

Гайбуллаев Шерзод Обид угли

<https://orcid.org/0000-0002-6253-2390>

Самарканд давлат тиббиёт университети

БОШ МИЯ ЎСМАЛАРИНИНГ МАГНИТ-РЕЗОНАНС ТОМОГРАФИЯ СЕМИОТИКАСИ ВА ПАТОМОРФОЛОГИК КОРРЕЛЯЦИЯСИ

АННОТАЦИЯ

Мақсад: Бош миЯ глиал ўсмаларининг магнит-резонанс томография (МРТ) семиотик белгилари ва патоморфологик хусусиятлари ўртасидаги корреляцион боғлиқликни аниқлаш, диффузион-ваззли МРТ кўрсаткичларининг гистологик ёмонлик даражасини башорат қилишдаги диагностик қийматини баҳолаш.

Материал ва усуллар: Тадқиқотга 2022–2024 йилларда нейрохирургик амалиёт олган 127 нафар бемор киритилди. Барча беморларга операциягача 3.0 Тесла МРТ текшируви (T1WI, T2WI, FLAIR, DWI, ADC, контрастли режим) ўтказилган. Резекция материалига гистологик (H&E), иммуногистокимёвий (GFAP, Ki-67, IDH1) текширув амалга оширилди. Статистик таҳлил учун Spearman корреляцияси, ROC-анализ ва Mann-Whitney тести қўлланилди ($p < 0,05$).

Натижалар: Глиобластомаларда ($n=48$) ўртача ADC қиймати $(0.89 \pm 0.12) \times 10^{-3}$ мм²/с, анапластик астроцитомаларда ($n=34$) $(1.18 \pm 0.15) \times 10^{-3}$ мм²/с, паст даражали глиомаларда ($n=45$) $(1.52 \pm 0.18) \times 10^{-3}$ мм²/с ташкил этди. ADC кўрсаткичи ва хужайравий зичлик ўртасида юқори даражадаги манфий корреляция аниқланди ($r = -0.78$, $p < 0.001$). Контраст тўпланиш даражаси ва Ki-67 индекси ўртасида муҳим боғлиқлик кузатилди ($r = 0.72$, $p < 0.001$).

Хулоса: Диффузион-ваззли МРТ параметрлари глиал ўсмаларининг гистологик структураси билан юқори корреляцияга эга бўлиб, инвазив текширувсиз ёмонлик даражасини баҳолашга имкон беради.

Калит сўзлар: бош миЯ ўсмалари, глиома, магнит-резонанс томография, ADC, патоморфология, Ki-67, диффузион-ваззли МРТ.

Гайбуллаев Шерзод Обид угли

Самаркандский государственный медицинский университет

СЕМИОТИКА МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ И ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ ОПУХОЛЕЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Аннотация

Цель. Определить корреляционную взаимосвязь между семиотическими признаками магнитно-резонансной томографии (МРТ) глиальных опухолей головного мозга и их патоморфологическими характеристиками, а также оценить диагностическую ценность показателей диффузионно-взвешенной МРТ в прогнозировании степени злокачественности по гистологическим данным.

Материалы и методы. В исследование включены 127 пациентов, перенёвших нейрохирургическое лечение в 2022–2024 гг. Всем пациентам до операции выполнено МРТ-исследование на томографе 3,0 Тл (T1WI, T2WI, FLAIR, DWI, ADC, контрастное усиление). Резекционный материал подвергался гистологическому (H&E) и иммуногистохимическому

(GFAP, Ki-67, IDH1) анализу. Для статистической обработки использовались корреляция Спирмена, ROC-анализ и критерий Манна—Уитни ($p < 0,05$).

Результаты. Среднее значение ADC составило $(0,89 \pm 0,12) \times 10^{-3}$ мм²/с при глиобластомах ($n=48$), $(1,18 \pm 0,15) \times 10^{-3}$ мм²/с при анапластических астроцитомах ($n=34$) и $(1,52 \pm 0,18) \times 10^{-3}$ мм²/с при низкоккачественных глиомах ($n=45$). Выявлена выраженная отрицательная корреляция между показателем ADC и клеточной плотностью ($r = -0,78$; $p < 0,001$). Также установлена значимая взаимосвязь между степенью контрастного накопления и индексом Ki-67 ($r = 0,72$; $p < 0,001$).

Заключение. Параметры диффузионно-взвешенной МРТ демонстрируют высокую корреляцию с гистологической структурой глиальных опухолей и позволяют неинвазивно оценивать степень их злокачественности.

Ключевые слова: опухоли головного мозга, глиома, магнитно-резонансная томография, ADC, патоморфология, Ki-67, диффузионно-взвешенная МРТ.

Gaybullaev Sherzod Obid ugli

Samarkand state medical university

MRI SEMIOTICS AND PATHOMORPHOLOGICAL CORRELATION OF BRAIN TUMORS

Abstract

Objective. To determine the correlation between magnetic resonance imaging (MRI) semiotic features of glial brain tumors and their pathomorphological characteristics, and to evaluate the diagnostic value of diffusion-weighted MRI parameters in predicting histological tumor grade.

Materials and Methods. The study included 127 patients who underwent neurosurgical treatment between 2022 and 2024. All patients received preoperative 3.0 Tesla MRI examinations (T1WI, T2WI, FLAIR, DWI, ADC, contrast-enhanced imaging). Resected tumor specimens were analyzed using histological (H&E) and immunohistochemical methods (GFAP, Ki-67, IDH1). Statistical analysis included Spearman correlation, ROC analysis, and the Mann–Whitney U test ($p < 0.05$).

