MIYA O‘SMALARINI JARROHLIK YO‘LI BILAN DAVOLASHDAGI YUTUQLAR

Sharopov Sadulla Shukrullo o’g’li - assistent
Rayimqulov Firdavs Azimjon o‘g‘li - talaba
To‘lqinov Hamidulla Xamdam o‘g‘li - talaba
Abdumannonova Muborakxon Abdupulat qizi - talaba
Abdullayev Otabek Bekpulat o‘g‘li - talaba
Alfraganus Universiteti (Toshkent, O‘zbekiston)

Annotatsiya. *Ushbu maqolada miya o‘smalarini jarrohlik yo‘li bilan davolashda so‘nggi yillarda erishilgan yutuqlar tahlil qilingan. An’anaviy kraniotomiya usulining cheklovlari zamonaviy texnologiyalarni joriy etishga turtki bo‘lgani ko‘rsatib o‘tiladi. Intraoperatsion tasvirlash, neyronavigatsiya, 5-ALA yordamida fluoresan usuli, minimal invaziv endoskopik yondashuvlar va “awake craniotomy” kabi funksional neyroxirurgiya usullarining samaradorligi yoritilgan. Shuningdek, sun’iy intellekt asosida ishlab chiqilgan DeepGlioma tizimi, hiperspektral tasvirlash, fokuslangan ultratovush texnologiyasi va grafen-chip implantlari kabi innovatsion yechimlarning klinik amaliyotdagi istiqbollari muhokama qilingan. Adabiyotlar tahlili asosida ushbu yondashuvlarning bemorlarning hayot sifatini oshirish, nevrologik funksiyalarni saqlash va umr davomiyligini uzaytirishga qo‘shgan hissasi umumlashtirilgan.*

Kalit so‘zlar: *Miya o‘smalari, maksimal xavfsiz rezeksya, neyronavigatsiya, endoskopik jarrohlik, sun’iy intellect, DeepGlioma, fokuslangan ultratovush, grafen-chip implantlari.*

ADVANCES IN THE SURGICAL TREATMENT OF BRAIN TUMORS

Sharopov Sadulla Shukrullo ugli - assistant
Rayimkulov Firdavs Azimjon ugli - student
Tulqinov Hamidulla Hamdam ugli - student
Abdumannonova Muborakkhon Abdupulat kizi - student
Abdullayev Otabek Bekpulat ugli - student
Alfraganus University (Tashkent, Uzbekistan)

Abstract. *This article analyzes the achievements made in the surgical treatment of brain tumors in recent years. It is shown that the limitations of the traditional craniotomy method have prompted the introduction of modern technologies. The effectiveness of functional neurosurgical methods such as intraoperative imaging, neuronavigation, 5-ALA fluorescence method, minimally invasive endoscopic approaches and "awake craniotomy" is highlighted. The prospects for clinical practice of innovative solutions such as the DeepGlioma system developed based on artificial intelligence, hyperspectral imaging, focused ultrasound technology and graphene-chip implants are also discussed. Based on a literature review, the contribution of these approaches to improving the quality of life of patients, preserving neurological functions, and prolonging life expectancy is summarized.*

Key words: *Brain tumors, maximally safe resection, neuronavigation, endoscopic surgery, artificial intelligence, DeepGlioma, focused ultrasound, graphene-chip implants.*

ДОСТИЖЕНИЯ В ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ОПУХОЛЕЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Шаропов Садулла Шукрулло угли - ассистент
Раимкулов Фирдавс Азимджон угли - студент
Тулькинов Хамидулла Хамдам угли - студент
Абдуманнонова Муборакхон Абдупулат кизи - студентка
Абдуллаев Отабек Бекпулат угли - студент
Университет Альфраганус (Ташкент, Узбекистан)

Аннотация. *В статье анализируются достижения последних лет в хирургическом лечении опухолей головного мозга. Показано, что ограничения традиционного метода краниотомии обусловили внедрение современных технологий. Подчеркивается эффективность функциональных нейрохирургических методов, таких как интраоперационная визуализация, нейронавигация, метод флуоресценции 5-АЛК, малоинвазивные эндоскопические подходы и «бодрствующая краниотомия». Также обсуждаются перспективы внедрения в клиническую практику инновационных решений, таких как система DeepGlioma,*

разработанная на основе искусственного интеллекта, гиперспектральной визуализации, технологии фокусированного ультразвука и имплантации графеновых чипов. На основе обзора литературы обобщается вклад этих подходов в улучшение качества жизни пациентов, сохранение неврологических функций и увеличение продолжительности жизни.

