1H-MRS) и перфузионные исследования могут предоставить дополнительные сведения, полезные для определения типа опухоли и её злокачественности.

$^1\text{H}$ -MRS и DWI предоставляют био- и физико-химическую информацию, которую невозможно получить с помощью только традиционных методов визуализации. Некоторые исследования показали, что значения ИКД могут быть использованы для дифференциации некоторых опухолей и оценки их клеточной структуры.

Использование MRS с укороченным временем эхо (TE) является более точным методом анализа, чем спектроскопия с удлинённым временем эхо. Это позволяет выявлять метаболиты, специфические для определённых гистологических типов опухолей. Короткое TE-1-воксельное  $^1\text{H}$ -MRS в сочетании с DWI помогает распознать наиболее частые опухоли задней ямки.

DWI позволяет визуализировать микроскопическую диффузию воды в тканях, где расчёт ИКД представляет собой абсолютную меру средней диффузии для каждого вокселя [16]. Этот метод используется для отличия некроза от кисты или отёка, и также показал эффективность в идентификации различных типов опухолей и ограничении их границ с нормальной мозговой тканью. DWI помогает различать распространённые опухоли мозжечка на основе различных значений ИКД этих опухолей. Низкие значения ИКД опухоли по сравнению с нормальной паренхимой мозга связаны с гиперцеллюлярностью опухолей. Высоко-клеточное строение медуллобластомы является известной гистологической особенностью этих опухолей [17, 18]. Медуллобластома характеризуется беспорядочным расположением мелких клеток с небольшими участками некроза.

Существует относительное ограничение случайного движения молекул воды в мелких клетках медуллобластомы. Плотнo-клеточная природа медуллобластомы и высокое соотношение ядер к цитоплазме приводят к ограничению диффузии воды, что проявляется высоким сигналом на DWI и низкими значениями ИКД [19]. На основании ограниченных данных, МБПН и ДМБ могут иметь более низкие значения ИКД по сравнению с классическими или КК/А вариантами. Исследования DWI у большего числа пациентов с различными вариантами медуллобластомы необходимы для подтверждения этих наблюдений и дальнейшего анализа значения DWI в дифференциации вариантов МБ.

MRS анализирует метаболическую активность и химический состав исследуемой ткани с помощью таких основных компонентов, как холинсодержащие соединения (Cho), креатин плюс фосфокреатин (Cr), N-ацетиласпартат (NAA) и лактат (Lac). Исследования показали, что MRS может улучшить дифференциацию опухолей до уровня определения специфических гистологических типов новообразований.

Эти результаты в основном были получены при использовании увеличенного времени эхо (TE 130 мс или более), и только недавно были опубликованы данные MRS, полученные с коротким временем эхо (TE 35 мс или менее). Большинство исследований с увеличенным TE сосредоточились на оценке изменений NAA, общего холина (tCHO) и лактата (Lac) путём анализа соотношений к креатину (Cr). Эти исследования показали, что опухоли головного мозга в целом имеют повышенные пики холина, низкие пики NAA и креатинина, а иногда повышенные пики липидов и молочной кислоты, что является характерной спектроскопической картиной нейроэктодермальных опухолей.

В опухолях также обнаруживается повышенный уровень Lac, который накапливается в некротических участках опухолей или является побочным продуктом анаэробного гликолиза.

В отличие от увеличенного TE, короткая TE-спектроскопия позволяет наблюдать дополнительные метаболиты, которые характеризуются коротким временем T2-релаксации при лучшем отношении сигнал/шум (SNR), такие как таурин (Tau), глутамин плюс глутамат (Glx), миоинозитол плюс глицин (mI) или аланин (Ala). MRS и анализ соотношения метаболитов всё чаще используются для более точной характеристики физиологии опухоли, что позволяет отличать патологическую ткань от нормальной и даже определять специфические типы опухолей.

Все виды медуллобластом демонстрируют значительное увеличение Tau до 3,3 промилле и Cho. Таурин представляет собой аминосульфоновую кислоту, которая локализуется в молекулярном слое мозжечка, клетках Пуркинье, терминалах аксонов корзинчатых клеток и в глиальных процессах, и присутствует в развивающемся мозжечке и изокортексе. Таурин, по-видимому, связан с повышенной клеточной пролиферацией и опухолевой агрессивностью.