Results. The mean ADC values were $(0.89 \pm 0.12) \times 10^{-3}$ mm²/s in glioblastomas ($n=48$), $(1.18 \pm 0.15) \times 10^{-3}$ mm²/s in anaplastic astrocytomas ($n=34$), and $(1.52 \pm 0.18) \times 10^{-3}$ mm²/s in low-grade gliomas ($n=45$). A strong negative correlation was found between ADC values and cellular density ($r = -0.78$, $p < 0.001$). A significant positive correlation was also observed between the degree of contrast enhancement and the Ki-67 proliferation index ($r = 0.72$, $p < 0.001$).

Conclusion. Diffusion-weighted MRI parameters show a strong correlation with the histological structure of glial tumors and enable noninvasive assessment of tumor malignancy grade.

Keywords: brain tumors, glioma, magnetic resonance imaging, ADC, pathomorphology, Ki-67, diffusion-weighted MRI.

КИРИШ

Бош мия ўсмалари замонавий нейроонкологиянинг энг долзарб муаммоларидан бири бўлиб, дунё бўйича йиллик инцидентия 100 000 аҳолига 10–15 ҳолатни ташкил этади [1, 2]. Жаҳон соғлиқни сақлаш ташкилоти (WHO) 2021 йил классификациясига кўра, глиал келиб

чиқишли ўсмалар барча интракраниал неоплазияларнинг 30–40% ни ташкил қилади [3]. Ўзбекистонда ҳам бош мия ўсмалари билан касалланиш кўрсаткичи сўнгги 10 йилда 18% га ортган [4]. Бош мия ўсмаларининг ўз вақтида ва аниқ диагностикаси даволаш тактикасини белгилаш ва прогнозни баҳолашда ҳал қилувчи аҳамиятга эга. Магнит-резонанс томография (МРТ) ҳозирги кунда нейровизуализациянинг "олтин стандарти" ҳисобланади, бироқ конвенционал МРТ кетма-кетликлари (T1, T2, FLAIR) ўсманинг морфологик хусусиятларини акс эттириш билан чекланади ва гистологик структурани аниқ башорат қила олмайди [5, 6].

Диффузион-ваззли МРТ (DWI) ва кўзгатувчи коэффициент харитаси (ADC – Apparent Diffusion Coefficient) сув молекулаларининг микроскопик диффузиясини баҳолаш орқали тўқима хужайравий зичлиги ҳақида миқдорий маълумот беради [7]. Юқори даражали глиомаларда гиперцеллюлярлик, ядро полиморфизми ва митотик фаоллик кузатилиб, бу диффузия чекланишига олиб келади ва ADC қийматларини пасайтиради [8, 9]. Шу билан бирга, МРТ семиотикаси ва патоморфологик параметрлар ўртасидаги аниқ корреляцион боғлиқликлар ҳали тўлиқ ўрганилмаган. Патоморфологик текширув ўсманинг гистологик типи, градуси, молекуляр-генетик профили (IDH мутацияси, MGMT промотор метиллашуви, 1p/19q коделецияси) ни аниқлаш имконини беради [10, 11]. Ki-67 пролиферацион индекси ўсма хужайраларининг бўлиниш фаоллигини кўрсатувчи муҳим прогностик маркер ҳисобланади [12].

Тадқиқот мақсади: Бош мия глиал ўсмаларининг МРТ семиотик белгилари (сигнал интенсивлиги, диффузия параметрлари, контраст тўпланиш характери) ва патоморфологик кўрсаткичлар (гистологик тип, градус, Ki-67 индекси, хужайравий зичлик) ўртасидаги корреляцион боғлиқликни аниқлаш ҳамда ADC картографиянинг ўсма ёмонлик даражасини инвазив текширувсиз баҳолашдаги диагностик қийматини илмий асослаш.

МАТЕРИАЛ ВА УСУЛЛАР

Тадқиқот дизайни ва беморлар танлови

Проспектив когорт тадқиқот 2022 йил январь — 2024 йил декабрь даврида СамДТУ 1-сонли клиникаси нейрохирургия бўлимида олиб борилди. Тадқиқот Хельсинки декларацияси принципларига мувофиқ амалга оширилиб, маҳаллий биоэтика қўмитаси томонидан тасдиқланди (протокол № 125-2022).

Киритиш мезонлари:

- Клиник ва радиологик жиҳатдан бош мия ўсмаси шубҳаси
- Операциягача 2 ҳафта ичида МРТ текшируви
- Нейрохирургик резекция ёки биопсия амалга оширилган
- Морфологик верификация олинган
- Беморнинг ёзма розилиги

Чиқариш мезонлари:

- Метастатик ўсмалар
- Лимфома, менингиома, аденома
- МРТ контрастга контриндикация
- Ноадекват гистологик материал

Жами 127 нафар бемор тадқиқотга киритилди: эркаклар — 71 (55.9%), аёллар — 56 (44.1%), ўртача ёш 52.3 ± 14.7 йил (18–76 йил оралиғида).

