

# Felnőttkori agydaganatok sebészete

BAGÓ ATTILA GYÖRGY, NAGY DÁVID GERGŐ

Semmelweis Egyetem, Idegsebészeti és Neurointervenciók Klinika, Neuroonkológiai Osztály, Budapest

**Levelezési cím:**

Dr. Bagó Attila György osztályvezető főorvos,  
Semmelweis Egyetem, Idegsebészeti és Neurointervenciók  
Klinika, Neuroonkológiai Osztály, 1145 Budapest, Amerikai út  
57., e-mail: bago.attila@semmelweis.hu, tel.: +36-1/467-9300

**Közlésre érkezett:**

2023. október 18.

**Elfogadva:**

2023. november 12.

Az agydaganatok komplex neuroonkológiai kezelésében az új gyógyszeres és sugárterápiás lehetőségek mellett továbbra is alapvető szerepe van a daganatok műtéti eltávolításának. Az agydaganatok maximális, biztonságos sebészeti reszekciója benignus tumorok esetén teljes gyógyulást eredményezhet, míg malignus daganatok esetén a térszűkület megszüntetésével, a betegek neurológiai állapotának javításával lehetőséget ad a pontos, napjainkban már molekuláris szintű szövettani diagnózis birtokában az adjuváns onkoterápiára. Az idegsebészeti műtétet, sőt már a műtéti tervezést övező technikai és a társszakmák szorosabb bevonásával kialakult szakmai környezet az elmúlt évtizedek technikai innovációinak köszönhetően jelentősen megújult. Mindez lehetőséget nyújt a biztonságosabb, az életminőséget minél jobban megőrző beavatkozásokra, illetve korábban akár inoperábilisnak tartott daganatok biztonságos eltávolítására is. Dolgozatunkban az agydaganatműtétek stratégiai ismertetésén túl bemutatjuk az agyi daganatsebészet legfontosabb technikai innovációit, valamint a leggyakoribb daganattípusok (gliómák, meningeómák, agyidegtumorok és metasztázisok) kezelésében használatos sebészeti alapelveket. Az agyalapi tumorok komplex sebészeti ellátását, a hipofízis sebészetét, valamint a neuroendoszkópos műtéteket és gyermekkori daganatokat a különszám más közleményei részletezik. *Magy Onkol 68:13-25, 2024*

**Kulcsszavak:** agydaganat, műtét, mikro-idegsebészet, neuro-navigáció, intraoperatív monitorozás

*Despite the advanced medical and radiation therapy, the role of surgical resection of brain neoplasms still remains indisputable. The maximal safe resection of benign brain tumors may result in complete recovery of the patient. Surgery of malignant tumors can resolve mass effect, improve the neurological condition of the patient providing the possibility for further complex oncotherapy based on molecular level histopathology results. The advances in technical and multidisciplinary environment of brain tumor surgery facilitate more radical and safer resection resulting in better outcomes and preservation of quality of life, even in case of tumors which were considered inoperable until recently. In this review we present the recent technical innovations used in brain tumor surgery and discuss the surgical strategy of the most common tumor types (gliomas, meningiomas, cranial nerve tumors and brain metastases). The surgical management of complex skull base tumors, pituitary tumors, as well as neuro-endoscopic surgery and pediatric brain tumors are discussed in other papers of this special issue.*

*Bagó AG, Nagy DG. Brain tumor surgery in adults. *Magy Onkol 68:13-25, 2024**

**Keywords:** brain tumor, surgery, microneurosurgery, neuro-navigation, intraoperative neuromonitoring

## BEVEZETÉS

A sugárterápiás és gyógyszeres kezelési lehetőségek ellenére az agydaganatok természeténél fogva a sebészi eltávolítás alapvető szerepet játszik a kezelésben (1). Az agydaganatok térszűkítő folyamatokként jelentkeznek a zárt koponyaűrben, potenciálisan életet veszélyeztető betegségek. Kevés kivételtől eltekintve (például a kemoterápiára érzékeny agyi limfómák) a térszűkületet okozó daganatok esetében a sebészi reszekció megkerülhetetlen, hiszen a koponyaűri nyomásfokozódást gyógyszeresen csak átmenetileg lehet uralni. Tartós megoldást a plusz térfogatként jelentkező idegenszövet eltávolítása vagy a daganat által okozott likvorkeringési akadály megszüntetése jelent. Alapvető szemléletváltással kell tekintenünk az agydaganatműtétekre, hiszen ezek a műtétek csak az esetek kevés részében önálló események egy betegség történetében (például egy konvexitásmeningeóma radikális eltávolítása), legtöbbször a műtét csak egy komplex onkológiai kezelés egy – gyakran első – lépése, amelynek hosszabb kezelési folyamatba kell illeszkednie (1). Ez nemcsak malignus tumorokra igaz, ahol magától értetődő az adjuváns onkoterápia, hanem benignus koponyaalapi tumorokra vagy agyidegtumorokra is, amikor a részleges daganateltávolítást a reziduális tumor vagy később a recidíva sztereotaxiás irradiációja követi.

## AZ AGYDAGANATMŰTÉTEKRŐL ÁLTALÁBAN

A daganatműtétek alapvető célja 1. a koponyaűri térszűkület megoldása, 2. a lokális kompresszióból fakadó izgalmi (például epilepszia, neuralgia) vagy kiesési tünetek (például parézis, plégia, afázia) megszüntetésével a beteg neurológiai tüneteinek javítása, 3. a daganatszövet – amennyire lehetséges – radikális eltávolítása, 4. ezáltal kellő mennyiségű és minőségű minta biztosítása szövettani vizsgálatra, illetve további kutatási célra (2, 3).

Az agydaganatműtétek a csontos koponya megnyitását teszik szükségessé (kraniotómia); amennyiben a koponyacsont is érintett – ez általában metasztázis vagy csontot infiltráló meningeóma esetén fordul elő –, a csontlebeny végleges eltávolítására kerül sor (kraniektómia). Kraniektómia esetében általában a primer műtéttel egy ülésben megtörténik a kálváriahiány szintetikus csontpótlása, plasztikája. Hátsó skálai malignus tumorok esetén a csontlebenyt gyakran nem helyezzük vissza, egyrészt *quo ad futurum* egy eleve dekomprimált helyzetben hagyjuk a hátsó koponyagödört, másrészt a tarkóizomzat szélesen fedi a hátsó koponyagödör – álló emberben normálisan közel vízszintes – síkját, így itt a konvexitással ellentétben csontos protekció gyakorlatilag nem szükséges. Lebentumoroknál a feltárás a daganat kortikális vetületének megfelelően történik, míg az elülső és középső koponyagödör, valamint a szupra- és paraszelláris vidék az ékcsont kisszárnya menti frontotemporális (pterionális) kraniotómiából tárható fel. A hátsó koponyagödör tumorait hason vagy oldalt fekve, szubokcipitális feltáráson keresztül érhetjük el. A mélyen fekvő daganatokat lehetőleg

likvorutak mentén vagy a nagyagyban található természetes réseken át (Sylvius-árok, interhemiszfériális rés) tárjuk fel. Amikor ez már nem lehetséges, a legrövidebb úton, nem elokvens kérgi területen történő áthaladással közelítjük meg. A feltárások megtervezéséhez, illetve mélyen fekvő tumorok feltárásához elengedhetetlen segítséget nyújt az intraoperatív neuronavigáció (3), melyet a későbbiekben ismertetünk.

Az agyi daganatsebészet az agyállomány érzékenysége miatt jelentősen különbözik a belszervi onkológiai sebészettől. Az idegsebészeti gyakorlatban az *in toto* daganateltávolítás csak nagyon ritkán, kisméretű, az állománytól jól elhatárolódó, szolid állagú daganatok esetén jön szóba. Idegsebészetben a feltárt daganatot általában először belülről megkisebbitjük. Amennyiben a tumor állaga lágy, szívóval, bipoláris koagulációval üregesítjük ki a daganatot, keményebb stróma esetén éles, mikroollós darabolással, vagy amennyiben rendelkezésre áll, ultrahangos-porlasztó szívóval (CUSA) végezzük mindezt. A kiüregesített daganat fala, széli részei meglazulnak, az övező agyállomány feszülése megszűnik, a tumor-agy határ preparálása lehetővé válik, így a daganatok perifériás részei az agyállománytól elválaszthatók és eltávolíthatók.

Idegsebészetben különös figyelmet kell fordítani a vérzések menedzselésére. Az agyi artériák jelentős része végarteria, viszont a daganatok kóros vérellátása is az ép erekből fejlődik ki. A műtét során a tovamenő erek megkímélése rendkívül fontos, úgy, hogy közben a tumort ellátó neovaszkularizáció által képzett tápláló ereket áldozzuk csak fel. Mindez nagy körülményt és türelmet igényel a műtét során. A vérzéscsillapítást bipoláris koagulációval (a koaguláció csak a két csipeszszár hegye között jön létre), átmeneti vattás tamponálással, illetve felszívódó hemosztatikus anyagokkal végezzük. Az erek megkímélése nemcsak artériás, hanem vénás oldalon is fontos. A nagy szinuszokba torkolló vénák megfogásával vénás eredetű, bevérzett állományi infarktuskok és ezeknek megfelelő klinikai tünetek kialakulásával kell számolni. A daganatműtétek az agy relaxációja és az intraoperatív vérzéskontroll miatt általában hipotóniában történnek. A vérzéscsillapítás utolsó fázisában gyógyszeres vérnyomásemelést végzünk, a kielégítő hemosztázis ellenőrzése céljából.