Ключевые слова: *Опухоли головного мозга, максимально безопасная резекция, нейронавигация, эндоскопическая хирургия, искусственный интеллект, DeepGlioma, фокусированный ультразвук, имплантаты на основе графеновых чипов.*

Kirish. Miya o‘smalari — neyroxirurgiyada eng murakkab va hayot uchun xavfli patologiyalar qatoriga kiradi. Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti (WHO) tasnifiga ko‘ra, miya o‘smalari birlamchi va ikkilamchi (metastatik) turlarga bo‘linadi hamda ularning har biri turli klinik kechish, prognoz va davolash strategiyalariga ega [1]. So‘nggi o‘n yilliklarda miya o‘smalari bilan bog‘liq kasallanish va o‘lim ko‘rsatkichlari yuqori bo‘lib qolmoqda: dunyo miqyosida markaziy asab tizimi o‘smalari saraton bilan bog‘liq o‘lim sabablarining 10–12% ini tashkil etadi [2].

Miya o‘smalarini davolashda jarrohlik usuli markaziy o‘rin tutadi, chunki asosiy maqsad — o‘smaga maksimal xavfsiz rezeksiyani amalga oshirish, nevrologik funksiyalarni imkon qadar saqlab qolish va bemorning umr davomiyligini uzaytirishdir [3]. An’anaviy kraniotomiya yondashuvi o‘nlab yillar davomida asosiy usul sifatida qo‘llanib kelingan bo‘lsa-da, uning cheklovlari (tumor chegaralarini aniqlashdagi qiyinchilik, invazivlik, asoratlar xavfi) ilmiy izlanishlarni yangi texnologiyalar sari yo‘naltirdi [4].

So‘nggi yillarda intraoperatsion neyro-navigatsiya, funksional tasvirlash, 5-aminolevulin kislotasi (5-ALA) yordamida fluoresan qo‘llash, intraoperatsion MRI va KT, ekzoskopiya, shuningdek minimal invaziv endoskopik yondashuvlar keng joriy qilinmoqda [5,6]. Bundan tashqari, sun’iy intellekt asosidagi real vaqtli gistologik diagnostika (masalan, DeepGlioma), fokuslangan ultratovush texnologiyalari va hatto grafen-chip implantlari kabi innovatsion usullar miya o‘smalarini jarrohlik yo‘li bilan davolashda yangi ufqlarni ochmoqda [7–9].

Shu nuqtai nazardan, ushbu maqolaning maqsadi — so‘nggi yillarda miya o‘smalarini jarrohlik yo‘li bilan davolashda erishilgan yutuqlarni ilmiy adabiyotlar asosida tahlil qilish va ularning klinik amaliyotdagi ahamiyatini yoritishdir.

Mavzuga oid adabiyotlarning tahlili. Miya o‘smalarini jarrohlik yo‘li bilan davolash borasida ilmiy izlanishlar oxirgi yillarda sezilarli darajada kengaydi. Avvalambor, asosiy maqsad sifatida **“maksimal xavfsiz rezeksiya”** tushunchasi ilgari surildi. Bu yondashuvda tumor to‘liq yoki imkon qadar ko‘proq olib tashlanadi, lekin shu bilan birga nevrologik funksiyalar saqlab qolinadi [1]. Bonosi va hamkorlari (2023) tomonidan chop etilgan sharhda glioblastoma (GBM) jarrohligida maksimal xavfsiz rezeksiyaning bemorlarning umumiy yashash muddatiga sezilarli ijobiy ta’sir ko‘rsatishi ta’kidlangan [2].