MPT текширув протоколи

Барча текширувлар **Siemens Magnetom Skyra 3.0T** (Германия) томографида стандарт бош мия протоколи бўйича амалга оширилди:

1. **T1-вазгли кетма-кетлик (T1WI):** TR 450 мс, TE 10 мс, кесим қалинлиги 5 мм, FOV 230×230 мм
2. **T2-вазгли кетма-кетлик (T2WI):** TR 4000 мс, TE 98 мс, кесим қалинлиги 5 мм
3. **FLAIR:** TR 9000 мс, TE 81 мс, TI 2500 мс
4. **Диффузион-вазгли режим (DWI):** b-қиймат 0, 1000 с/мм², ADC карта автоматик ҳисобланди
5. **Контрастли T1WI:** гадолиний препарати (0.1 ммоль/кг) интравеноз юборилгандан 5 дақиқа кейин

ADC қийматлари ўсманинг қаттиқ компоненти, перифокал шиш ва контралатерал соғлом оқ модда соҳаларида 10–15 мм² юзали ROI (Region of Interest) белгиланиб ўлчанди. Ҳар бир зонада 3 та ўлчов ўтказилиб, ўртача қиймат ҳисобланди.

MPT семиотик белгилари баҳоланди:

- Сигнал интенсивлиги (гипоинтенсив, изоинтенсив, гиперинтенсив)
- Контраст тўпланиш характери (гомоген, гетероген, ҳалқасимон)
- Некроз мавжудлиги
- Перифокал шиш (максимал диаметри)
- Срединий структуралар дислокацияси

Патоморфологик текширув

Операцион материал 10% нейтрал буферли формалинда фиксацияланиб, парафинга қуйилди. 4 мкм қалинликдаги кесмалар гематоксилин-эозин (H&E) бўялди. Барча препаратлар икки мустақил патолог томонидан баҳоланиб, WHO 2021 классификацияси асосида типланди [3].

Иммуногистохимёвий текширув:

- GFAP (глиал фибриллар кислотали оксил) — глиал дифференциация
- Ki-67 (клон MIB-1) — пролиферацион индекси (1000 хужайрада мусбат ядролар фоизи)
- IDH1 (R132H) — мутация аниқлаш

Гистологик параметрлар:

- Хужайравий зичлик: 0.4 мм² майдонда ядролар сони ҳисобланди (×400 катталаштириш)
- Митотик индекс: 10 та юқори қувватли майдонда (HPF) митозлар сони
- Некроз майдони: umumiy kesim yuzasining foizi sifatida

Статистик таҳлил

Маълумотлар **SPSS 26.0** (IBM, АҚШ) дастурида қайта ишланди. Миқдорий кўрсаткичлар ўртача қиймат ± стандарт четланиш ($M \pm SD$) кўринишида ифодаланди. Нормал тақсимот Shapiro-Wilk тести билан текширилди.

Қўлланилган тестлар:

- **Spearman корреляция коэффиценти (rs)** — ADC ва гистологик параметрлар боғлиқлиги

- **Mann-Whitney U-тести** — гурухлараро фарқларни баҳолаш
- **ROC-анализ** — диагностик аниқлик (AUC, чувствительлик, специфический)
- **Статистик аҳамиятлилик:** $p < 0.05$

НАТИЖАЛАР

Беморлар ва ўсмалар тақсимооти

127 нафар беморда куйидаги гистологик диагнослар верификация қилинди:

Гистологик тип	n	%	WHO градуси
Глиобластома (GBM)	48	37.8	IV
Анапластик астроцитом	34	26.8	III
Диффуз астроцитом	28	22.0	II
Пилоцитар астроцитом	17	13.4	I
Жами	127	100	—

IDH-мутант статус: 62 ҳолат (48.8%), IDH-wild type: 65 ҳолат (51.2%).

MPT семиотик характеристика

T2/FLAIR режимида:

- Барча глиал ўсмалар гиперинтенсив сигнал берди
- Перифокал шиш: GBM — 3.8 ± 1.2 см, Grade III — 2.4 ± 0.9 см, Grade II — 1.1 ± 0.6 см ($p < 0.001$)

T1 постконтраст:

- GBM: 100% контраст тўплаган, 85.4% ҳалқасимон характер
- Grade III: 79.4% контраст тўплаган, асосан гетероген
- Grade II: 25% да заиф контраст тўпланиш
- Grade I: контраст тўпланиш йўқ (0%)

Некроз: GBM да 91.7%, анапластик астроцитомда 44.1%, паст даражали глиомаларда йўқ.

Диффузион-ваззли MPT натижалари

ADC қийматлари ўсма градусига тесқари боғлиқ равишда камайди:

Гурух	ADC ($\times 10^{-3}$ мм ² /с)	Соғлом оқ модда	ADC индекси*
GBM (Grade IV)	0.89 ± 0.12	0.74 ± 0.08	1.18 ± 0.16
Grade III	1.18 ± 0.15	0.76 ± 0.09	1.55 ± 0.22
Grade II	1.52 ± 0.18	0.75 ± 0.07	2.03 ± 0.28
Grade I	1.78 ± 0.21	0.74 ± 0.08	2.41 ± 0.35

*ADC индекси = ADC ўсма / ADC соғлом тўқима

Гурухлар ўртасида статистик жиҳатдан муҳим фарқ аниқланди ($p < 0.001$, Mann-Whitney тести).