A daganateltávolítást követően történik a dura és kraniotómia zárása. Szívárgásmentes durazárás nem mindig kivihető, ennek jelentősége konvexitáson kevés. Fontos viszont a lehetőleg teljes durazárás a kamrarendszer széles megnyitásával, a hátsó koponyagödörben és a melléküregek megnyitásával járó koponyalapi műtétek esetén. Ilyenkor a durát vérzéscsillapító vagy felületképző anyaggal, esetleg szintetikus ragasztóval fedjük. A csontlebenyt visszahelyezést követően öltésekkel vagy titáncsavarokkal és minilemezekkel rögzítjük. Ha a csontot nem helyezzük vissza, a csontpótlást a kálvária síkjába simuló csontcementplasztikával egy ülésben, nagyobb csonthiányokat számítógéppel tervezett egyedi műanyag vagy titánplasztikával pótolhatjuk később. Ezután 2-3 rétegben zárjuk a lágyrészeket.

Agydaganatműtéteket követően a betegeket a műtőben ébresztjük, szelektált esetekben (hosszú narkózis, jelentős vérigény, vegetatív megingás) a betegek altatva kerülnek az intenzív osztályra és az ébresztés halasztottan történik. Tumorműtéteket követően a betegek optimális obszervációja és a korai posztoperatív szak vezetése idegsebészeti intenzív osztályon történik. Alapvető a fej emelt helyzete, szteroid és ozmodiuretikus koponyaűri nyomáscsökkentés, tenziókontroll és megfelelő fájdalomcsillapítás. Szövődménymentes esetben a műtét másnapján a beteg idegsebészeti osztályra helyezhető. Kihelyezéskor gyakorlatunkban mindig képközpontú vizsgálat történik, ennek célja a posztoperatív állapot rögzítése, ödéma, posztoperatív vérzés megítélése. Utóbbiakra rutin koponya-CT-vizsgálat elegendő. Radikalitás megítélésére – intézeti gyakorlatunkban elsősorban intrinzik és bázistumorok, illetve gyermekkori agydaganatok esetén – a műtétet követő 48 órán belül elvégzett kontrasztos koponya-MR-vizsgálat alkalmas. Ennél később a posztoperatív szakban végzett kontrasztos vizsgálatok értékelhetősége korlátozott a vér-agy gát műtéti traumát követően kialakult, elhúzódó zavara miatt, mely megnehezíti a reziduális tumor megítélését.

A daganatműtétek biztonsága a fejlett neuroanestézia, a kíméletesebb, mikro-idegsebészeti műtéti technika és a modern hemosztázis mellett az elmúlt fél évszázadban jelentősen javult. A műtéteket követően kialakult tartós neurológiai deficit az irodalom szerint átlagosan 10%-ra tehető (2), a műtéti utóvérzések gyakorisága 2–4%, míg a klasszikus lokális sebészi szövődmények gyakorisága 10% körül mozog (2). A szövődménymentes, rutin tumorműtétek esetén hazai viszonyok mellett a betegek nagy többsége 5–7 napon belül emittálható (3), nálunk fejlettebb ellátórendszerek esetén ez az idő tovább rövidült.

### SEBÉSZI INDIKÁCIÓK, OPERABILITÁS

Térfoglaló, operábilis agydaganatok esetén a műtéti indikáció abszolút, időzítését tekintve a legtöbb esetben relatív sürgősségi indikáció áll fenn, a kimutatott daganatot a felfedezéshez képest 2–3 héten belül operáljuk meg. Természetesen a műtét időzítése a térszűkület mértékétől, a beteg neurológiai és általános állapotától is függ. Akutan bevérzett vagy beékelődés között akutan operálunk meg, míg a kisebb méretű, benignus viselkedésű, vagy régóta növekedő, krónikus térszűkületet okozó tumorok abszolút elektíven kerülnek műtetre.

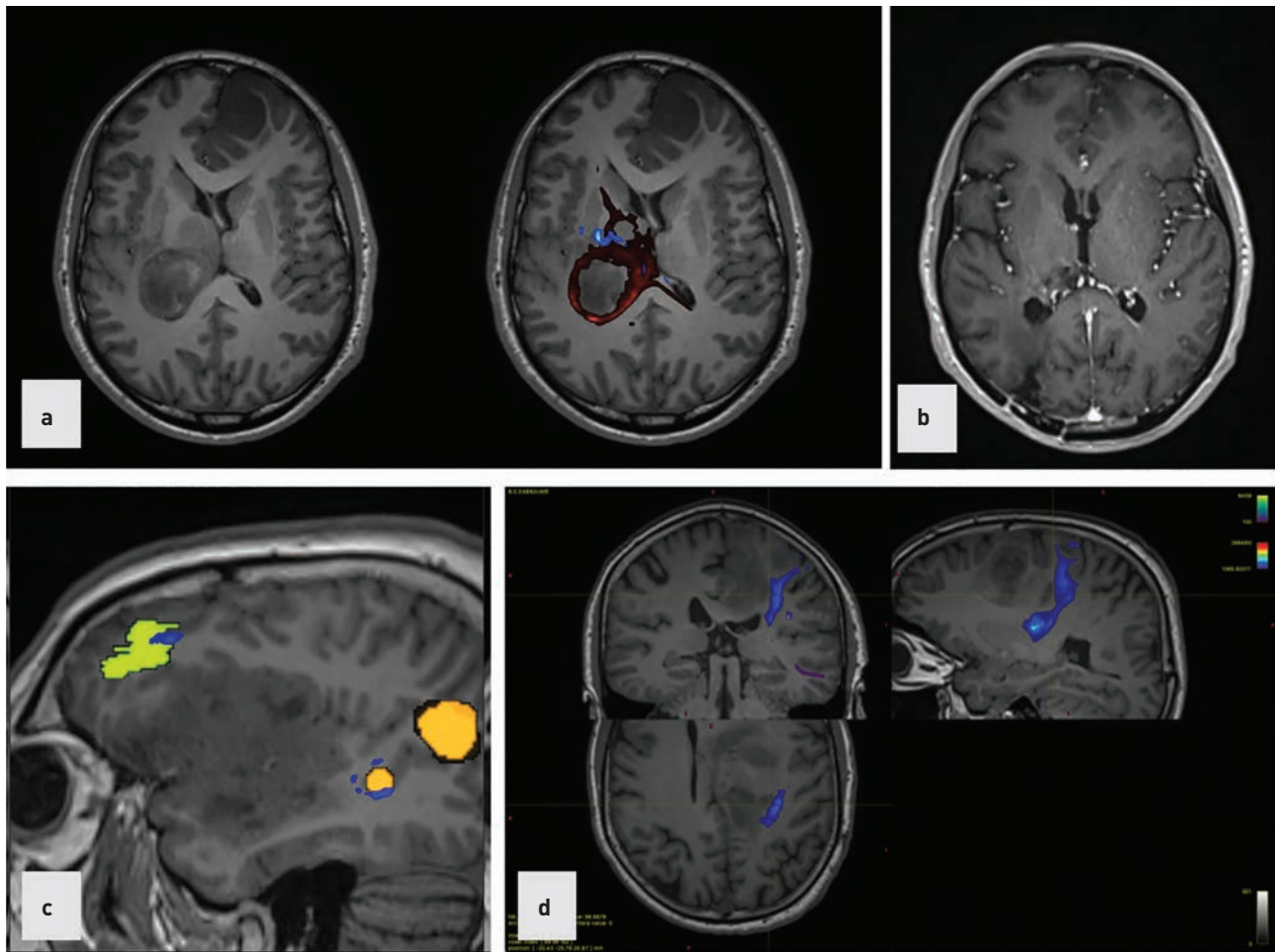
Az agydaganatok műtéti indikációi az általános daganatsebészettel szemben protokollszinten nem meghatározottak, a gyakorlatban individuális döntések születnek klinikai tapasztalaton alapuló ajánlások mentén. Az operabilitást a tumorok morfológiai adottságain, elokvens struktúrákhoz való viszonyán (1. ábra), a beteg teherbírásán, a metasztatikus betegségek esetén az alapbetegség további kezelhetőségén túl az operáló sebész és intézet tapasztalata, gyakorlata és felszereltsége is meghatározza. Alapelvként mindenképpen

optimális, ha agydaganatműtéteket magas progresszivitási szintű, nagy műtétszámmal és megfelelő technikai felszereltséggel rendelkező centrumok végeznek. Malignus tumorok esetén rendkívül fontos a sebészi ellátáson túl a kiegészítő onkoterápiás lehetőségek (kemo- és biológiai terápia, sugárterápia, sugársebészet) elérhetősége (3). Ha további adjuváns kezelés szükséges, erről műtét után, szöveten birtokában neuro-onkoteam dönt, melynek obligát résztvevői idegsebész, klinikai onkológus és sugárterápiás szakorvosok, de a bizottság ad hoc jelleggel neuropatológus, neuroradiológus, nukleáris medicina szakorvossal is kiegészülhet.

### A RADIKALITÁS KÉRDÉSE

Az agydaganatoknál szélesen az ébren történő eltávolítás (szupramarginális reszekció) csak nem elokvens területek (például szubdomináns frontális lebeny, szubdomináns temporális lebeny) esetén lehetséges. Benignus extraparenhimás és körülírt malignus (metasztatikus) tumorok klasszikus mikrosebészeti elvek szerint reszekálhatók, radikális műtéttel tartós lokális kontroll, benignus tumorok esetén akár teljes gyógyulás érhető el. Intrinzik, infiltratív tumoroknál a daganat határa sem makroszkóposan, sem mikroszkóposan nem definiálható egyértelműen, makroszkóposan teljes eltávolításnál (gross total resection, GTR) az állomány felé valahol az infiltrációs, gliotikus határterületben állunk meg. Nem elokvens lokalizációban a reszekciós zóna kiterjeszhető egy természetes anatómiai határig, mely lehet kamra vagy határoló sulcus arachnoidea, de az infiltrált fehérállomány felé a határ mindig bizonytalan, megválasztása általában sebészi tapasztalaton alapul. Elokvens kérgi területeken a funkciómegtartás korlátozza a radikalitást, ilyen reszekciós határok kijelölésében intraoperatív neuromonitorozás, mapping, egyes esetekben éber állapotban végzett műtét segít. Egyre több evidencia szól amellett, hogy premalignus (low-grade) vagy malignus (high-grade) infiltratív állományi tumorok (elsősorban gliómák) esetén a makroszkópos teljes eltávolítás túlélési előnyt jelent (4).