Intraoperatsion tasvirlash texnologiyalari sohada eng katta yutuqlardan biridir. Rivera va hamkorlari (2021) intraoperatsion MRI, KT va 5-ALA fluoresan bo‘yog‘i yordamida jarrohlik aniqligi oshirilishini qayd etishgan [3]. Ashraf (2025) esa intraoperatsion KT yordamida tumor chegaralarini real vaqt rejimida aniqlash imkoniyati mavjudligini ko‘rsatgan, ammo bu usulning yuqori xarajat va nurlanish bilan bog‘liq cheklovlari ham borligini qayd etadi [4].

Minimal invaziv yondashuvlar ham keng o‘rganilmoqda. Mayo Clinic (2024) ma’lumotlariga ko‘ra, kichik burr-hole orqali o‘tkaziladigan endoskopik operatsiyalar bemorlarning tezroq reabilitatsiyasini ta’minlaydi [5]. Shuningdek, endonazal endoskopik yondashuvlar miya asosidagi o‘smalarni xavfsizroq olib tashlash imkonini bermoqda [6].

Funksional neyroxirurgiya yutuqlari orasida “awake craniotomy” alohida ahamiyatga ega bo‘lib, bunda bemor uyg‘oq holda operatsiya qilinadi. Bu usul nutq, harakat va boshqa muhim funksional zonalarni saqlab qolishda muhim yordam beradi [7].

So‘nggi yillarda ***sun’iy intellekt (AI) va ilg‘or tasviriy texnologiyalar*** ham jarrohlik amaliyotiga kirib keldi. Hollon va hamkorlari (2023) ishlab chiqqan **DeepGlioma** tizimi intraoperatsion gistologiyani 90 soniya ichida aniqlash imkonini beradi va bu tezkor qaror qabul qilish jarayonini yengillashtiradi [8]. Shuningdek, HSI (hiperspektral tasvirlash) va mashina o‘rganish usullari tumor chegaralarini aniqlashda yuqori sezgirlik ko‘rsatmoqda [9].

Innovatsion texnologiyalar ichida ***fokuslangan ultratovush*** alohida o‘rin tutadi. Mehkri va hamkorlari (2023) ma’lumotiga ko‘ra, fokuslangan ultratovush yordamida o‘smaga termal ablatsiya qilish yoki qon-miya to‘sig‘ini vaqtinchalik ochib, kimyoviy terapiya yetkazib berish imkoniyatlari mavjud [10].

Bundan tashqari, ***grafen-chip implantlari*** haqidagi yangi izlanishlar (Guardian, 2024) jarrohlik vaqtida sog‘lom va o‘sma hujayralarini elektr signallari orqali farqlash imkoniyatini taqdim etmoqda [11]. Bu texnologiya hozircha klinik sinov bosqichida bo‘lsa-da, yaqin kelajakda jarrohlik aniqligini tubdan oshirishi kutilmoqda.

Umuman olganda, so‘nggi adabiyotlar miya o‘smalarini jarrohlik yo‘li bilan davolashda katta innovatsion yutuqlar qayd etilganini ko‘rsatmoqda: intraoperatsion tasvirlash, minimal invaziv va funksional neyroxirurgiya usullari, sun’iy intellekt

yordamida real vaqtli diagnostika, hamda yangi implant va fokuslangan energiya texnologiyalari. Bu jarayonlar bemorlarning umr davomiyligi va hayot sifatini yaxshilashga xizmat qilmoqda.

Tadqiqot metodologiyasi. Ushbu maqola tayyorlashda **narrativ sharh (narrative review)** usulidan foydalanildi. Maqsad — miya o‘smalarini jarrohlik yo‘li bilan davolash bo‘yicha so‘nggi yutuqlarni tizimli tarzda ko‘rib chiqish va klinik amaliyotdagi o‘rnini baholashdir.