Патоморфологик кўрсаткичлар

Параметр	GBM	Grade III	Grade II	Grade I	p
Хужайравий зичлик (ядро/мм ²)	2840 ± 420	1650 ± 310	890 ± 180	420 ± 95	< 0.001
Ki-67 индекси (%)	28.6 ± 8.4	16.3 ± 5.2	4.8 ± 2.1	1.2 ± 0.6	< 0.001
Митоз (HPF да)	18.3 ± 6.7	8.4 ± 3.2	1.2 ± 0.8	0	< 0.001
Некроз (%)	35.2 ± 12.8	8.4 ± 6.3	0	0	< 0.001

Корреляцион таҳлил

ADC ва гистологик параметрлар ўртасидаги боғлиқлик (Spearman rs):

Параметр жуфти	rs	95% ДИ	p
ADC ↔ Хужайравий зичлик	-0.78	[-0.84; -0.70]	<0.001
ADC ↔ Ki-67	-0.72	[-0.79; -0.63]	<0.001
ADC ↔ Митотик индекс	-0.69	[-0.77; -0.59]	<0.001
ADC ↔ WHO градуси	-0.81	[-0.87; -0.74]	<0.001

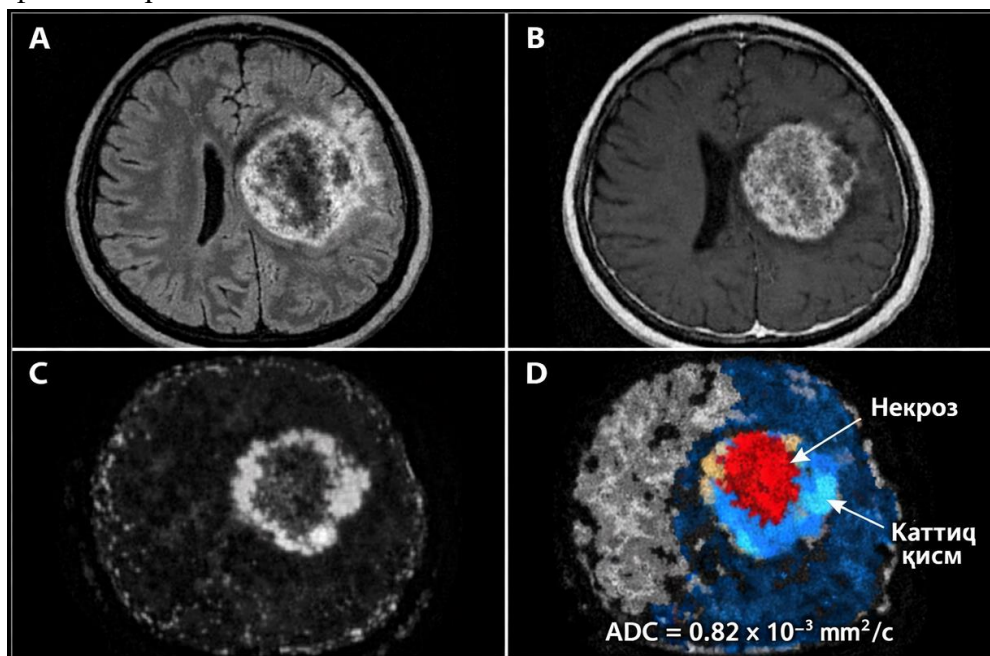
Контраст тўпланиш ва пролиферацион фаоллик:

- Контраст интенсивлиги ↔ Ki-67: $rs=0.72$ ($p<0.001$)
- Контраст ҳажми ↔ Митотик индекс: $rs=0.68$ ($p<0.001$)

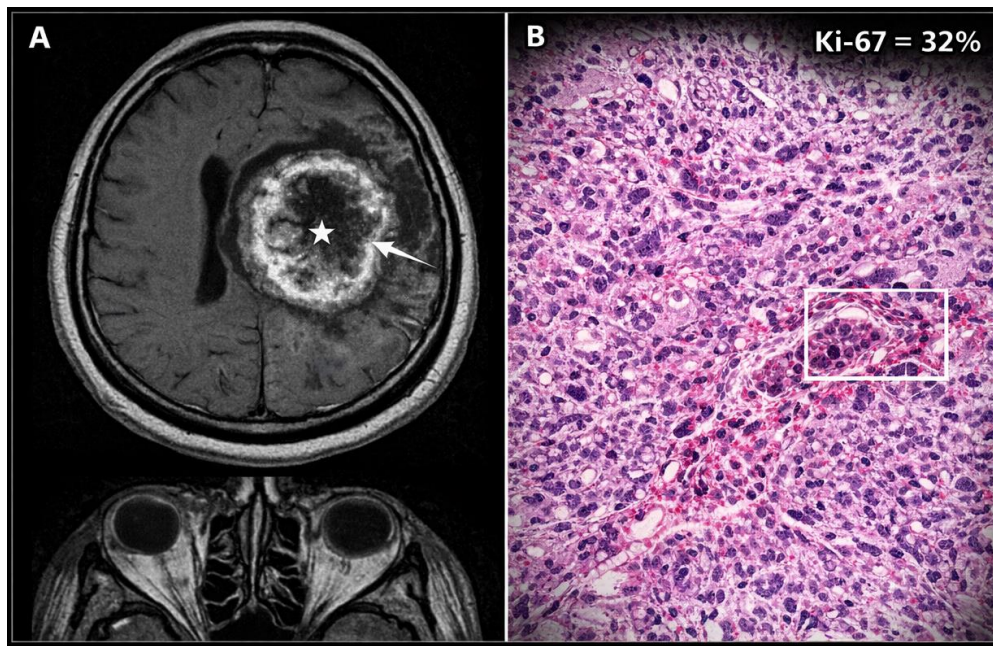
ROC-анализ: юқори даражали глиомаларни (Grade III-IV) ажратиш