Ezek alapján az idegsebészeti tumorműtétek megfogalmazott célja a maximálisan kivihető biztonságos, képközpontúkkal is dokumentált reszekció, mely a neurológiai funkciók megőrzését vagy javítását teszi lehetővé. A reziduális tumortól függően a reszekció lehet 1. teljes (gross total), 2. szubtotális (near total), 3. részleges (partial, debulking), illetve korlátozódhat csak 4. mintavételre (biopsy only). Amennyiben morfológiailag a daganatot sikerült teljesen eltávolítani, ezt gross total resectionnek nevezzük. Ez sebészileg megfelel az általános onkosebészeten R0 reszekciónak, bár szövettanilag infiltratív tumornál nem értelmezhető a tumormentes ép határ. Ha a daganatot szubtotálisan távolítjuk el – glióma sebészetében ez a leggyakoribb –, kevés reziduummal számolunk, ez leggyakrabban nem halmozó reziduumot jelent az infiltrációs zónában. Ha ennél több reziduum marad, akkor a daganat belső megkisebbitése (debulking, partial resection) történt, melynek célja elsősorban a tervezett tömegcsök-



**1. ÁBRA.** Speciális MR-képalkotó vizsgálatok az operabilitás eldöntéséhez. Bal oldali talamusz high-grade gliómája, DTI-traktográfia, a kék szín a piramis pályát jelzi, a piros szín nem szelektív pályarendszer-ábrázolás, mely a tumort övező összes rostrendszert vizualizálja (a). Látható, hogy a tumor nem tartalmaz pályákat, így megoperálható. Ugyanezen tumor posztoperatív kontrasztos, T1-súlyozott MR-vizsgálata (b). Frontotemporális glióma, funkcionális MR-vizsgálat, látható, hogy a daganat a motoros beszédközpontot felfelé diszlokálja (zöld) és nem érinti a szenzoros beszédközpontot sem (sárga) (c). Bal oldali precentrális glióma, DTI-traktográfia, a kék szín a piramis pálya helyzetét jelzi a tumor mögött és attól laterálisan (d)

kentés és citoredukció – ilyen típusú műtétet legtöbbször elokvensközeli régiók infiltratív tumorai esetén végzünk, ahol a műtéti radikalitásnak a funkciómegtartás gátat szab. Hasonló történik bázis- és agyidegtumorok (schwannómák) egyes eseteiben, ahol a tumor agyidegektől, erektől vagy az agytörzstől sérülés nélkül nem eltávolítható részét hagyjuk vissza későbbi tervezett sugársebészeti kezelése céljára. Ilyen esetben (radiosurgery) tailored reszekcióról beszélünk. Amennyiben a betegség sebésztechnikailag inoperábilis vagy multiplex, multifokális és ismert szövettan (például metasztázisgyanú ismeretlen primer tumorból) nem áll rendelkezésre, vagy hematológiai betegség (primer agyi limfóma, PCNSL), esetleg nem neoplastikus betegség gyanúja (tumefaktív multiplex szklerózis, abszcesszus) merül fel, a sebészi aktivitás csak szövettani mintavételre korlátozódik. Ez történhet nyitott (kraniotómián keresztül hagyományos mikrosebészeti

módszerekkel) vagy perkután módon, utóbbi esetben fúrt lyukon keresztül a core-biopsziához hasonló technikával – mindkét esetben természetesen képvezérelt célzást követően (sztereotaxia vagy neuronavigáció).

Agydaganatok egyes eseteiben csak palliatív műtét történhet, ilyenkor magához a daganathoz nem nyúlunk, esetleg csak intraoperatív szövetmintavétel történik, de a műtét célja a daganat által okozott likvorpasszázsavar sebészi megoldása, amely történhet ventrikulo-peritoneális shunt beültetésével, vagy a III. kamrától disztálisan elhelyezkedő inoperábilis vagy nagy kockázatú tumorok esetén a III. kamra fenekének endoszkópos fenesztációjával. Hasonlóan palliatív műtéti megoldás, amikor hosszú infiltratív inoperábilis intramedulláris gerincvelői tumor (asztrocitóma) esetén csak a gerinccsatorna csontos vagy akár duraplasztikával egybekötött durális dekompresszióját végezzük el.

## A KORSZERŰ TUMORSEBÉSZET ARMAMENTÁRIUMA

### Minimális invazivitás

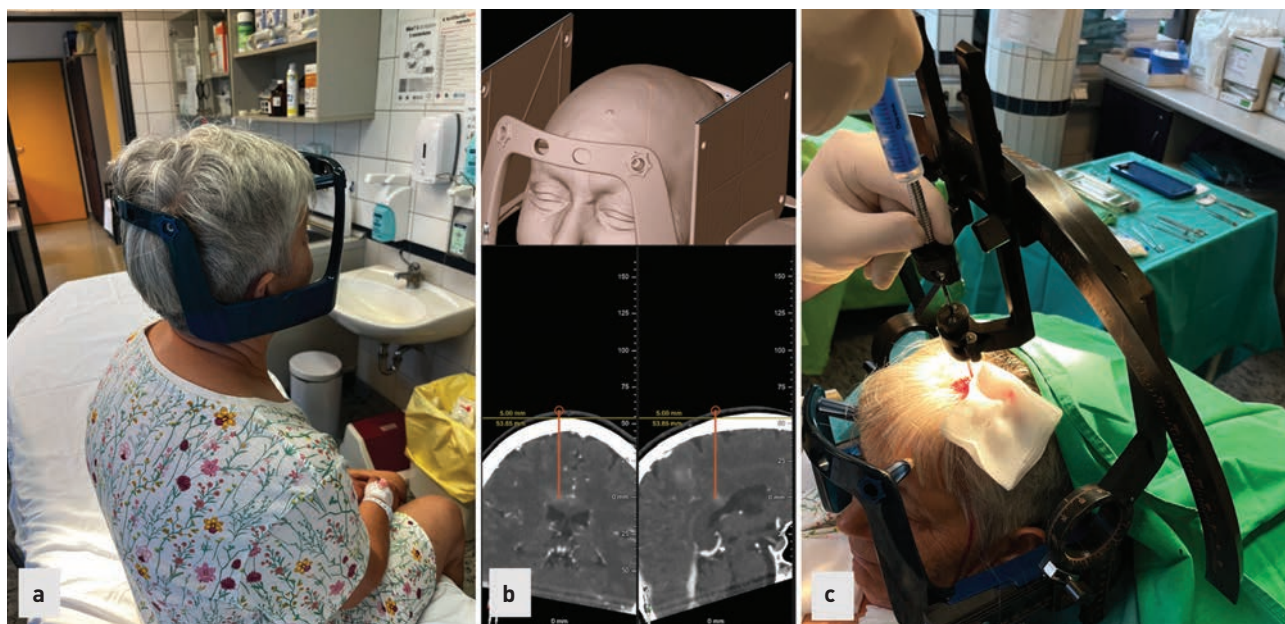
A minimális invazivitás koncepciója az 1990-es években kezdett teret hódítani az idegsebészeti gyakorlatban. Ekkor a már közel két évtizedes mikroszkópos műtéti gyakorlat, az egyre jobb optikai és megvilágítási feltételek a mikro-idegsebészeti technikák széles körű elterjedését eredményezték, melyek az egyre kisebb állományi sérüléssel járó, precízebb műtétek elvégzését tették lehetővé. A minimális invazivitás kezdetben az agy minél kíméletesebb manipulációját jelentette, de később az egyre nagyobb teljesítményű sebészi mikroszkópok alkalmazása lehetővé tette a koponyafeltárások méretének csökkentését, a kulcslyuksebészet kifejlesztését. Jó megvilágítással, hat szabadságfokban mozgatható, nagy nagyítást, változtatható fókusztávolságot lehetővé tevő mikroszkópokkal pár centiméteres feltárásokon keresztül széleskörűen elérhető volt az agyalap, megfelelő technikával a feltárás méretét jóval meghaladó tumorok is eltávolíthatóvá váltak. A feltárások méretének csökkenése, azok egyszerűsítése csökkentette a műtéti időt, a lágyszövet-szövődményeket, a posztoperatív komfort és a kozmetikai eredmények is javultak. A feltárások optimalizálását nagyban segítette a sebészi navigáció kifejlesztése, melynek kezdetei szintén erre az időszakra tehetőek.