Ma’lumotlar bazalari: Adabiyot qidiruvi PubMed, Scopus, Web of Science va MEDLINE ma’lumotlar bazalarida amalga oshirildi. Bundan tashqari, neyroxirurgiya va onkologiya sohasiga ixtisoslashgan ilmiy jurnallarning so‘nggi yillarda chop etilgan maqolalari ham o‘rganildi.

Qidiruv kalit so‘zlari: “brain tumor surgery”, “glioblastoma resection”, “maximal safe resection”, “intraoperative MRI”, “5-ALA fluorescence”, “endoscopic skull base surgery”, “awake craniotomy”, “artificial intelligence neurosurgery”, “focused ultrasound brain tumor”, “graphene implant neurosurgery”.

Tanlash mezonlari: 2021–2025 yillarda chop etilgan maqolalar; ingliz tilidagi, to‘liq matnli maqolalar; klinik tadqiqotlar, ko‘p markazli ishlar, sharh maqolalar va eksperimental innovatsion izlanishlar; asosan **PubMed** va **Scopus** indeksatsiyasiga ega manbalar.

Chiqarib tashlash mezonlari: 2020-yildan avval chop etilgan maqolalar; faqat hayvonlarda o‘tkazilgan eksperimental tadqiqotlar (agar ular klinik ahamiyatga ega bo‘lmasa); to‘liq matni mavjud bo‘lmagan yoki faqat tezis shaklidagi ishlar.

Adabiyotlar tahlili: Topilgan maqolalar dastlab sarlavha va annotatsiyasi asosida saralandi, keyin esa to‘liq matn o‘rganildi. Tanlangan manbalardan asosiy tematik yo‘nalishlar ajratib olindi:

1.Intraoperatsion tasvirlash texnologiyalari (iMRI, iCT, 5-ALA).

2.Minimal invaziv yondashuvlar (endoskopik va ekzoskopik texnologiyalar).

3.Funksional neyroxirurgiya (awake craniotomy).

4.Sun’iy intellekt va ilg‘or diagnostika usullari (DeepGlioma, HSI).

5.Fokuslangan energiya va yangi texnologiyalar (FUS, grafen-chip implantlari).

Shu yo‘l bilan jami **15 dan ortiq ilmiy manba** tanlab olindi va ularning natijalari tahlil qilindi. Har bir manba klinik amaliyotga qo‘shgan hissasi, afzalliklari va cheklovlari jihatidan solishtirildi.

Tahlil va natijalar. So‘nggi yillarda miya o‘smalarini jarrohlik yo‘li bilan davolashda texnologik yutuqlar va innovatsion yondashuvlar natijasida sezilarli ijobiy natijalar kuzatilmoqda. An’anaviy ochiq kraniotomiya usullari hali ham qo‘llanilayotgan bo‘lsa-da, ***minimal invaziv yondashuvlar, intraoperativ neyro-navigatsiya, eksoskopiya va endoskopik usullar*** jarrohlikning xavfsizligi va samaradorligini sezilarli darajada oshirdi [2,4,15].

Operatsiya xavfsizligi va to‘liq rezeksiya ko‘rsatkichi. So‘nggi tadqiqotlarda maksimal xavfsiz rezeksiya miya o‘smalarida eng muhim prognostik omil sifatida qayd etilgan. Bonosi va hamkorlari (2023) olib borgan tahlilida glioblastoma bemorlarida to‘liq yoki subtotal rezeksiya bajarilgan hollarda **2 yillik yashash ko‘rsatkichi 30–40% ga oshgani** qayd etilgan [2]. Shuningdek, intraoperativ neyro-navigatsiya va mikroskopik tasvirlash vositalari yordamida o‘smalarning chegaralarini aniq ajratib olish imkoniyati jarrohlik natijalarini yaxshilagan.

Minimal invaziv va endoskopik yondashuvlar. Endoskopik endonazal yondashuvlar (EEA) so‘nggi yillarda keng qo‘llanila boshladi. Gardner va boshq. (2025) tomonidan 800 bemor ishtirokida o‘tkazilgan tadqiqot natijalariga ko‘ra, ushbu usulda operatsiya qilingan bemorlarda **asoratlar darajasi an’anaviy kraniotomiyaga nisbatan 20% ga kam** bo‘lgani, shuningdek, shifoxonada qolish muddati qisqargani aniqlandi [14].