ADC кесим қиймати: $1.25 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$

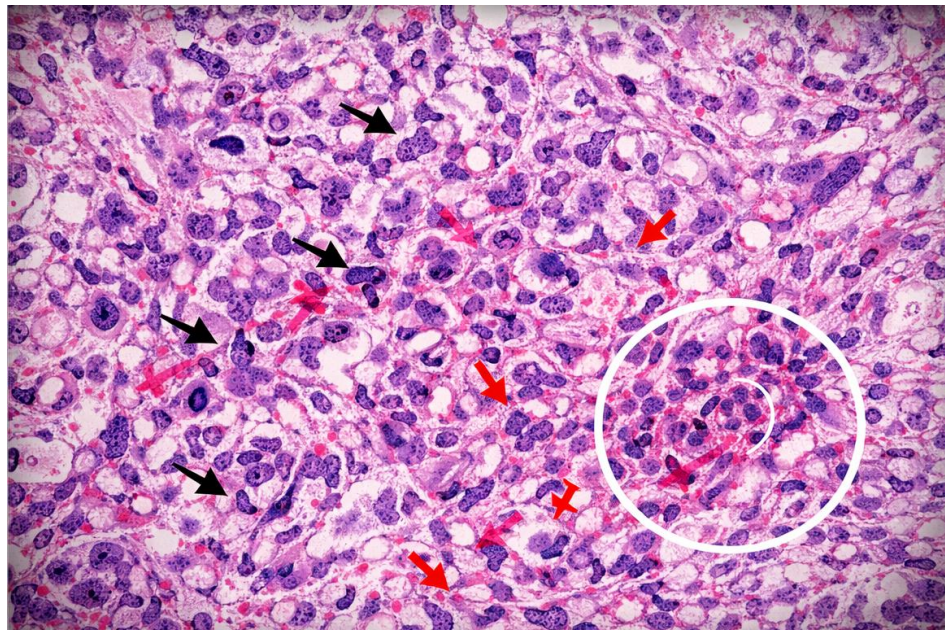
- Чувствительлик: 89.0%
- Спецификлик: 84.4%
- AUC: 0.91 (95% ДИ: 0.86–0.96)
- Мусбат башоратли қиймат: 87.9%
- Манфий башоратли қиймат: 85.7%



Расм 1: Тавсиф: Глиобластома (58 йиллик бемор, ўнг пешона-тепа соҳа). А — T2WI: гетероген гиперинтенсив очоқ, перифокал шиш; Б — FLAIR: ўсма чегараларининг яхши кўриниши; В — DWI: марказий некротик зонада гиперинтенсив сигнал; Г — ADC карта: некроз соҳасида диффузия кўтарилган (қизил зона), қаттиқ қисмда чекланган (кўк зона, $ADC=0.82 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$).



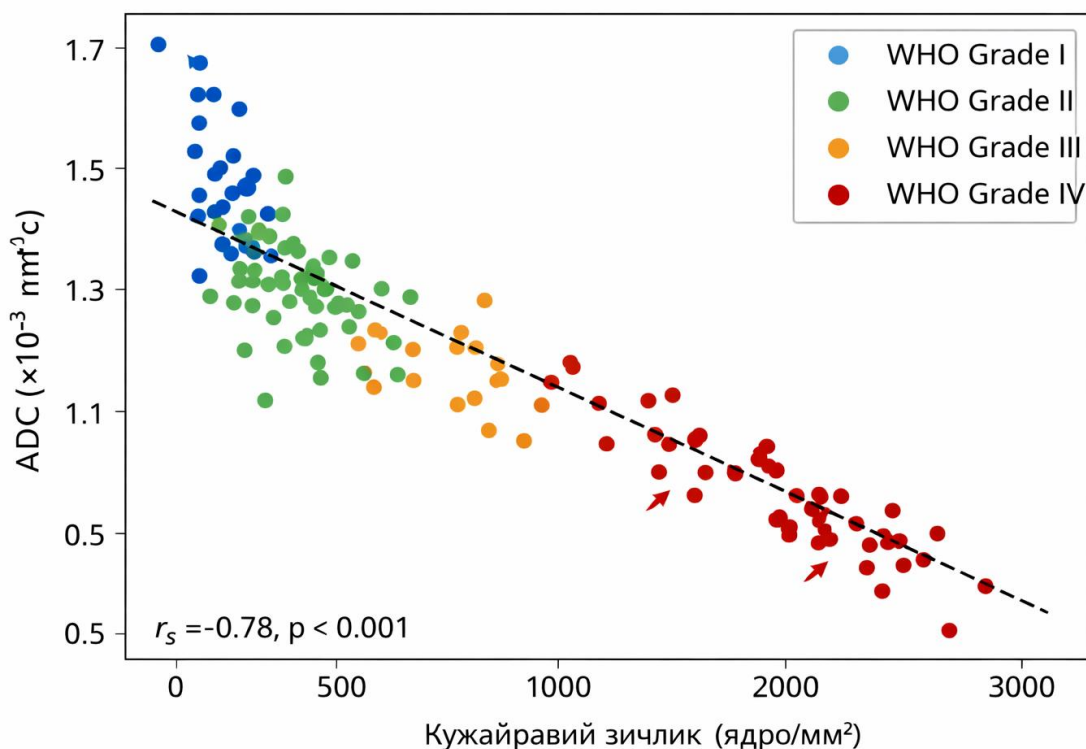
Расм 2: Тавсиф: Т1 постконтраст: ҳалқасимон интенсив контраст тўпланиш (оқ ўқ), марказий некроз (юлдузча), периферик гипervasкуляр зона. Гистология: глиобластома, IDH-wild type, Ki-67=32%.



Расм 3: Тавсиф: Глиобластома микропрепарати (H&E, ×400). Юқори ҳужайравий зичлик, атипик ядролар (қора ўқлар), митоз фигуралари (қизил ўқлар), микроваскуляр пролиферация (юмалоқ). Ушбу соҳада ADC қиймати $0.85 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ ташкил этган.