### Képezérelt sebészi technikák

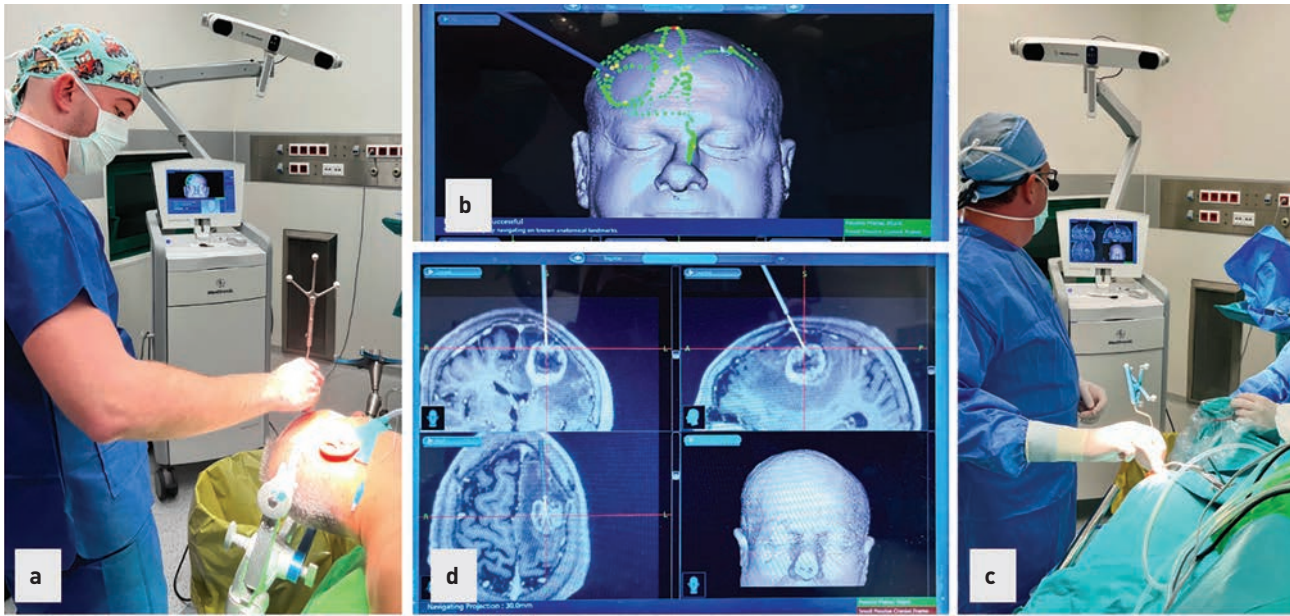
#### Sztereotaxia

A koponya felszínén, illetve a koponyán belüli pontos térbeli tájékozódás minden idegsebészeti beavatkozás sarkalatos kérdése. Az eredetileg állatkísérletekben használt sztereotaxia koncepcióját a humán orvoslásba először a funkcionális idegsebészetben vezették be a múlt század közepén, igazából még a modern képalkotók megjelenése előtt.

A sztereotaxia azt jelenti, hogy a koponyán/agyon belül egy tetszőleges pont koordinátái pontosan meghatározhatók egy külső koordinátarendszerhez viszonyítva. A klasszikus sztereotaxiában a koponyához rögzített sztereotaxiás keret biztosítja ezt a koordinátarendszert. A kerethez illeszthető, ívek mentén elmozgatható célzó eszközzel bármilyen tetszőleges pont megcélozható és elérhető a keret/koponya mátrixán belül. Idegsebészeti gyakorlatban a leggyakrabban végzett invazív sztereotaxiás beavatkozás a sztereotaxiás mintavétel, melynek segítségével perkután koponyafuraton keresztül a CT/MR képeken kijelölt célpontba (target), gondosan megválasztott úton (trajectory) biopsziás tűt vezetünk és a területből szövettani mintát nyerhetünk (2. ábra). A beavatkozás alacsony mortalitással és morbiditással, éber állapotban, helyi érzéstelenítésben rövid idő alatt elvégezhető (3). A biopsziák találati biztonsága igen magas, nagyon ritkán kerül csak sor szövettani bizonytalanság esetén ismételt mintavételre (<5%). Itt megjegyzendő, hogy ha a kijelölt targetbe nem eszközt vezetünk, hanem a targetet egy gömbpalást mentén elhelyezett több sugárforrás (gamma-kés) vagy egy ívek mentén mozgó sugárforrás (lineáris gyorsító, CyberKnife) izocentrumába helyezzük, és egy ülésben nagy dózisu besugárzást adunk le, ezt sztereotaxiás sugársebészetnek nevezzük, melyet szintén külön értekezés tárgyal. A sztereotaxiás biopszia indikációit korábban már ismertettük.



2. ÁBRA. Sztereotaxiás mintavétel helyi érzéstelenítésben. Sztereotaxiás keret a beteg koponyájához rögzítve (a). Mintavételi track tervezése koponya-MR-képeken (b). Mintavétel biopsziás tűvel fúrt lyukon, célzóíven keresztül (c)



**3. ÁBRA.** Neuronavigáció-asszisztált műtét. A műtét megkezdése előtt regisztrációs pontok felvétele már a fejtartóban rögzített koponyán (surface matching) (a, b). Intraoperatív tumorkalibráció (c), a pointer virtuálisan meghosszabbítva a precentrális daganatra mutat, ezzel kijelölve az optimális agykérgi behatolás irányát (d)

### Neuronavigáció

A sztereotaxiás keret nyitott műtéteknél való alkalmazása elvben hasznos lehetett volna mélyen fekvő daganatok felkeresésekor, de a nem steril sztereotaxiás keret mindenképpen interferál a klasszikus idegsebészeti műtéti környezettel, ezért a keret nélküli sztereotaxia megvalósítására fejlesztették ki a neuronavigációt, mely napjainkra minden idegsebészeti műtő elengedhetetlen eszközévé vált. Közép-Európa első navigációs készülékét 1996-ban installáltuk az akkori Országos Idegsebészeti Tudományos Intézetben [5]. Az új generációs neuronavigációs készülékek esetén a keretet maga a beteg bőrrel fedett koponyájának anatómiai kontúrja helyettesíti. A beteg fejének, arcának kontúráját a készülék számára infravörös fényben látható eszközzel (pointer) letapogatjuk, ezt a valós térben felvett pontokból épített virtuális felszín a számítógép fuzionálja a beteg preoperatív MR/CT képeiből rekonstruált felszínrel (surface matching). Ez biztosítja a regisztrációs folyamat után a valós, a beteg koponyáján, illetve azon belül lévő térpontok és a CT/MR képekből rekonstruált pontok egymáshoz rendelését a teljes mátrixban. Mindez azt eredményezi, hogy regisztrációt követően a steril pointerrel már a műtét során mozogva a koponyán vagy a koponyán, agyon belül, a műszer pozícióját a képernyőn 3 dimenziós rekonstrukción, vagy az idegsebészek számára otthonos 3 síkú CT/MR szeleteken valós időben megjeleníteni képes. Eszközünk agyon belüli helyzetét vagy a pointer vektorát virtuálisan meghosszabbítva feltárásunk pontos iránya a műtét bármelyik pillanatában ellenőrizhető a CT/MR képeken (3. ábra). Ezzel a módszerrel

gondosan megtervezhető a konvexitás célzott feltárásai (ahol anatómiai tájékozódási pontok nem állnak rendelkezésre), biztonságosan lokalizálhatók mélyen, az ép agykéreg alatt fekvő tumorok, a kamrarendszer vagy a bázis képletei, akár akkor is, ha azokat például tumorszövet takarja. Mindez jelentősen növeli a sebészi biztonságot. A navigáció egyetlen hátránya, hogy preoperatív képalkotó vizsgálatokon alapul. A tumor eltávolítása, a térszűkület megoldása, jelentősebb mennyiségű likvor leengedése után a preoperatív viszonyok már valóságok, az agy elmozdul (brain shift), így a navigáció kezdeti pontossága csökken. Ezt intraoperatív képalkotó vizsgálatok (CT/MR/UH) alapján újrakalibrált navigáció tudja kiküszöbölni, de ez széles körben nem elterjedt és eszközigényes eljárás. A navigáció napjaink gyakorlatában inkább a műtéti feltárások optimalizálására és a tumorok állományon belüli felkeresésére, illetve nem elmozduló bázisképletek (például tumorban futó a. carotis interna) lokalizálására használható. A brain shift miatt navigáció a radikalitás megítélésére is csak korlátozottan alkalmas.

### Intraoperatív képalkotás

#### Intraoperatív MR

Mivel a tumorsebészet célja a makroszkópos teljes eltávolítás, alapvető cél a reszekció maximalizálása. Ez különösen problémás intrinzik tumorok sebészetében, ahol a tumor-agy határ bizonytalan. Sajnos a neuronavigáció a radikalitás megítélésében csak korlátozott segítséget nyújt, mivel preoperatív képeken navigálunk, a tumor eltávolításával a tumor helyére korábban diszlokált állomány tér vissza, az anatómia meg-

változik, és a preoperatív MR-en látott tumor-agy határ is ennek megfelelően elmozdul. A reszekció közben készített MR-vizsgálattal a reziduális tumor jól megítélhető, akár a navigáció is frissíthető a megváltozott intrakraniális viszonyokra, így a sebész vissza tud menni a maradványdaganatért. Intraoperatív MR lehet a műtőasztal alá süllyeszthető kis teljesítményű MR-készülék, illetve a műtőhöz épített, zsilipelhető, akár más célra is használható, nagy teljesítményű MR, ahová a beteget műtőasztalon fekvé áttolják, természetesen úgy, hogy a műtéti terület steril fedést kap. Intraoperatív MR-hez természetesen elengedhetetlen az MR-kompatibilis műszerek használata [3, 6]. Hazánkban intraoperatív MR még sajnos nem áll rendelkezésre.

### **Intraoperatív ultrahang**

A csontleány kiemelését követően a durára vagy magára az agykéregre helyezett transzducerelel transzkortikális UH-vizsgálat végezhető, mely mélyen fekvő tumorok lokalizációjában nyújthat segítséget, elsősorban az állománytól jól elkülönülő állagú, echodenzitású vagy cisztás tumorok esetén. A módszer előnye, hogy rendkívül egyszerű, olcsó, gyors és valós idejű képet kaphatunk a vizsgált szubkortikális területről: a tumorról, kamrarendszerről, egyes esetekben reziduális tumor kimutatása is lehetséges, de ez természetesen a tumor echodenzitásától és a vizsgálófej felbontóképességétől függ. Így képkalkotás csak 2D síkokban lehetséges, viszont a fej mozgatásával ezek a síkok változtathatók, így megfelelő térbeli tájékozódásra is van mód [3, 6].