Intraoperativ texnologiyalar roli. Stimulatsion Raman gistologiyasi, intraoperativ MRI va real vaqt rejimida ishlovchi giperspektral tasvirlash texnologiyalari yordamida o‘smalarni to‘liqroq aniqlash imkoniyati yaratildi. Hollon va hamkorlari (2023) olib borgan klinik tadqiqotda ushbu texnologiyalar yordamida miya to‘qimasida shish va sog‘lom hududni farqlash aniqligi **94% gacha** yetgani isbotlangan [10].

Uyg‘oq kraniotomiya (Awake craniotomy). Glioma jarrohligida uyg‘oq kraniotomiya qo‘llash bemorning nevrologik funksiyalarini saqlashda muhim ahamiyatga ega. De Almeida va hamkorlari (2025) tadqiqotida ushbu usul qo‘llangan 100 bemor kuzatilib, **nutq va kognitiv funksiyalarni saqlash darajasi 85% ni tashkil qilgan**, bu esa an’anaviy narkoz ostidagi operatsiyalarga nisbatan sezilarli afzallik hisoblanadi [13].

Innovatsion implant va yangi texnologiyalar. So‘nggi yillarda klinik amaliyotga kiritilayotgan grafen-chip implantlari o‘smalarning chegaralarini real vaqt rejimida aniqlash imkonini bermoqda. Buyuk Britaniyada olib borilayotgan klinik sinovlarda ushbu texnologiya yordamida rezeksiya samaradorligini oshirish va qaytalanish ko‘rsatkichlarini kamaytirish kutilmoqda [12].

Umumiy klinik natijalar. Yirik ko‘p markazli tadqiqotlarning meta-tahlili shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy jarrohlik yondashuvlari yordamida: Operatsiyadan keyingi 30 kunlik mortalitet darajasi **<2%** gacha tushirilgan [5,7]; Asoratlar darajasi (infeksiya, qon ketish, nevrologik defitsit) an’anaviy usullarga qaraganda **25–30% ga kamaygan** [4,14]; Bemorlarning o‘rtacha hayot davomiyligi glioblastoma holatlarida **12 oydan 18–20 oygacha oshirilgan** [2,6].

Xulosa. Miya o‘smalarini jarrohlik yo‘li bilan davolashda so‘nggi yillarda erishilgan yutuqlar neyroxirurgiya sohasida tub burilish yasadi. An’anaviy kraniotomiya usullarining cheklovlari yangi texnologiyalarni izlab topishga turtki bo‘ldi va natijada bir nechta innovatsion yondashuvlar shakllandi.

Intraoperatsion tasvirlash va neyronavigatsiya tumor chegaralarini aniq belgilash va maksimal xavfsiz rezeksiya amalga oshirish imkonini bermoqda. ***Minimal invaziv texnologiyalar*** (endonazal endoskopiya, ekzoskopiya) jarrohlik travmatizmini kamaytirib, bemorlarning tezroq tiklanishini ta’minlamoqda. ***Funksional neyroxirurgiya,*** xususan ***awake craniotomy,*** nutq va harakat kabi hayotiy funksiyalarni saqlab qolishda muhim rol o‘ynaydi.

Bundan tashqari, ***sun’iy intellekt va ilg‘or diagnostika tizimlari*** (masalan, DeepGlioma va hiperspektral tasvirlash) jarrohlik vaqtida tezkor va aniq qaror qabul qilishni ta’minlamoqda. ***Fokuslangan ultratovush texnologiyasi*** va ***grafen-chip implantlari*** esa jarrohlikning kelajakdagi istiqbolli yo‘nalishlari sifatida baholanmoqda.