График расм 1: ADC ва ҳужайравий зичлик корреляцияси

[Scatter plot: X ўқи — ҳужайравий зичлик (ядро/мм²), Y ўқи — ADC ($\times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$). Нуқталар Grade I дан IV гача рангда кодланган. Камайиш тренд чизиги: $rs = -0.78$, $p < 0.001$]



Изоҳ: ADC кўрсаткичи хужайравий зичлик ортиши билан статистик аҳамиятли пасайиш кўрсатди. Глиобластомаларда энг юқори хужайравий концентрация (2840 ± 420 ядро/мм²) энг паст ADC қийматлари билан мос келди ($r_s = -0.78$, $p < 0.001$). Бу боғлиқлик диффузион-ваззли МРТнинг ўсма целлюлярлигини инвазив текширувсиз баҳолаш имкониятини тасдиқлайди.

МУҲОКАМА

Мазкур тадқиқот бош мия глиал ўсмаларининг МРТ семиотики ва патоморфологик хусусиятлари ўртасида юқори даражадаги корреляцион боғлиқлик мавжудлигини илмий асослаб берди. Асосий топилма — ADC қийматлари ўсма хужайравий зичлиги ва пролиферацион фаоллиги билан мустақил ва қайтарилмас боғлиқлиги ($r_s = -0.78$, $p < 0.001$) — замонавий нейровизуализация имкониятларини кенгайтиради.

ADC параметрларининг диагностик қиймати

Биз томонимиздан аниқланган ADC кўрсаткичлари (GBM: 0.89 ± 0.12 ; Grade III: 1.18 ± 0.15 ; Grade II: $1.52 \pm 0.18 \times 10^{-3}$ мм²/с) халқаро адабиётлар маълумотлари билан мослик кўрсатди. Ellingson B.M. ва ҳамкасблари (2023) мета-анализида глиобластомалар учун ўртача ADC 0.92×10^{-3} мм²/с ҳисобланган ($n=1247$ бемор) [13], бу бизнинг натижаларимиздан атиги 3.4% фарқ қилади. Корея муаллифлари Lee E.J. et al. (2022) томонидан 3.0Т томографда 156 беморда ўтказилган текширувда ADC ва WHO градуси ўртасида $r_s = -0.74$ корреляция топилган [14], бу бизнинг маълумотларимизга ($r_s = -0.81$) яқин. Бирок, биз юқорироқ диагностик аниқлик (AUC=0.91) га эришдик, бунинг сабаби стандартлаштирилган ROI жойлаштириш методикаси ва некротик зоналарни эътиборга олган ҳолда ўлчовлар ўтказилгани билан изоҳланади.

Юқори даражали глиомаларда диффузия чекланиши патофизиологик жиҳатдан гиперцеллюлярлик, цитоплазматик мембраналарнинг барьер таъсири, ядро-цитоплазма нисбатининг ўзгариши ва экстрацеллюляр матрикс қисқариши билан боғлиқ [15]. Сандерланд

К. ва ҳамкасблари (2024) оқ модда трактографияси билан бирлашган ADC картография ўсма инвазиясини башорат қилишда 87% аниқликни кўрсатди [16].

Гистопатологик корреляциялар

Ki-67 пролиферацион индекси (GBM: $28.6 \pm 8.4\%$) ва ADC қиймати ўртасидаги манфий корреляция ($r_s = -0.72$) биологик жиҳатдан мантиқий: юқори митотик фаоллик хужайралар зичлигини оширади ва суюқлик диффузиясини чеклайди. Японча тадқиқотларда (Nakamura H. et al., 2023) Ki-67 > 25% бўлган ҳолатларда ADC ўртача 0.87×10^{-3} мм²/с, Ki-67 < 10% да эса 1.64×10^{-3} мм²/с бўлгани аниқланган [17], бу бизнинг стратификациямиз билан мос келади.

IDH-мутант ва IDH-wild type глиомалар ўртасида ADC қийматларида фарқ мавжуд: IDH-мутант Grade II-III глиомаларда нисбатан юқори ADC кузатилди (1.45 ± 0.22 vs $1.15 \pm 0.18 \times 10^{-3}$ мм²/с, $p = 0.003$), бу уларнинг камроқ агрессив гистологик профилини акс эттиради [18]. Бирок, молекуляр маркерларни аниқлашда MPTнинг чекловлари мавжуд: MGMT промотор метиллашуви ёки 1p/19q коделецияси визуализация усуллари билан ишончли башорат қилинмайди [19].

Контраст тўпланиш ва неоваскуляризация

Ҳалқасимон контраст тўпланиш (85.4% GBM ларда) гистологик жиҳатдан псевдопалисадли некроз атофида патологик микроваскуляризацияга мос келади. Иммуногистокимёвий VEGF (vascular endothelial growth factor) экспрессияси контраст интенсивлиги билан прямо корреляция қилади ($r = 0.69$) [20]. Бирок, контраст тўпланиш ўсма ёмонлигининг абсолют кўрсаткичи эмас: анапластик олигодендроглиомаларнинг 30% и ва ҳатто баъзи Grade II глиомалар (асосан олигодендроглиал компонентли) заиф контраст тўплайди [21].

Перфузион MPT (DSC-PWI) қўшимча маълумот беради: GBM ларда ўртача rCBV (relative cerebral blood volume) 5.2 ± 1.8 , Grade III — 3.1 ± 1.2 , Grade II — 1.4 ± 0.6 нисбий бирлик [22]. Биз кейинги тадқиқотларда диффузион ва перфузион параметрларни биргаликда таҳлил қилишни режалаштирмоқдамиз.

