GLIOBLASTOMANING NUR TASHXISI VA ZAMONAVIY MRT YONDASHUVLARI

Ollomurodov Ismoil Hasan o'g'li
Termiz iqtisodiyot va servis universiteti
Tibbiyot fakulteti

ANNOTATSIYA
Glioblastoma — kattalarda uchraydigan eng xavfli miya o‘smalaridan biri. JSST tasnifida (WHO CNS5, 2021) u glioblastoma, IDH-wildtype, CNS WHO 4-daraja deb ataladi. Maqolada glioblastomani magnit-rezonans tomografiya (MRT) yordamida aniqlash usullari, o‘xshash kasalliklardan farqlash, davolashdan keyingi o‘zgarishlarni baholash va xulosa yozish qoidalari qisqacha bayon etilgan. MRT tashxisga yordam beradi, lekin yakuniy tashxis faqat to‘qima va molekulyar tekshiruv bilan qo‘yiladi.

Kalit so‘zlar: glioblastoma, bosh miya o‘smasi, MRT, FLAIR, DWI/ADC, perfuziya, MR-spektroskopiya, differensial tashxis, psevdoprogressiya, RANO.

1. KIRISH

Gliomalar — miyadagi glial hujayralardan rivojlanadigan o‘smalar. Glioblastoma (GBM) kattalardagi gliomalar ichida eng og‘ir kechadiganlaridan biri: u tez o‘sadi va atrofdagi miya to‘qimasiga singib ketadi. AQSh registrlari ma’lumotiga ko‘ra, 2016–2020-yillarda markaziy asab tizimining barcha xavfli birlamchi o‘smalarining 50,9 foizi glioblastoma bo‘lgan [1]. O‘sma mikroskopik darajada atrofga tarqaladi, muhim miya sohalarini zararlaydi va davolashdan keyin qaytalanishi mumkin [2,3].

Radiolog faqat o‘smani topib qo‘ymaydi. U o‘smaning joyini, chegarasini, nekrozli va faol qismlarini, shish va bosimini (massa-effekt) tasvirlaydi hamda biopsiya yoki operatsiya uchun eng muhim sohani ko‘rsatadi. Buning uchun asosiy usul — MRT [4,5].

Ushbu sharhli maqolada MRT ketma-ketliklari, ilg‘or usullar, differensial tashxis, davolashdan keyingi o‘zgarishlar va xulosa yozishning amaliy qoidalari ko‘rib chiqiladi.

2. ATAMALAR VA ZAMONAVIY TASNIF

WHO CNS5 (2021) tasnifida kattalardagi diffuz gliomalar uchta turga bo‘linadi: astrotsitoma, IDH-mutant (CNS WHO 2–4-daraja); oligodendroglioma, IDH-mutant va 1p/19q-codeleted (CNS WHO 2–3-daraja); glioblastoma, IDH-wildtype (CNS

WHO 4-daraja). Eski “glioblastoma, IDH-mutant” atamasi endi ishlatilmaydi. Bunday o‘smalar astrotsitoma, IDH-mutant, CNS WHO 4-daraja deb ataladi [2–4].

Glioblastoma, IDH-wildtype tashxisi uchun mikroskop ostida nekroz yoki mayda qon tomirlarining ko‘payishi (mikrovaskulyar proliferatsiya) yetarli. Agar bular ko‘rinmasa, EGFR amplifikatsiyasi, TERT promotor mutatsiyasi yoki +7/−10 xromosoma o‘zgarishlaridan bittasi topilsa ham, tashxis shu bo‘ladi. Shu sababli MRT xulosasida “glioblastoma” deb qat’iy yozmaslik, “glioblastomaga mos yuqori darajali glioma ehtimoli” deb yozish to‘g‘ri [2,4].

3. JOYLASHUVI VA TUZILISHI

Glioblastoma ko‘pincha bosh miya yarimsharlarining oq moddasida joylashadi. Frontal, temporal va parietal bo‘laklar ko‘p zararlanadi. Kattalarda miya stvoli va miyachada kam uchraydi. O‘sma korpus kallozum orqali narigi yarimsharga o‘tishi mumkin; bunda “kapalaksimon” shakl hosil bo‘ladi. Lekin bu belgi faqat glioblastomaga xos emas.