### **Intraoperatív fluoreszcens mikroszkópia**

Az infiltratív intrinzik tumorok állományainak határai nehezen felismerhetők. A daganatot határoló réteg átmenetet képez a tiszta daganatszövet és a tumort övező reaktív állomány között, de még tartalmazhat tumort, annak ellenére, hogy megjelenésében az ép agyszövethez hasonlatos. A malignus gliómák egyik sajátossága az ép agyszövettel szemben az, hogy a műtét alatt vénásan alkalmazott 5-aminolevulinsavat (ALA) fluoreszcens tulajdonságú protoporfirin IX-cé (PPIX) metabolizálja, és ezzel enzimdefektus miatt a további metabolizáció megakad, a tumorsejtek a fluoreszcens metabolitot akkumulálják. Ha műtét alatt az operációs mikroszkóp fényforrását fehér fényről 375–440 nm hullámhosszú kék fényre váltjuk, a PPIX-et akkumuláló szövetek vörös fényel fluoreszkálnak, a környező agyszövettől optikailag teljesen megkülönböztethetően. Fluoreszcens festés segítségével a műtéti radikalitás fokozható, mely klinikai vizsgálatban igazolta a túlélési előnyt is [7]. A fluoreszcencia-támogatott reszekció meghonosítását egyelőre magas költségei és a finanszírozási háttér hiánya hátráltatják, de hazai bevezetése mindenképpen kívánatos és tervezett.

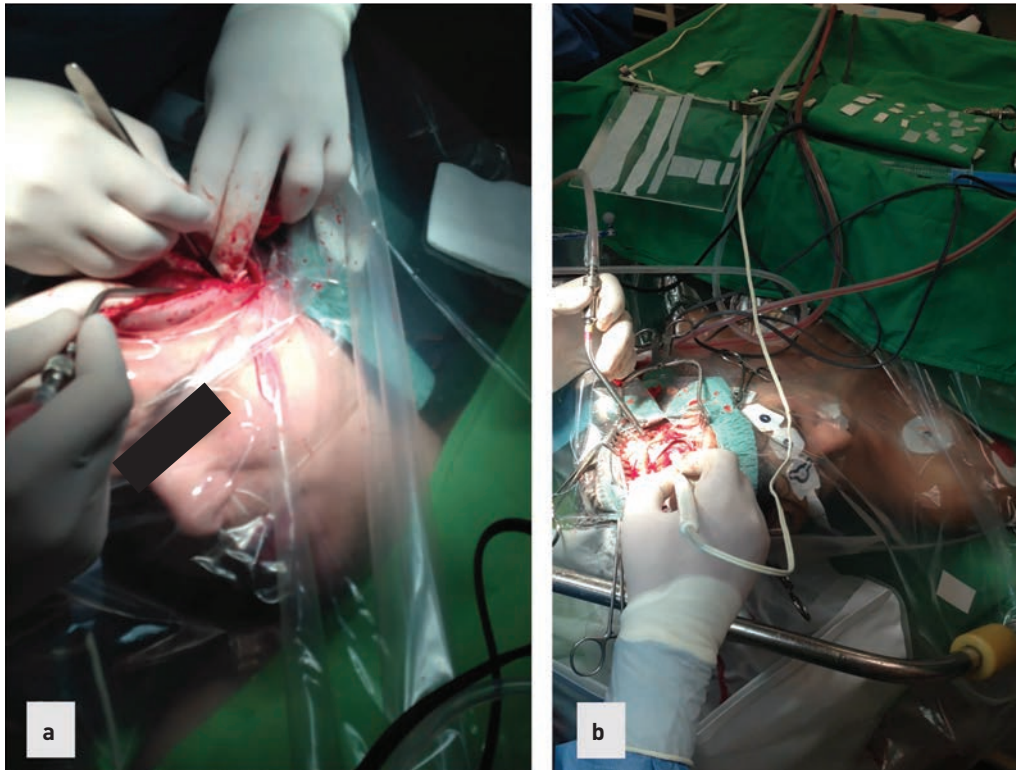
### **Intraoperatív elektrofiziológiai monitorozás (IONM)**

Elokvens területek műtétei kapcsán nem elégedhetünk meg csupán a speciális és funkcionális preoperatív képalkotó

vizsgálatok (funkcionális MR, DTI traktográfia) [8] által nyújtott adatokkal (3. ábra), hanem gyakran a leszálló hosszúpályák és kérgi területek vagy agyidegek funkcióinak műtét közbeni ellenőrzése is szükséges lehet, hogy a posztoperatív deficit kockázatát minimálisra csökkentsük. Amennyiben műtét alatt az izomrelaxációt felfüggesztjük, kérgi vagy szubkortikális ingerléssel motoros választ detektálhatunk, így mozgásszervezésben részt vevő kérgi terület vagy a leszálló motoros pálya funkcionális integritása ellenőrizhető. Ehhez hasonlóan direkt agyidegi ingerléssel ellenőrizhetők az agyidegekből motoros beidegzést kapó izmok (szemmozgató izmok, arc mimikai izomzata, m. masseter) funkciói. Gyakori indikáció akusztikus neurinómák műtéteinél, melyek során az n. trigeminus motoros rostjai és az n. facialis funkcionális integritását monitorozzuk a rágóizomzatba és az arc mimikai izmaiba vezetett tüelektródákkal. Ilyenkor a szétlapított, az akusztikus tumor tokjában futó n. facialis néha csak ingerlés alapján és vizuálisan nem is azonosítható, és a facialis rostokat tartalmazó tumortokat a funkciómegtartás céljából visszahagyjuk úgy, hogy a funkciót a műtét ideje alatt folyamatosan ellenőrizzük [1, 3].

### **Éber műtét**

Éber állapotban műtétet leggyakrabban motoros vagy szenzoros beszédközpontok környékén, ritkábban a motoros kéreg közelében elhelyezkedő tumorok esetén végzünk [9, 10]. Az éber műtét speciális előkészítést igényel, a műtétek során neuropszichológus vesz részt a feladatok végrehajtásában. Mivel a beteg műtét előtt pszichológiai felkészítésen vesz részt, az ismerős pszichológus jelenléte a műtéti stresszhelyzet okozta szorongás oldásában is segít. Az éber műtét során a beteg nem intubálható, így az éber műtétet vezető aneszteziológus számára komoly kihívás a műtét különböző fázisaiban különböző éberségi szintek fájdalommentes biztosítása anélkül, hogy a beteg valóban mélyen elaludna. Az egész skalpot tartós hatású lokális anesztetikummal érzéstelenítjük, majd fejtartóban rögzítjük. Az izolálás átlátszó, hogy a beteggel mind vizuális, mind verbális kontaktus legyen. A feltáráshoz külön infiltráljuk a lágyrészeket, és a beteg szendérgésben marad. A kortex feltárása után a beteget a szedációból felengedjük, és jó kontaktus mellett célfeladatok végrehajtására kérjük, melyek beszédmotoros kéreg (Broca area) esetén leggyakrabban képmegnevezési feladatok. A feladatok végrehajtása közben a daganat és a környéki kéreg feltérképezését (mapping) végezzük el bipoláris ingerléssel. A beszédszervezésben részt vevő struktúra ingerlése esetén jellgezetesen beszédelakadást (speech arrest) vagy kifejezett afáziás választ kapunk, ilyenkor a reszekciót ebben a területben nem végezzük el. Egyébként a beteget a feladatok elvégzése után is folyamatosan beszélgetjük, és figyelünk az esetleges elakadásra vagy szócserekre. A daganattávolítás végeztével a szedáció ismét mélyíthető a lágyrészek zárásához (4. ábra).



**4. ÁBRA.** Éber műtét, bal oldali motoros beszédközpontoz közel daganat eltávolítása. Sebészi bemetszés skalpérezés-telenítésben, a kooperációt lehetővé tevő átlátszó izolálás (a). Intraoperatív kérgi ingerlés a beszédközpont kortikális lokalizálásához (b)

### GLIÓMÁK SEBÉSZETE

A gliómák a leggyakoribb primer agydaganatok (40-50%), melyek asztrocita- vagy oligodendrogliá-eredetűek, alacsony és magas malignitású formákban léteznek. Legmalignusabb típusuk a glioblasztóma (WHO grade 4), mely az emberi szervezet egyik legrosszabb prognózisú daganata (3). A gliómák osztályozása az elmúlt egy évtizedben sokat változott, ezt itt nem részletezzük, hiszen érdemben a sebészi indikációt és sebészi technikát ezek nem érintették. A legfontosabb leszögezni, hogy bár egyre növekvő evidencia szól amellett, hogy a gliómák radikális eltávolítása (GTR) bármely malignitási fokban a túlélést kedvezően befolyásolja [11–13], a gliómák alapvetően nem sebészi betegségek. A hosszú távú kilátásokat döntően az onkoterápiára adott válasz határozza meg. A felnőttkori gliómák alacsony malignitású formái (low-grade, WHO grade 2) sem benignus tumorok, a viszonylag hosszú, legtöbbször tünetmentes növekedést követően a tumorok malignus transzformációja mindig bekövetkezik, így ezek tulajdonképpen premalignus tumoroknak tekinthetők. A low-grade gliómák felismerésére általában epilepszia hététerében vagy incidentális leletként kerül sor. Operálható lokalizációban a korai műtéti eltávolítást szorgalmazzuk a régebben gyakrabban alkalmazott képpalkotó-követés helyett. Természetesen a magas malignitású (high-grade, WHO