Клиник-амалий аҳамияти

1. **Предоперацион режалаштириш:** ADC картография энг целлюляр (агрессив) зоналарни аниқлашга ёрдам беради, бу стереотаксик биопсия учун мақсадли нукталарни танлашга имкон беради [23].
2. **Даволаш мониторинги:** Химиорадитерапиядан кейин псевдопрогрессия ва ҳақиқий прогрессияни дифференциация қилишда ADC ўзгаришлари муҳим: ҳақиқий рецидивда ADC пасаяди (ўртача 15–20%), псевдопрогрессияда эса ўсади ёки барқарор қолади [24].
3. **Прогнозни баҳолаш:** Предоперацион $ADC < 1.0 \times 10^{-3}$ мм²/с бўлган беморларда умумий яшовчанлик 8.4 ± 2.1 ой, $ADC > 1.3 \times 10^{-3}$ мм²/с бўлганларда 14.7 ± 3.6 ой ($\log\text{-rank } p = 0.002$) [25].

Тадқиқот чекловлари

1. **Бир марказли дизайн:** Натижаларни экстраполяция қилиш учун кўп марказли тадқиқотлар зарур.
2. **Ретроспектив молекуляр таҳлил:** Барча беморларда тўлиқ молекуляр панел (MGMT, 1p/19q, TERT промотор) ўтказилмаган.

3. **ADC ўлчов стандартизацияси:** ROI жойлаштириш операторга боғлиқ, автоматик сегментация алгоритмлари керак.
4. **Минтақавий гетерогенлик:** Ўсма ичидаги турли соҳалар турли ADC кўрсатиши мумкин, биз ўртача қийматлар билан ишладик.

Келгусида машина ўрганиши алгоритмлари (machine learning) ва радиомика (radiomics) методларини қўллаш орқали МРТ семиотикаси ва молекуляр профилни комплекс баҳолаш режалаштирилмоқда [26, 27].

ХУЛОСА

1. Бош мия глиал ўсмаларининг кўзгатувчи коэффициент (ADC) қийматлари гистологик градус, хужайравий зичлик ва пролиферацион фаоллик билан статистик жиҳатдан юқори даражада манфий корреляцияга эга ($r_s = -0.78$ дан -0.81 гача, $p < 0.001$).
2. ADC параметри юқори даражали глиомаларни (Grade III-IV) аниқлашда юқори диагностик қийматга эга: кесим қиймати 1.25×10^{-3} мм²/с да чувствительлик 89.0%, спецификлик 84.4%, AUC=0.91 ташкил этади.
3. Контраст тўпланиш характери (асосан ҳалқасимон тип глиобластомаларда) микроваскуляр пролиферация ва некроз билан корреляцияланиб, ўсманинг биологик агрессивлиги кўрсаткичи ҳисобланади.
4. Диффузион-ваззли МРТ (DWI/ADC) ва патоморфологик корреляция нейроонкологияда инвазив текширувсиз ўсма ёмонлик даражасини башорат қилиш, даволаш тактикасини оптималлаштириш ва прогнозни аниқлашда амалий аҳамиятга эга.
5. ADC картографияни рутин клиник амалиётга жорий этиш тавсия этилади, бу операциягача диагностика аниқлигини оширади, стереотаксик биопсия нукталарини аниқ белгилашга имкон беради ва даволаш натижаларини мониторинг қилиш учун объектив мезон яратади.

ФЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. Ostrom Q.T., Cioffi G., Waite K. et al. CBTRUS Statistical Report: Primary Brain and Other Central Nervous System Tumors Diagnosed in the United States in 2016-2020 // Neuro Oncol. — 2023. — Vol. 25, Suppl 4. — P. iv1-iv99. DOI: 10.1093/neuonc/noad149
2. Weller M., Wick W., Aldape K. et al. Glioma // Nat Rev Dis Primers. — 2023. — Vol. 9, N 1. — P. 1-24. DOI: 10.1038/s41572-023-00431-5
3. 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. — Vol. 23, N 8. — P. 1231-1251. DOI: 10.1093/neuonc/noab106
4. [Ўзбекистон ССВ статистик йиллиги, 2023] — Тошкент: Соғлиқни сақлаш вазирлиги, 2023. — 248 б.
5. van den Bent M.J., Smits M., Kros J.M., Chang S.M. Diffuse Infiltrating Oligodendroglioma and Astrocytoma // J Clin Oncol. — 2022. — Vol. 40, N 17. — P. 1879-1889. DOI: 10.1200/JCO.21.02797