O‘sma ichi bir xil emas: unda faol to‘qima, nekroz, qon quyilishi va kistalar bo‘lishi mumkin. O‘sma atrofidagi FLAIR-yorqin zona shishdan va o‘sma hujayralaridan iborat bo‘ladi. Shuning uchun bu zonaning hammasini shish deb hisoblash xato.

4. KLINIK BELGILAR

Belgilar o‘smaning joyi, kattaligi va o‘sish tezligiga bog‘liq. Bemorda bosh og‘rig‘i, ko‘ngil aynishi, tutqanoq, xulq yoki xotira o‘zgarishi, nutq buzilishi, ko‘rish maydonining toraygani, qo‘l-oyoq kuchsizligi yoki muvozanat buzilishi bo‘lishi mumkin. Bu belgilar boshqa kasalliklarda ham uchraydi.

Tasvirni ko‘rishda radiolog bemorning shikoyat muddatini, nevrologik ko‘rikni, avvalgi MRT/KT tasvirlarini, oldingi o‘sma yoki nurlanish tarixini, immun holatini va kontrastga qarshi ko‘rsatmalarni bilishi kerak. Eski tasvirlar bilan solishtirish o‘sish tezligini baholashda ayniqsa muhim.

5. MRT: ASOSIY TEKSHIRUV

Miya o‘smasiga shubha bo‘lsa, kontrastli MRT eng asosiy tekshiruv hisoblanadi. Standart protokolga T2, FLAIR, DWI, kontrastdan oldingi T1 va gadoliniyli kontrastdan keyingi T1 (imkon bo‘lsa, 3D) kiradi [4,5]. Kerak bo‘lsa, SWI, perfuziya, MR-spektroskopiya va DTI qo‘shiladi. Protokol 2-jadvalda keltirilgan.

5.1. T1 tasvirlar

Kontrastdan oldingi T1 da o‘smaning qattiq qismi odatda to‘qima bilan bir xil yoki qoraroq ko‘rinadi. Nekroz qora bo‘ladi. Eski qon va oqsilga boy material esa T1 da

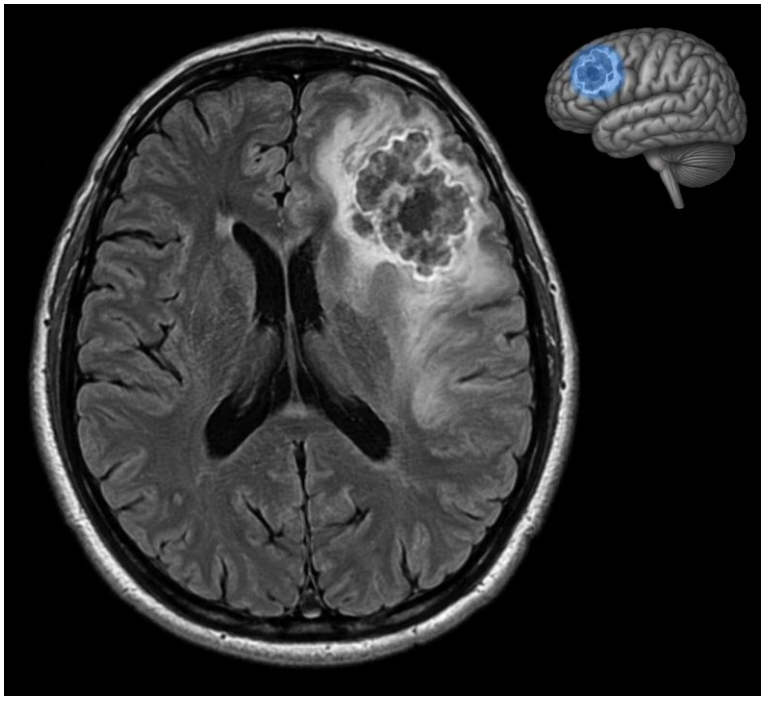
yorqin ko‘rinishi mumkin. Shuning uchun qon quyilishini kontrastlanishdan ajratish uchun kontrastdan oldingi va keyingi tasvirlar birga ko‘riladi.