grade 3 és 4) gliómák gyakran olyan gyorsan növekednek, hogy a betegek rövid anamnézis után helyi tünetekkel, vagy akár térszűkület és nyomásfokozódás tüneteivel kerülnek kivizsgálásra. Ilyen esetekben, ha műtéti úton nem oldjuk meg a térszűkületet, a betegek esélye sincs az onkoterápiáig eljutni. A gliómák nem sebészi természete mellett szól az is, hogy 2–5%-ban már primer jelentkezésükkor multifokálisak, akár két féltékében egyszerre jelenhetnek meg. Az onkoterápiát követően a recidívák pedig még jelentősebb hányadukban multifokális megjelenésűek. A klasszikus lebenygliómák általában girális betegségként indulnak, majd a szulkuszhatárok átlépésével több tekervényt infiltrálnak a felszínen, és a mélyben kúp alakban terjednek az embriónális korban használt neuronmigrációs útvonalak mentén, a kamrarendszer és az axiális struktúrák irányában. Az embriónális növekedési mintázat felismerhető a temporális kamraszarvtól mediálisan induló limbikus gliómák esetén, melyek a hippokampusz mentén csőszerűen hátra, felfelé, majd a talamuszt megkerülve a splenium corporis callosi és a cingulum felé propagálnak. Kellően radikális temporális műtét után a recidívák kialakulása is ezen limbikus struktúrák mentén várható. A lebenygliómák általában kellő radikálissal megoperálhatók. Egy részük viszont a corpus callosumot elérve és azt infiltrálva a komisszurális rostok



mentén az ellenoldalra is terjed, ezeket pillangógliómáknak nevezzük, s ezek a tumorok inoperábilisak. Az inoperabilitás nem feltétlenül technikai, hanem a corpus callosum kiterjedt érintettsége olyan rapid neurológiai és kognitív állapotrosszabbodást eredményez, amely műtéti eltávolítással sem javítható. Ezekben az esetekben csak sztereotaxiás mintavétel történik, ezt követi primer onkoterápia, ha a beteg állapota (még) megengedi [3, 11]. Mindenképpen figyelmet érdemelnek viszont azok a tumorok, melyeket könnyen pillangótumoroknak véleményeznek, de valójában a tumor azonos oldalon marad, csak a falx alatt herniálódik a másik oldalra és a corpus callosumot sem destruálja szélesen. Ezeket a tumorokat frontoaxiális tumoroknak nevezzük, melyek jól megoperálhatók, eltávolításukkal az utóbbi években igen kedvező tapasztalatokat szereztünk [5. ábra].

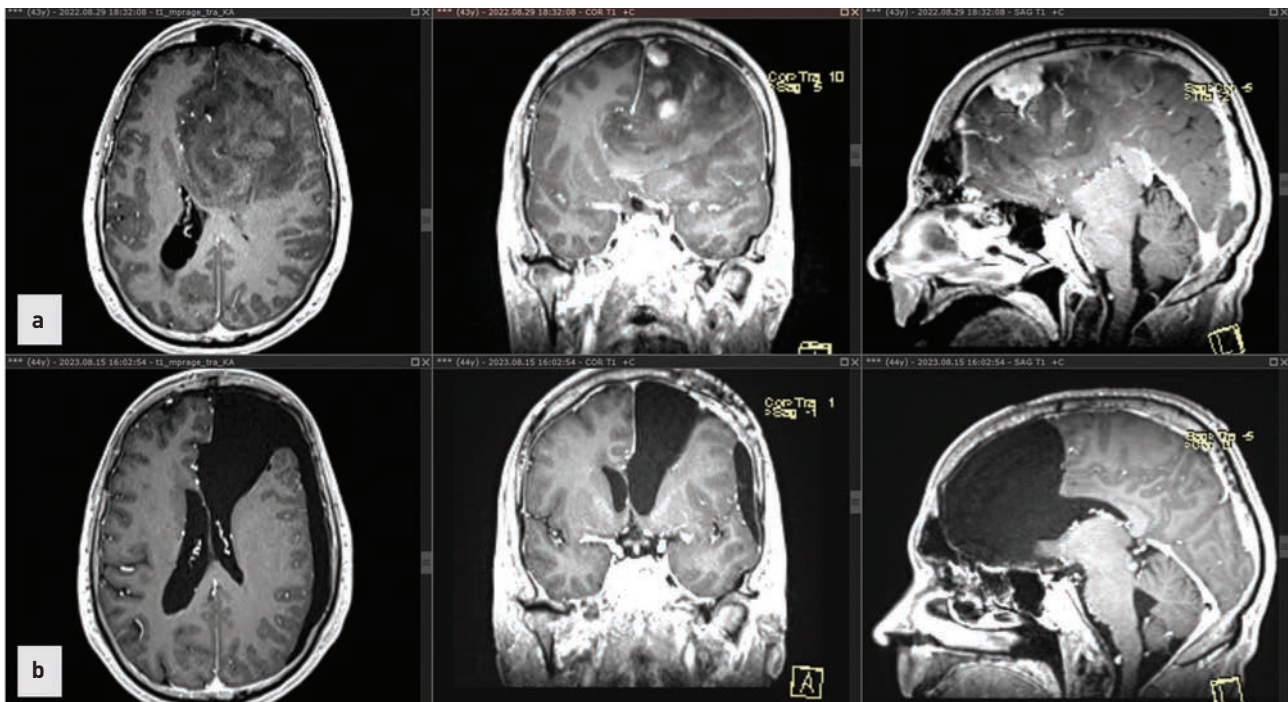
A gliómák sebészetében törekszünk a maximális biztonságos reszekcióra, ezért ebben a tumortípusban használható ki a modern idegsebészeti eszköztár teljes spektruma, hiszen itt nem állománytól jól elkülönülő és definitív határral rendelkező daganatot távolítunk el, mint a meningeómák vagy metasztázisok esetében, hanem egy bizonytalan infiltratív tumor-agy határban az állományon belül vagy funkciómegőrzés miatt tumorszövetben kell megállnunk. Malignus, vérzékeny tumor esetén ez gyakran nem lehetséges, a kóros vaszkularizációból származó vérzések csak a teljes daganatszövet eltávolítása után nyugszanak meg. Tervezetten részleges, elokvens területekben funkciómegtartó reszekcióra elsősorban az ép

állományhoz hasonló struktúrájú, nemritkán csak állagra, konzisztenciára megkülönböztethető low-grade gliómák esetén van lehetőség, ezért éber műtéteket is leggyakrabban ebben a daganattípusban végzünk.

### MENINGEÓMÁK

A meningeómák a második leggyakoribb primer idegrendszeri daganatok (30%), melyek elsődlegesen az arahnoidából indulnak ki, majd másodlagosan a közeli durafelszíneket neovaszkuarizációra készítve durális tapadást (hazai zsargonban mátrixot) alakítanak ki, melyen keresztül a tumor gyakran igen fejlett vérellátása kialakul [3]. Lassan, hosszú ideig tünetmentesen növekvő daganatok, melyek az agy lassú növekedést sokáig toleráló plaszticitása miatt jelentős méretűre tudnak növekedni. A már könnyen elérhető képzővizsgálatok ellenére is előfordul, hogy hosszú tünetmentes növekedést követően már csak igen nagy méretben kerül sor a felfedezésükre. A meningeómák döntően jóindulatú betegségek, WHO grade 1 vagy 2 formában jelentkeznek, a malignus meningeómák (WHO grade 3) nagyon ritkák, gyakoriságuk nem több mint 1–3%. A jóindulatú meningeómák klasszikus sebészi betegségek, radikális eltávolítással hosszú túlélés vagy teljes gyógyulás is elérhető.

A konvexitás és fisszurális (falx, tentórium) meningeómák sebészetében radikális eltávolításra törekszünk, ez az esetek jelentős részében kivihető. A radikalitáshoz a dura bellemében a tumort meghaladóan tovakúszó tumorfilm



5. ÁBRA. Radikálisan megoperált bal oldali, nagyméretű frontoaxiális malignus glióma preoperatív (a) és posztoperatív (b) kontrasztos, T1-súlyozott MR-képei

(dural tail), az infiltrált dura és néha a csont eltávolítása is hozzátartozik, ilyenkor a durahiányt kollagénből készített szintetikus durával, a csonthiányt primer csontcement plasztikával pótoljuk.