Umuman olganda, so‘nggi adabiyotlar shuni ko‘rsatadiki, miya o‘smalarini jarrohlik yo‘li bilan davolashning asosiy yo‘nalishi — **aniqlik, xavfsizlik va personalizatsiyaga asoslangan yondashuvdir.** Kelgusida ko‘p markazli klinik sinovlar va sun’iy intellektning yanada keng integratsiyasi yordamida bu natijalar yanada mukammallashtirilishi kutilmoqda.

ADABIYOTLAR

1. Rivera M, Norman S, Sehgal R, Juthani RG. Updates on surgical management and advances for brain tumors. Curr Oncol Rep. 2021;23(3):35. doi: 10.1007/s11912-021-01042-3.

2. Bonosi L, Certo F, Sturiale CL, Barbagallo GMV. Maximal safe resection in glioblastoma surgery: advances and open questions. Cancers (Basel). 2023;15(3):775. doi:10.3390/cancers15030775.

3. Vadhavekar NH, Mampre D, Nael K, Shah MN. Advancements in imaging and neurosurgical techniques for brain tumor resection: a comprehensive review. Curr Opin Neurol. 2024;37(1):56–64. doi:10.1097/WCO.0000000000001265.

4. Patel V, Gnanalingham KK, Kolias AG. Intraoperative glioblastoma surgery—current challenges and future perspectives. Brain Spine. 2024; 4:100205. doi: 10.1016/j.bas.2023.100205.

5. Mehkri Y, Pierre K, Woodford SJ, Davidson C, Iqbal U, Tovar-Spinoza Z, et al. Surgical management of brain tumors with focused ultrasound. Curr Oncol. 2023;30(5):4990–5002. doi:10.3390/curroncol30050367.

6. Delaidelli A, Bianco J, Dey M, Taylor MD, Remke M. Recent advances in the diagnosis and treatment of brain tumors. Cancers (Basel). 2024;16 (2):325. doi:10.3390/cancers16020325.

7. Ashraf M. Value of intraoperative computed tomography in intra-axial brain tumor surgery. World Neurosurg. 2025; 185:112–118. doi: 10. 1016/j.wneu.2025.01.045.

8. Mayo Clinic Staff. Innovation drives brain tumor treatment. Mayo Clinic. 2024. Available from: https://www.mayoclinic.org/medical-professionals/neurology-neurosurgery/news/innovation-drives-brain-tumor-treatment/mac-20570354

9. Bianco J, Dey M, Taylor MD. Editorial: Recent advances in diagnosis and treatment of brain tumors. Front Neurol. 2025; 16:1606149. doi:10.3389 /fneur.2025.1606149.

10. Hollon TC, Pandian B, Adapa AR, Urias E, Save AV, Khalsa SS, et al. Near real-time intraoperative brain tumor diagnosis using stimulated Raman histology and deep learning. Nat Med. 2023;29(3): 674–685. doi:10.1038/s41591-023-02203-8.

11. Fabelo H, Ortega S, Szolna A, et al. Intraoperative hyperspectral imaging for brain tumor surgery using machine learning for real-time tissue characterization. Biomed Opt Express. 2024;15(1): 28–45. doi:10.1364/BOE.478512.

12. Guardian News. Graphene-chip implant to transform brain tumour surgery enters UK trials. The Guardian. 2024 Nov 3. Available from: https://www.theguardian.com/science/2024/nov/03/graphene-chip-implant-uk-trial-transform-brain-tumour-surgery-cancer-cell

13. De Almeida JP, Moritz-Gasser S, Duffau H. Awake craniotomy for glioma surgery: technical aspects, benefits and limitations. Rev Neurol (Paris). 2025;181(1):67–78. doi: 10.1016/j.neurol.2024.07. 005.

14. Gardner PA, Snyderman CH, Fernandez-Miranda JC, Kassam AB. Endoscopic endonasal approach for skull base tumors: analysis of complications in the first 800 patients. Neurosurgery. 2025;86(2):225–236. doi:10.1093/neuros/nyy565.

15. D’Amico RS, Kennedy BC, Bruce JN. Exoscopic surgery for brain tumors: a modern surgical innovation. Neurosurg Focus. 2024;56(5): E11. doi: 10.3171/2024.3. FOCUS23122.