5.2. T2 tasvirlar

T2 da suv va suyuqlik yorqin ko‘rinadi. Glioblastoma atrofidagi shish, o‘sma hujayralari va nekroz ko‘pincha notekis yorqin signal beradi. O‘smaning aniq chegarasi T2 da har doim ham ko‘rinmaydi.

5.3. FLAIR

FLAIR suyuqlik (likvor) signalini o‘chiradi, shu sababli miya to‘qimasidagi o‘zgarishlar aniqroq ko‘rinadi. Glioblastoma atrofida FLAIR-yorqin zona bo‘ladi (1-rasm). U shishdan, o‘sma hujayralaridan yoki ikkalasidan iborat bo‘lishi mumkin. FLAIR o‘sma tarqalishini va operatsiyadan keyingi holatni baholashda muhim.



1-rasm. Frontal sohadagi glioblastomaga mos ko‘rinishning aksial FLAIR tasviri: notekis markaziy qism va uni o‘rab turgan keng FLAIR-yorqin zona. Yuqori o‘ng burchakdagi sxema o‘smaning joyini ko‘rsatadi. Sun’iy yaratilgan o‘quv-illyustratsiya.

5.4. DWI va ADC

DWI suv molekulalarining harakatini ko‘rsatadi. O‘smaning hujayralari zich joylashgan qismlarida harakat cheklanadi: DWI da yorqin, ADC xaritasida qora bo‘ladi. Glioblastomada bu belgi ko‘pincha qattiq, hujayraga boy qismlarda uchraydi, lekin hamma o‘smada bir xil emas. DWI yorqinligi faqat ADC bilan tasdiqlanganda ishonchli, chunki T2 “shine-through” hodisasi xatoga olib kelishi mumkin [5,6].

5.5. Kontrastdan keyingi T1

Gadoliniydan keyin glioblastoma ko‘pincha notekis, qalin, tugunsimon yoki halqasimon kontrastlanadi. Markaziy nekroz kontrastlanmaydi, chetidagi faol o‘sma to‘qimasi kontrastlanadi. Kontrastlanish qon-miya to‘sig‘i buzilgan joyni ko‘rsatadi, lekin o‘smaning haqiqiy chegarasini ko‘rsatmaydi: kontrastlanmaydigan o‘sma qismlari ham bo‘lishi mumkin.

5.6. SWI

SWI qon mahsulotlari, mayda qon quyilishlar va ohaklanishga sezgir. Glioblastomada o‘sma ichidagi qon quyilishini topishga yordam beradi. Natija boshqa ketma-ketliklar bilan birga baholanadi.

6. MRTNING ILG‘OR USULLARI

6.1. Perfuziya MRT

Perfuziya MRT o‘smaning qon bilan ta’minlanishini ko‘rsatadi. Yuqori darajali glioma faol qismlarida nisbiy qon hajmi (rCBV) ko‘pincha oshadi. Bu biopsiya uchun eng faol joyni tanlashga, o‘sma darajasini taxmin qilishga va davolashdan keyingi o‘zgarishlarni baholashga yordam beradi. Lekin rCBV qiymati apparat va tahlil usuliga bog‘liq. Shu sababli u odatda normal oq modda bilan solishtiriladi, universal chegara qiymati yo‘q [6].

6.2. MR-spektroskopiya

MR-spektroskopiya to‘qimadagi ba’zi moddalar nisbatini o‘lchaydi. Glioblastomada xolin (Cho) ko‘payadi — bu hujayralar faol bo‘linayotganini bildiradi. N-atsetil-aspartat (NAA) kamayadi — bu normal neyronlar kamayganini ko‘rsatadi. Lipid va laktat cho‘qqilari nekroz bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Natijaga artefaktlar va o‘lchash joyi ta’sir qiladi, shuning uchun u MRT tasviri bilan birga baholanadi [6].