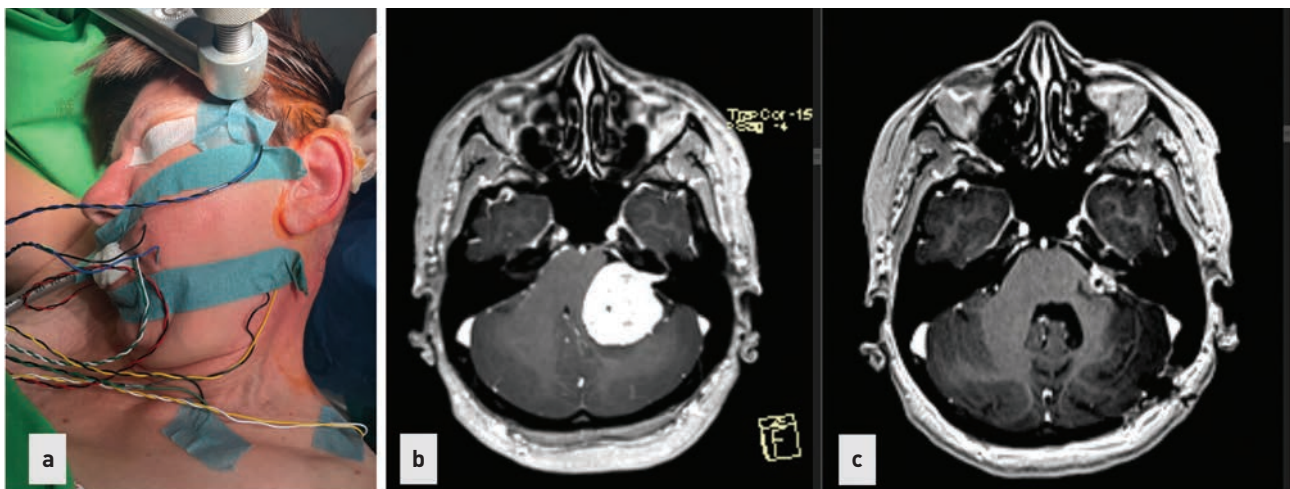
A bázismeningómák, különösen a paraszelláris vidék, a sinus cavernosus és a petroklivális régió meningeómái lassú növekedésük során agyidegeket, érkepleteket foghatnak be. Ezen tumorok radikális sebészi eltávolítása maradandó deficit nélkül legtöbbször nem lehetséges. Ha a tumor kicsi és követés során növekedést mutat, primeren sugársebészeti kezeléssel tartós lokális kontroll érhető el, lényegében újabb neurológiai deficit kockázata nélkül. Nagyobb tumor esetében elegendő lehet a tumort részlegesen megkisebbiteni úgy, hogy lehetőleg új neurológiai tünet ne alakuljon ki, és a maradványdaganatot sztereotaxiás sugársebészettel látjuk el, ezt (radiosurgery) tailored surgerynek nevezzük. Frakcionált (3–5 frakció) sztereotaxiás sugársebészeti módszerrel nagyobb térfogatú, irreguláris morfológiájú bázistumorok is eredményesen, alacsony morbiditással kezelhetők.

A meningeómák jelentős kóros érhálózatot tudnak fejleszteni, ezért itt a műtéti stratégia először a tapadás (mátrix) ellátását célozza, ezzel a tumor devaszkuarizálható, melynek hatására a daganat állagában is megváltozik, a környező elvezető vénák terhelése is csökken, mindez kíméletesebb és biztonságosabb körülményeket teremt a daganat-agy határ preparálásához, és a tumor eltávolításához. Extrém méretű tumoroknál, szelektív preoperatív endovaszkuarális embolizációval csökkenthető a vérellátás, a műtéti vérvesztés és vérigény.

### AGYIDEGTUMOROK SEBÉSZETE

Az agyidegtumorok leggyakrabban a VIII. (vesztibulokohleáris), ritkábban V. (trigeminusz) és az alsó agyidegcsoportból (IX., X., XI. agyidegek) indulhatnak ki, gyakoriságuk az

összes primer agydaganat között kb. 8% [3]. Szövettanilag benignus tumorok, schwannómák (WHO grade 1). Előfordulhatnak sporadikusan, illetve neurofibromatózisban (NF-1, NF-2). Az NF-2 típusra jellegzetes a kétoldali vesztibuláris schwannóma kialakulása. A trigeminuszt érintő tumorok trigeminuszneuralgiát, vagy az ideg ellátási területén érzészavart okozhatnak. A tumor a trigeminusz lefutása mentén kialakulhat a Meckel-tasakban, innen előrefelé (ventrálisan) paraszellárisan, a sinus cavernosusba, hátrafelé (dorzálisan) a pontocerebelláris ciszternába terjed, ilyenkor nagyobb méret esetén agytörzsi kompressziót okozhat. A vesztibuláris schwannóma (más néven akusztikus neurinóma) a VIII. agyideg daganata (6. ábra), mely kis intrameatális tumorként kezd növekedni, majd a tumor a meatusból eléri a pontocerebelláris ciszternát. Kis méretben a növekedés intraciszternális marad, nagyobb méretben a tumor benyomást képez a ponszon, végül diszlokálja azt, és később már a cerebelláris állományt is. Kraniokaudális növekedése során elérheti a trigeminuszt és az alsó agyidegeket is, de ezek az idegek a típusos akusztikus tumoroktól mikrosebészetiileg általában jól elválaszthatók. A problémát a nervus facialis jelenti, mely a tumor növekedése során megnyúlik és felrostozódik a tumortokban, attól szinte elkülöníthetetlenül. A posztoperatív morbiditás egyik legjelentősebb kockázata a műtétet követően kialakuló faciális parézis vagy plégia, mely az életminőséget jelentősen rontja, nemcsak kozmetikai okból, de a szemhéjzárás képtelensége korneasérüléshez, korneafekélyhez is vezet. Tünettanát a VII-VIII. agyidegkomplexum kezdetben irritatív (szédülés, tinnitus), későbbiekben kiesési tünetei (hipakuszisz, anacusisz, ritkán faciális parézis) dominálják. Nagyobb méret esetén agytörzsi, cerebelláris tünetek és likvorkeringési zavar (hidrokefalusz) jelenhet meg. Alsó agyidegekből ki-



**6. ÁBRA.** Bal oldali pontocerebelláris tumor (vesztibuláris schwannóma). Az n. facialis intraoperatív elektrofiziológiai monitorozása a mimikai izomzatba vezetett elektródákkal (a). Preoperatív (b) és posztoperatív (c) kontrasztos, T1-súlyozott MR-képek, tailored reszekció, megőrzött faciális funkció. A kevés reziduum később sugársebészettel ellátható

induló tumoroknál nyelészavar, nervus hypoglossus paresis alakulhat ki, nagyobb méret esetén tünetekben hasonlóan viselkednek, mint a vestibuláris schwannómák, de mivel a tumor nem a VIII. agyidegből indul ki, a hallás általában megtartott.

Kisméretű, agyidegekből kiinduló daganatok (<2,5 cm) ideálisan kezelhetők sztereotaxiás irradiációval, de nagyobb tumorok esetén (2,5–3,5 cm), amikor a nyitott műtét belszer-vi állapot, életkor miatt még magasabb kockázattal járna, frakcionált sztereotaxiás irradiáció is szóba jön.

Nagyobb méret esetén a hátsó skálai térszűkület és az agytörzs kompressziója miatt mikrosebészeti eltávolítás javasolt. Modern sebészeti elvek szerint a műtét alatt folyamatos agyideg-monitorozást végzünk, ezzel a tumortokban futó, anatómiailag gyakran nem is azonosítható n. facialis rostok lokalizálhatók és megkímélhetők, így az n. facialis funkciója jobb eséllyel őrizhető meg. Mivel ezek a daganatok sugársebészeti kezelésre jól reagálnak, a radikális eltávolítás helyett gyakran limitált műtétet végzünk, az agytörzstől csak strukturális károsodással vagy érsérüléssel eltávolítható tumorhéjat és az n. facialis rostjait tartalmazó tumorfal-részletet visszahagyjuk, és a reziduumot a későbbiekben

gyógyszeres, biológiai, immunterápiára, klasszikus frakcionált sugárkezelésre vagy sztereotaxiás sugársebészetre. A lokális sebészi vagy sugársebészeti ellátás indikációját mindig individuálisan, a primer tumor kezelésében jártas multidiszciplináris team (onkoteam) hozza meg, kevés kivétellel, amikor például a nagy, tünetképző metasztázis a betegség első manifesztációja és ez idegsebészeti sürgősséget jelent.

Az agyi metasztázisok kezelési stratégiájában a választóvonal már nem a sebészi és nem sebészi kezelés között, hanem a lokális agresszív kezelés (műtét, sztereotaxiás sugársebészet) és a szisztémás és/vagy palliatív kezelés (kemo-, immunterápia, teljes agyi besugárzás) között húzódik. A metasztázisok esetén a direkt sebészi eltávolítás és a sztereotaxiás sugársebészet lényegében azonos lokális tumorkontrollt (80%) eredményez (15). A rendszeres onkológiai restaging vizsgálatok során az agyi áttétek felfedezésére egyre nagyobb számban kis méretben, akár incidentális leletként kerül sor. Ilyen esetekben, szoliter vagy oligometasztikus betegség (2–4 tumor) esetén, hacsak diagnosztikus bizonytalanság nem áll fenn, az első választandó kezelés a sugársebészet. Tünetképző nagyobb áttétek esetén jön szóba inkább a műtét. A két modalitás közötti indikációs különbségek az 1. táblázatban láthatók (14).

**1. TÁBLÁZAT.** A műtéti és sugársebészeti kezelés indikációs különbségei agyi metasztázisok esetében

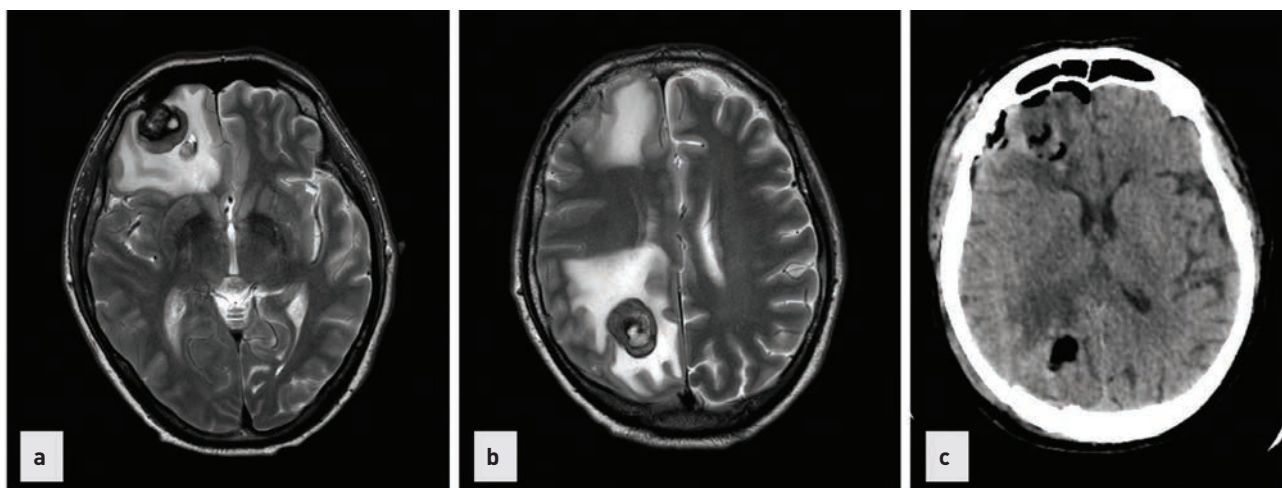
Műtét	Sugársebészet
szoliter (ritkán duplex)	szoliter vagy oligometasztázis (2–4)
méret >3 cm	méret <3 cm
szignifikáns térszűkület	térszűkület hiánya
jelentős ödéma	elokvens lokalizáció
neurológiai tünetek	intakt neurológia ( <i>per os</i> dehidráálással)
sebészileg hozzáférhető	másik, sugársebészetre alkalmas lézió(k)
sugárkezelés vagy sugársebészet utáni recidíva	gyenge általános állapot, altathatóság
ismeretlen szövettan, diagnosztikus bizonytalanság	beteg döntése
hátsó skálai lokalizáció	sugársebészet elérhetősége