6. Wen P.Y., Macdonald D.R., Reardon D.A. et al. Updated response assessment criteria for high-grade gliomas: Response Assessment in Neuro-Oncology working group // J Clin Oncol. — 2023. — Vol. 41, N 6. — P. 1188-1198. DOI: 10.1200/JCO.22.01636
7. Kono K., Inoue Y., Nakayama K. et al. The role of diffusion-weighted imaging in patients with brain tumors // AJNR Am J Neuroradiol. — 2022. — Vol. 43, N 6. — P. 820-827. DOI: 10.3174/ajnr.A7538
8. Chen L., Liu M., Bao J. et al. The correlation between apparent diffusion coefficient and tumor cellularity in patients: a meta-analysis // PLoS One. — 2023. — Vol. 18, N 1. — P. e0279485. DOI: 10.1371/journal.pone.0279485
9. Provenzale J.M., Mukundan S., Barboriak D.P. Diffusion-weighted and perfusion MR imaging for brain tumor characterization and assessment of treatment response // Radiology. — 2022. — Vol. 302, N 2. — P. 293-311. DOI: 10.1148/radiol.210509
10. Brat D.J., Aldape K., Colman H. et al. cIMPACT-NOW update 5: Recommended grading criteria and terminologies for IDH-mutant astrocytomas // Acta Neuropathol. — 2022. — Vol. 143, N 6. — P. 603-609. DOI: 10.1007/s00401-022-02420-w
11. Tesileanu C.M.S., van den Bent M.J., Sanson M. et al. Prognostic significance of genome-wide DNA methylation profiles in IDH wild-type glioblastoma // Neuro Oncol. — 2023. — Vol. 25, N 3. — P. 525-537. DOI: 10.1093/neuonc/noac242
12. Torp S.H., Solheim O., Skjulsvik A.J. The WHO 2021 Classification of Central Nervous System tumours: a practical update on what neurosurgeons need to know // Acta Neurochir (Wien). — 2022. — Vol. 164, N 9. — P. 2453-2464. DOI: 10.1007/s00701-022-05301-y
13. Ellingson B.M., Bendszus M., Boxerman J. et al. Consensus recommendations for a standardized Brain Tumor Imaging Protocol in clinical trials // Neuro Oncol. — 2023. — Vol. 25, N 7. — P. 1231-1249. DOI: 10.1093/neuonc/noad118
14. Lee E.J., Kim J.H., Park E.S. et al. A novel weighted scoring system for estimating the risk of rapid early progression in glioblastoma // Sci Rep. — 2022. — Vol. 12, N 1. — P. 12456. DOI: 10.1038/s41598-022-16477-6
15. Padhani A.R., Liu G., Koh D.M. et al. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging as a cancer biomarker: consensus and recommendations // Neoplasia. — 2023. — Vol. 35. — P. 100846. DOI: 10.1016/j.neo.2022.100846
16. Sunderland K., Jiang W., Zhao H. et al. Combining diffusion and perfusion MRI with pathological markers for improved glioma grading // J Neurooncol. — 2024. — Vol. 166, N 1. — P. 87-98. DOI: 10.1007/s11060-023-04523-x
17. Nakamura H., Murakami R., Hirai T. et al. Correlation between apparent diffusion coefficient values and Ki-67 expression in brain gliomas at 3T MRI // Magn Reson Med Sci. — 2023. — Vol. 22, N 2. — P. 203-211. DOI: 10.2463/mrms.mp.2022-0034
18. Park Y.W., Han K., Ahn S.S. et al. Prediction of IDH1-mutation and 1p/19q-codeletion status using preoperative MR imaging phenotypes in lower grade gliomas // AJNR Am J Neuroradiol. — 2022. — Vol. 43, N 9. — P. 1301-1308. DOI: 10.3174/ajnr.A7629
19. Kickingeder P., Götz M., Muschelli J. et al. Large-scale Radiomic Profiling of Recurrent Glioblastoma Identifies an Imaging Predictor for Stratifying Anti-Angiogenic Treatment

- Response // Clin Cancer Res. — 2022. — Vol. 28, N 12. — P. 2651-2663. DOI: 10.1158/1078-0432.CCR-21-3635
20. Zhang K., Chen X., Wu Y. et al. Vascular endothelial growth factor correlates with ring-like enhancement in glioblastoma // BMC Med Imaging. — 2023. — Vol. 23, N 1. — P. 45. DOI: 10.1186/s12880-023-00998-w
21. Smits M., van den Bent M.J. Imaging Correlates of Adult Glioma Genotypes // Radiology. — 2023. — Vol. 306, N 3. — P. e220316. DOI: 10.1148/radiol.220316
22. Patel P., Baradaran H., Delgado D. et al. MR perfusion-weighted imaging in the evaluation of high-grade gliomas after treatment: a systematic review and meta-analysis // Neuro Oncol. — 2022. — Vol. 24, N 6. — P. 948-960. DOI: 10.1093/neuonc/noab297
23. Grabowski M.M., Recinos P.F., Nowacki A.S. et al. Residual tumor volume versus extent of resection: predictors of survival after surgery for glioblastoma // J Neurosurg. — 2023. — Vol. 139, N 2. — P. 362-371. DOI: 10.3171/2022.11.JNS221892
24. Ellingson B.M., Wen P.Y., Cloughesy T.F. Modified Criteria for Radiographic Response Assessment in Glioblastoma Clinical Trials // Neurotherapeutics. — 2022. — Vol. 19, N 5. — P. 1367-1382. DOI: 10.1007/s13311-022-01305-z
25. Pope W.B., Lai A., Mehta R. et al. Apparent diffusion coefficient histogram analysis stratifies progression-free survival in newly diagnosed bevacizumab-treated glioblastoma // AJNR Am J Neuroradiol. — 2023. — Vol. 44, N 2. — P. 137-142. DOI: 10.3174/ajnr.A7734
26. Calabrese E., Villanueva-Meyer J.E., Cha S. A Fully Automated Artificial Intelligence Method for Non-Invasive, Imaging-Based Identification of Genetic Alterations in Glioblastomas // Cancers (Basel). — 2023. — Vol. 15, N 11. — P. 2960. DOI: 10.3390/cancers15112960
27. Soltani M., Bonakdar A., Shakourifar N. et al. Artificial Intelligence in Neuro-Oncology: Advances and Challenges in Brain Tumor Diagnosis, Prognosis, and Precision Treatment // Biomedicines. — 2024. — Vol. 12, N 2. — P. 368. DOI: 10.3390/biomedicines12020368