6.3. DTI, traktografiya va fMRI

DTI oq moddadagi nerv tolalarining yo‘nalishini ko‘rsatadi. Traktografiya operatsiyadan oldin harakat va nutq yo‘llarining joyini taxminan belgilashga yordam beradi. Shu maqsadda funksional MRT (fMRI) ham qo‘llanadi. O‘sma va shish tolalarning ko‘rinishini o‘zgartirishi mumkin, shuning uchun bu usullar jarrohlik rejasiga qo‘shimcha yordam bo‘lib, mutlaq xarita emas [6].

7. KT VA PETNING O‘RNI

MRT bo‘lmasa yoki bemor og‘ir ahvolda bo‘lsa, birinchi tekshiruv sifatida KT qilinadi. U qon quyilishini, ohaklanishni, suyak o‘zgarishini va massa-effektni tez ko‘rsatadi. Lekin yumshoq to‘qimani va o‘sma tarqalishini MRT yaxshiroq ko‘rsatadi.

PET/KT yoki aminokislota PET o‘smaning faol qismlarini aniqlash, biopsiya joyini tanlash va davolashdan keyingi o‘zgarishlarni farqlash uchun ba’zi markazlarda qo‘llanadi. FDG-PET esa normal miya ham ko‘p glyukoza sarflagani uchun cheklangan. PET MRT o‘rnini bosmaydi, qo‘shimcha usul sifatida ishlatiladi [6].

8. TIPIK MRT BELGILARI

Glioblastomaning asosiy MRT belgilari 1-jadvalda berilgan. Ularning birortasi yakka o‘zi aniq tashxis bermaydi: ehtimol belgilar yig‘indisi va klinik ma’lumotlarga qarab aniqlanadi.

1-jadval. Glioblastomaning tipik MRT belgilari va ahamiyati

Belgi	MRTdagi ko‘rinish	Ahamiyati
Joylashuv	Ko‘pincha yarimshar oq moddasida	O‘sma markazi va tarqalishini belgilaydi
Chegaralar	Noaniq; FLAIR o‘zgarishi kontrastlanish chegarasidan tashqariga chiqadi	O‘sma singib o‘sganini ko‘rsatadi; operatsiya va nurlanish rejasi uchun muhim
Kontrastlanish	Notekis, qalin halqasimon yoki tugunsimon	Faol o‘sma qismlarini ko‘rsatadi
Nekroz	Markazda kontrastlanmaydigan qism; T2 da yorqin bo‘lishi mumkin	Yuqori darajali o‘sma foydasiga, lekin aniq belgi emas
FLAIR zonasi	O‘sma atrofida yorqin signal	Shish va o‘sma hujayralarini birga ko‘rsatishi mumkin
DWI/ADC	Ba’zi qismlarda DWI yorqin, ADC qora	Hujayraga boy qismni ko‘rsatishi mumkin
Perfuziya	Faol qismda rCBV baland bo‘lishi mumkin	Qon tomirlar ko‘pligini va biopsiya joyini ko‘rsatadi
SWI	Mayda qon quyilishlar yoki qon mahsulotlari	Qon quyilishini aniqlaydi
Massa-effekt	Shish, o‘rta chiziq siljishi, qorinchalarning bosilishi	Shoshilinch holatni aniqlashga yordam beradi

9. O‘XSHASH KASALLIKLARDAN FARQLASH

Glioblastoma MRTda boshqa kasalliklarga o‘xshashi mumkin. Farqlashda yosh, immun holat, kasallik kechishi, o‘choqlar soni, joylashuvi, diffuziya, perfuziya va kontrastlanish shakli hisobga olinadi [4,6].

Metastaz. Ko‘pincha bir nechta o‘choq bo‘ladi, kulrang va oq modda chegarasida joylashadi, atrofida shish bo‘ladi. O‘sma atrofidagi FLAIR zonada rCBV oshsa, bu ko‘proq glioblastomani bildiradi; metastazda u odatda oshmaydi. Lekin yakka metastaz glioblastomaga juda o‘xshashi mumkin. Birlamchi o‘smani qidirish klinik holatga qarab qilinadi.