Использование увеличенного TE при MR-спектроскопии не позволяет выявить повышенный уровень таурина (Tau). В недавних исследованиях было установлено, что Tau является важным отличительным признаком медуллобластом от других распространённых опухолей головного мозга у детей. Опухоли высокой степени злокачественности, обладающие высокой клеточной и пролиферативной активностью, показывают повышенные уровни Cho по сравнению с нормальной тканью мозга. Эти высокие уровни коррелируют с прогрессированием опухоли и более быстрым её ростом.

Работы отечественных авторов в области изучения медуллобластомы внесли значительный вклад в понимание диагностических и клинических особенностей этого заболевания. В ряде исследований подробно изучены как КТ, так и МРТ проявления медуллобластомы, что позволило улучшить диагностику

и оптимизировать подходы к лечению. В некоторых статьях [20- 27] были проанализированы типичные и атипичные признаки медуллобластомы на КТ, включая наличие гиперденсных участков, кистозных и некротических зон, а также особенности контрастного усиления, проявление гидроцефалии при опухолях задней черепной ямки. МРТ исследования в этих работах освещают различия в сигнальных характеристиках опухолей на T1-, T2-взвешенных изображениях и FLAIR, а также использование диффузионно-взвешенных изображений и МР-спектроскопии для оценки клеточной структуры и метаболической активности опухолей. Особое внимание было уделено предоперационной визуализации и оценке распространения опухоли, что имеет решающее значение для планирования хирургического вмешательства и последующего лечения.

**Заключение.** Медуллобластома является злокачественной опухолью, которая чаще всего локализуется в мозжечке и характеризуется высокой агрессивностью и склонностью к метастазированию в центральную нервную систему (ЦНС). Современные методы нейрорадиологической диагностики, такие как компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ), позволяют детально визуализировать опухоль и оценить её анатомические и функциональные особенности.

Основные характеристики медуллобластомы на КТ включают высокую плотность, срединную локализацию и чёткие границы. Однако возможны и атипичные проявления, такие как наличие кист, кальцинатов, нечетких границ и отсутствие контрастного усиления. МРТ превосходит КТ в оценке послеоперационного распространения опухоли и предоперационной визуализации всего нейроаксиального тракта, что является важным для планирования хирургического вмешательства и адъювантной терапии.

Использование дополнительных методов визуализации, таких как диффузионно-взвешенные изображения (DWI) и протонная МР-спектроскопия (1H-MRS), позволяет получить дополнительную информацию о клеточной структуре и метаболической активности опухоли, что улучшает диагностику и дифференциацию медуллобластомы от других опухолей задней черепной ямки.

### **Использованная литература**

1. Zimmerman RA, Bilanuk LT, Phalajani H (1978) Spectrum of medulloblastomas demonstrated by computed tomography. *Radiology* 126:137-141
2. Gado M, Huete I, Mikhael M (1977) Computerized tomography of infratentorial tumors. *Semin Roentgenol* 12:109-120
3. Zee CS, Segall HD, Miller C et al (1982) Less common CT features of medulloblastoma. *Radiology* 144:97-102