Birlamchi markaziy asab tizimi limfomasi. Ko‘pincha chuqur oq moddada, qorinchalar atrofida yoki korpus kallozum yonida joylashadi. Immuniteti saqlangan bemorlarda bir tekis kuchli kontrastlanadi, diffuziya cheklanadi va perfuziya glioblastomadan pastroq bo‘ladi. Lekin atipik ko‘rinishlar ham uchraydi.

Miya abssessi. Halqasimon kontrastlanishi tufayli nekrozli o‘smaga o‘xshaydi. Markazida yiring bo‘lib, DWI da yorqin, ADC da qora bo‘ladi. Devori odatda yupqa va silliq, rCBV esa glioblastomadan past. Infeksiya belgilari va laboratoriya natijalari bilan birga baholanadi.

Tumefaktiv demiyelinizatsiya. Katta demiyelinizatsiya o‘chog‘i massa-effekt va kontrastlanish berishi mumkin. Ochiq halqasimon kontrastlanish va boshqa joylarda ham demiyelinizatsiya o‘choqlari bo‘lishi bu tashxisni qo‘llab-quvvatlaydi.

10. DAVOLASHDAN KEYINGI O‘ZGARISHLAR VA JAVOBNI BAHOLASH

Yangi aniqlangan glioblastomada davo odatda xavfsiz doirada maksimal operatsiya, keyin nurlanish va temozolomid bilan kimyoterapiyadan iborat [4]. Davodan keyingi MRTda kontrastlanish kuchaysa, bu har doim ham o‘sma o‘sganini bildirmaydi. Shuning uchun tasvir davolash vaqtini hisobga olib baholanadi.

Psevdoprogressiya va radionekroz. Psevdoprogressiyada nurlanishdan (ayniqsa kimyonurlanishdan) keyingi dastlabki haftalar va oylarda kontrastlanish va FLAIR o‘zgarishi vaqtincha kuchayadi, keyin esa barqarorlashadi yoki kamayadi. Radionekroz odatda kechroq rivojlanadi. Perfuziya MRT (rCBV pastligi), MR-spektroskopiya va aminokislota PET o‘sma qaytalanishini davo ta’siridan farqlashga yordam beradi. Lekin ularning aniqligi cheklangan, shuning uchun qaror mutaxassislar bilan birga va keyingi kuzatuv asosida qabul qilinadi [6,7].

Psevdojavob. Antiangiogen dorilar (masalan, bevatsizumab) kontrastlanishni keskin kamaytirishi mumkin. Bu o‘sma haqiqatan kichraygan degani emas: kontrastlanmaydigan (T2/FLAIR) qismda kasallik davom etishi mumkin [7].

RANO 2.0 mezonlari. Yangi aniqlangan kasallikda keyingi taqqoslash uchun operatsiyadan keyingi emas, nurlanishdan keyingi MRT asos qilib olinadi. Nurlanishdan keyingi dastlabki 12 haftada o‘sish aniqlansa, u takroriy MRT yoki gistologiya bilan tasdiqlanishi kerak, chunki bu davrda psevdoprogressiya ko‘p uchraydi. IDH-wildtype glioblastomada kontrastlanmaydigan qism baholanmaydi (antiangiogen davo bundan mustasno) [7].

11. TIPIK XATOLAR

Amaliyotda tashxis xatosiga ko‘pincha quyidagilar sabab bo‘ladi:

1) **Faqat kontrastlanish shakliga qarab tashxis qo‘yish:** halqasimon kontrastlanish metastaz va abssessda ham uchraydi.
2) **FLAIR-yorqin zonaning hammasini shish deb hisoblash:** bu yerda o‘sma hujayralari ham bo‘lishi mumkin.
3) **DWI ni ADC bilan tekshirmaslik:** T2 shine-through xatoga olib keladi.
4) **Kontrastlanmaydigan qismni e’tiborsiz qoldirish:** ba’zi gliomalar kuchsiz kontrastlanadi.
5) **MRT asosida molekulyar turni aytish:** buning uchun to‘qima va molekulyar tekshiruv kerak.
6) **Davodan keyingi kontrastlanishni darhol qaytalanish deb hisoblash:** psevdoprogressiya ham bo‘lishi mumkin (10-bo‘limga qarang).
7) **Eski tasvirlar bilan solishtirmaslik:** ayniqsa nurlanishdan keyingi asosiy MRT bilan solishtirish zarur.

12. MRT XULOSASINI YOZISH QOIDALARI

Xulosa o‘smani aniq va takrorlanadigan tarzda tasvirlashi kerak. Unda quyidagilar bo‘ladi:

8) o‘smaning joyi va uch o‘lchamdagi kattaligi (avvalgi tekshiruv bo‘lsa, o‘zgarishi);
9) signal xususiyati, kontrastlanish shakli, nekroz va qon quyilishi;
10) FLAIR o‘zgarishi, diffuziya va (qilingan bo‘lsa) perfuziya natijasi;
11) massa-effekt, o‘rta chiziq siljishi va qorinchalarga ta’siri;
12) tasviriy ehtimol, o‘xshash kasalliklar va keyingi tekshiruvlar bo‘yicha tavsiya.

Namunaviy xulosa: “O‘ng frontal bo‘lak oq moddasida notekis konturli, signali bir xil bo‘lmagan, taxminan 4,2 × 3,6 × 3,8 sm hajmli hosila aniqlanadi. Kontrastdan keyin chetida qalin, notekis halqasimon kontrastlanish va markazda nekroz ko‘rinadi. Atrofida keng FLAIR-yorqin zona va yengil massa-effekt bor; o‘rta chiziq siljimagan. Ba’zi qattiq qismlarda diffuziya cheklangan bo‘lishi mumkin. Ko‘rinish yuqori darajali glioma, shu jumladan glioblastoma ehtimolini bildiradi. Farqlash qatorida yuqori darajali IDH-mutant astrotsitoma, yakka metastaz va abssess bor. Yakuniy tashxis gistologik va molekulyar tekshiruv bilan aniqlanadi; neyroxirurg ko‘rigi tavsiya etiladi.”

13. AMALIY ALGORITM

Quyidagi tartib xalqaro tavsiyalar va klinik qo‘llanmalarga asoslangan [4,8].

1-qadam. Klinik va nevrologik ma’lumotlarni yig‘ish; avvalgi tasvirlar bilan solishtirish.

2-qadam. Bosh miya MRTni standart ketma-ketliklarda bajarish: T1, T2, FLAIR, DWI/ADC va kontrastdan keyingi T1.

3-qadam. O‘smaning joyi, kattaligi, nekroz, kontrastlanish, tarqalish, shish va massa-effektini tasvirlash.

4-qadam. Kerak bo‘lsa, perfuziya, MR-spektroskopiya, SWI, DTI yoki PETni qo‘shish.

5-qadam. Klinik ma’lumotlar bilan o‘xshash kasalliklarni toraytirish va biopsiya/operatsiya uchun faol qismni belgilash.

6-qadam. Gistologik va molekulyar tekshiruv asosida yakuniy tashxisni qo‘yish.

7-qadam. Davodan keyin nurlanishdan keyingi asosiy MRTni belgilab, o‘zgarishlarni RANO 2.0 mezonlari va 12 haftalik qoida bo‘yicha baholash.

14. MRT PROTOKOLI

2-jadval. Glioblastomada qo‘llanadigan MRT ketma-ketliklari

Ketma-ketlik	Vazifasi	Qo‘llanishi
T2	Shish, suyuqlik va o‘sma atrofidagi o‘zgarishlar	Standart
FLAIR	Suyuqlik signalini o‘chirib, shish va o‘sma hujayralarini ko‘rsatish	Standart
DWI + ADC	Diffuziya cheklanishi va hujayra zichligi	Standart
T1 pre-kontrast	Kontrastdan oldingi asosiy tasvir	Standart
T1 post-kontrast 3D	Kontrastlanish, faol o‘sma, operatsiya va nurlanish rejasi	Standart
SWI	Qon mahsulotlari va mayda qon quyilishlar	Kerak bo‘lsa
DSC/DCE perfuziya	Qon hajmi va qon tomirlar ko‘pligi	Kerak bo‘lsa
MR-spektroskopiya	Moddalar nisbatini o‘lchash	Kerak bo‘lsa
DTI / fMRI	Muhim oq modda yo‘llari va funksional sohalar (operatsiya rejasi)	Kerak bo‘lsa