4. Weisberg LA (1982) Computerized tomographic findings in medulloblastomas. *Comput Med Imaging Graph* 6:83-91
5. Naidich TP, Un JP, Leeds NE, Pudlowski RM, Nordich JB (1977) Primary tumors and other masses of the cerebellum and fourth ventricle: differential diagnosis by computed tomography. *Neuroradiology* 14:1 53-1 74
6. Al-Mefty O, Jinkins JR, El-Senousse M, El-Shake M, Fox JL (1985) Medulloblastomas: a review of modern management with a report on 75 cases. *Surg Neurol* 24:606-624
7. Sandhu A, Kendall B (1987) Computed tomography in management of medulloblastomas. *Neuroradiology* 29:444-452
8. Nelson M, Diebler C, Forbes WSC (1991) Paediatric medulloblastoma: atypical CT features at presentation in the SIOP II trial. *Neuroradiology* 33:140-142
9. Stavrou T, Dubovsky EC, Reaman GH, Goldstein AM, Vezina G (2000) Intracranial calcifications in childhood medulloblastoma: relation to nevoid basal cell carcinoma syndrome. *AJNR Am J Neuroradiol* 21:790-794
10. Fruehwald-Pallamar J, Puchner SB, Rossi A, Garre ML, Cama A, Koelblinger C, Osborn AG, Thurnher MM (2011) Magnetic resonance imaging spectrum of medulloblastoma. *Neuroradiology* 53(6):387-396
11. Mueller DP, Moore SA, Sato Y, Yuh WTC (1992) MRI spectrum of medulloblastoma. *Clin Imaging* 16:250-255
12. House JL, Burt MR (1985) Primary CNS tumors presenting as cerebellopontine angle tumors. *Am J Otol Suppl*:147-153
13. Meyers SP, Kemp SS, Tarr RW (1992) MR imaging features of medulloblastomas. *AJR Am J Roentgenol* 158:859-865
14. Liu HQ, Yin X, Li Y, Zhang J, Wang Y, Tchoyoson Lim CC, Feng X (2012) MRI features in children with desmoplastic medulloblastoma. *J Clin Neurosci* 19(2):281-285
15. Naitoh Y, Sasajima T, Kinouchi H, Mikawa S, Mizoki K (2002) Medulloblastoma with extensive nodularity: single photon emission CT study with iodine-123 metaiodobenzylguanidine. *AJNR Am J Neuroradiol* 23:1564-1567
16. Rowley HA, Grant PE, Roberts TPL (1999) Diffusion MR imaging. *Neuroimaging Clin N Am* 9:343-361
17. Ellison D (2002) Classifying the medulloblastoma: insights from morphology and molecular genetics. *Neuropathol Appl Neurobiol* 28:257-282
18. Kleihues P, Louis DN, Scheithauer BW et al (2002) The WHO classification of tumors of the nervous system. *J Neuropathol Exp Neurol* 61:215-225
19. Pierce TT, Provenzale JM (2014) Evaluation of apparent diffusion coefficient thresholds for diagnosis of medulloblastoma using diffusion-weighted imaging. *Neuroradiol J* 27(1):63-74

20. Kariev, G. M., Asadullaev, U. M., Duschanov, T. A., Rasulov, S. O., Mamadaliev, D., Khodjimetov, D. N.. The Importance of Measuring Mamillopontine Distance as a Diagnostic Criterion of Hydrocephalus Degrees. Asian journal of neurosurgery, 2019;14(1), 166-171. doi:10.4103/ajns.AJNS\_79\_18

21. Асадуллаев У.М., Кариев Г.М., Расулов Ш.О., Ходжиметов Д.Н. Объективная оценка клиничко-неврологического исоциального состояние больных с новообразованиями головного мозга осложненных гидроцефалией. Неврология -2018 № 3 с.14-16

22. Ходжиметов Д.Н., Асадуллаев У.М., Якубов Ж.Б., Бабаханов Б.Х., Вохидов А.М. Клиническое течение медуллобластом головного мозга // Science and education scientific journal volume 2, issue, 10 october 2021. -С. 73-80

23. Ходжиметов Д.Н, Асадуллаев У.М., Якубова Ж.Б., Бабаханов Б.Х. «Особенности хирургического лечения новообразований задней черепной ямки.» Проблемы биологии и мекдицины. № 6 (124) 131-136 стр.

24. Ходжиметов Д.Н, Кариев Г.М., Асадуллаев У.М., Якубова Ж.Б. «Лечение медуллобластом головного мозга у детей». Проблемы биологии и мекдицины. № 6 (124) 137-140 стр.

25. Ходжиметов Д.Н., Асадуллаев У.М. Клиничко-диагностические особенности медуллобластом головного мозга. Неврология. 2020; 2(82): 85-86.

26. Khodjimetov D.N., Kariev G.M., Asadullaev U.M., Yakubov J.B. Hydrocephalus in children with posterior cranial fossa tumors: literature review. Неврология. 2020; 1(81): 52-54

27. Khodjimetov D.N., Kariev G.M., Asadullaev U.M., Yakubov J.B. Hydrocephalus in children with posterior cranial fossa tumors: literature review. Неврология. 2020; 1(81): 52-54.