15. XULOSA

Glioblastoma — yuqori darajali, atrofga singib o‘suvchi o‘sma. Uning nur tashxisida kontrastli MRT asosiy o‘rinda turadi. T1, T2, FLAIR, DWI/ADC va kontrastdan keyingi tasvirlar o‘smaning tuzilishi, nekrozi, shishi va massa-effektini baholashga imkon beradi. Perfuziya, MR-spektroskopiya, SWI va DTI kerakli holatlarda qo‘shimcha ma’lumot beradi.

MRT glioblastoma ehtimolini aniqlashga, o‘xshash kasalliklarni toraytirishga, biopsiya joyini tanlashga va davodan keyingi kuzatuvga yordam beradi. Davodan keyingi tasvirlarni ko‘rganda psevdoprogressiya va psevdojavobni hisobga olish hamda RANO 2.0 mezonlariga amal qilish kerak. Lekin MRT gistologik va molekulyar tekshiruv o‘rnini bosa olmaydi. Radiomika va mashinali o‘rganish istiqbolli yo‘nalish, ammo hozircha tasdiqlovchi tekshiruvlarni almashtirmaydi [6]. Eng ishonchli tashxis klinik, radiologik, gistologik va molekulyar ma’lumotlarni birlashtirib qo‘yiladi.

ADABIYOTLAR

1. Ostrom QT, Price M, Neff C, Cioffi G, Waite KA, Kruchko C, Barnholtz-Sloan JS. CBTRUS Statistical Report: Primary Brain and Other Central Nervous System Tumors Diagnosed in the United States in 2016–2020. Neuro-Oncology. 2023;25(Suppl 4):iv1–iv99. doi:10.1093/neuonc/noad149.
2. Louis DN, Perry A, Wesseling P, et al. The 2021 WHO Classification of Tumors of the Central Nervous System: a summary. Neuro-Oncology. 2021;23(8):1231–1251. doi:10.1093/neuonc/noab106.
3. WHO Classification of Tumours Editorial Board. Central Nervous System Tumours. 5th ed. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2021. (WHO Classification of Tumours series, vol. 6).
4. Weller M, van den Bent M, Preusser M, et al. EANO guidelines on the diagnosis and treatment of diffuse gliomas of adulthood. Nature Reviews Clinical Oncology. 2021;18:170–186. doi:10.1038/s41571-020-00447-z.
5. Ellingson BM, Bendszus M, Boxerman J, et al. Consensus recommendations for a standardized Brain Tumor Imaging Protocol in clinical trials. Neuro-Oncology. 2015;17(9):1188–1198. doi:10.1093/neuonc/nov095.
6. Overcast WB, Davis KM, Ho CY, Hutchins GD, Green MA, Graner BD, Veronesi MC. Advanced imaging techniques for neuro-oncologic tumor diagnosis, with an emphasis on PET-MRI imaging of malignant brain tumors. Current Oncology Reports. 2021;23(3):34. doi:10.1007/s11912-021-01020-2.
7. Wen PY, van den Bent M, Youssef G, et al. RANO 2.0: Update to the Response Assessment in Neuro-Oncology Criteria for High- and Low-Grade Gliomas in Adults. Journal of Clinical Oncology. 2023;41(33):5187–5199. doi:10.1200/JCO.23.01059.
8. Lerner A, Palmer K, Campion T, et al. Gliomas in adults: guidance on investigations, diagnosis, treatment and surveillance. Clinical Medicine. 2024;24(5):100240. doi:10.1016/j.clinme.2024.100240.