sztereotaxiás irradiációval látjuk el. Hasonlóan alkalmazható sugársebészet recidívák kezelésére is, a korábban leírt mérethatárkorlátokkal.

### METASZTÁZISOK SEBÉSZETE

Az agyi áttétek a leggyakoribb agydaganatok (14, 15). A metasztázisok idegen szövetként viselkednek az agyállományban, attól mind állagukban, mind megjelenésükben általában jól elkülönülnek, és a gliómákhoz képest jól definiálható határokkal rendelkeznek, így az esetek nagy többségében ideális sebészi targetek. Az agyi metasztázisok multimodális kezelési mátrixában a sebészi eltávolítás csak egy terápiás lehetőség, a műtéti/sebészi indikációt számtalan faktor befolyásolja, beleértve az alapbetegség stádiumát, a primer tumor – ennek folytán a metasztázis – érzékenységét klasszikus és célzott

Mindenképpen leszögezendő, hogy a műtéti eltávolítás és a sugársebészet nem kompetitív, hanem kooperatív modalitások, melyek szükség esetén kombinálhatók. Például három felfedezett agyi metasztázis esetén a nagy, tünetképző metasztázist műtéttel eltávolítjuk, míg a másik két apró, tünetmentes metasztázist sztereotaxiás sugársebészettel látjuk el. Korábban egy ilyen beteg vagy primeren palliatív teljes agyi besugárzást (WBRT), vagy esetleg műtétet és azt követően WBRT-t kapott volna. Műtét és sugársebészet kombinációjával mind a három metasztázis kuratív ellátást kap, a palliatív WBRT ideje a betegség későbbi szakára kitolható. Kontrollált alapbetegség, jó általános állapot, kevésbé sugárérzékeny szövettan (melanóma, hipernefróma) esetén, ha a betegnek sugársebészeti mérethatárt meghaladó duplex metasztázisa van, a maximális lokális agresszivitás céljából



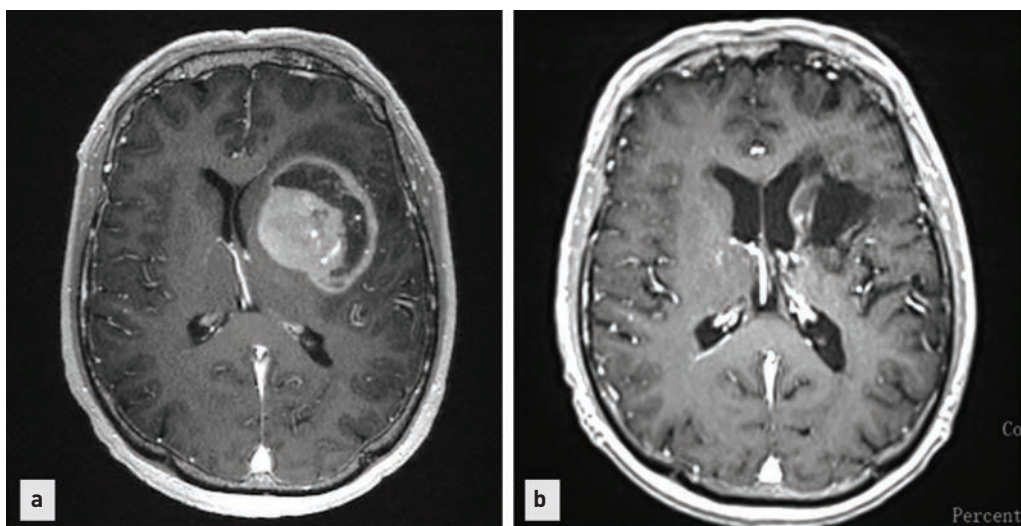
**7. ÁBRA.** Jobb frontális (a) és jobb parietális (b) veserák-metasztázisok egy ülésben, két kraniotómiából történő eltávolítása. Posztoperatív CT-vizsgálat a két műtési területtel (c)

akár egy ülésben végzett két kraniotómiából mindkét metasztázis eltávolítható (7. ábra).

Sebészi szempontból a metasztázisok a hematogén szóródásnak megfelelően általában kortikális, szubkortikális területeken jelentkeznek, bár ritkábban, de előfordulhatnak az agytörzsben, a kamrákban vagy a törzsdúcokban is. A döntően lebenyi elhelyezkedés és az állománytól való elkülönülés miatt sebészi eltávolításuk egyszerűbb, mint a gliómáké, sőt extra-axiális folyamatok lévén metasztázisok olyan helyről is eltávolíthatók (például törzsdúcok), ahonnan gliómák kevésbé vagy egyáltalán nem (8. ábra). A metasztázisok a gliómákkal ellentétben nem respektálják a szöveti határokat, így agyi ereket, durát, durakettőzeteket (falx),

sőt csontot is infiltrálhatnak, ilyen esetben a műtét utáni adjuváns sugárterápia valamilyen formája mindig indokolt. Újabb tanulmányok, amennyiben a lokalizáció ezt lehetővé teszi, a metasztázisok szupramarginális, kis ép övező állománnyal együtt való eltávolítását szorgalmazzák, a még jobb lokális tumorkontroll miatt. Nem elokvens környezetből, ép határokból reszekált agyi metasztázis esetén szoros képal-kötő-követés is elégséges.

Az agyi metasztázisok, még ha műtetre is kerülnek korai tünetképzés miatt, általában nem nagy méretűek és a konvexitás kortikális, szubkortikális területein helyezkednek el, ahol az anatómiai tájékozódási pontok szegényesek. Ezért metasztázisműtétek esetén a feltárás optimális



**8. ÁBRA.** Radikálisan megoperált, törzsdúcokban elhelyezkedő tüdőrák-metasztázis preoperatív (a) és posztoperatív (b) kontrasztos, T1-súlyozott MR-képei

helyének meghatározásához gyakran használunk neuro-navigációt, vagy cisztás tumorok esetén intraoperatív ultrahangot.

### KONKLÚZIÓ

Az agydaganatok műtéti eltávolítása a modern idegsebészet technikai lehetőségeit kihasználva biztonságos és kellően hatékony modalitás a neuroonkológiában. A maximális biztonságos reszekció benignus tumorokban teljes gyógyulást, metasztázisokban tartós lokális kontrollt, malignus állományi tumorokban az adjuváns komplex onkoterápiával kiegészítve életminőség-megőrzést és túlélési előnyt eredményez.

Agydaganatműtéteket olyan centrumokban javasolt végezni, ahol kellő sebészi tapasztalat, a high tech eszközpark által biztosított műtői környezet (nagy teljesítményű mikroszkóp, mikrosebészeti műszerpark, endoszkópia, intraoperatív monitorozás, éber műtétek feltételei, neuronavigáció és sztereotaxiás keret), valamint a komplex neuroonkológiai ellátást kooperációban lehetővé tevő multidiszciplináris szakmai környezet (onkológia, sugárterápia, intervenció és diagnosztikus neuroradiológia, neuropatológia) rendelkezésre áll.

### IRODALOM

1. Fatemi P, Zhang M, Miller KJ, et al. How intraoperative tools and techniques have changed the approach to brain tumor surgery. *Curr Oncol Rep* 20:89, 2018
2. Parney IF, Berger MS. Principles of brain tumor surgery. *Handb Clin Neurol* 104:187–213, 2012
3. Bagó AG, Czirják S, Fedorcsák I, et al. Az agy daganatos megbetegedései. In: *Az idegsebészet alapjai*. Ed. Banczerowski P, Vajda J. Medicina Könyvkiadó Zrt., 2022, pp. 113–196
4. Hervey-Jumper SL, Berger MS. Maximizing safe resection of low- and high-grade glioma. *J Neurooncol* 130:269–282, 2016
5. Bagó A, Fedorcsák I, Nyáry I. A neuronavigáció és szerepe a modern idegsebészetben. Új módszer ismertetése – az első hazai tapasztalatok. *Ideggy Szle/Clin Neurosci* 53:1–2, 20–27, 2000
6. Hu S, Kang H, Baek Y, et al. Real-time imaging of brain tumor for image-guided surgery. *Adv Healthc Mater* 7:e1800066, 2018
7. Schupper AJ, Rao M, Mohammadi N, et al. Fluorescence-guided surgery: a review on timing and use in brain tumor surgery. *Front Neurol* 12:682151, 2021
8. Potgieser AR, Wagemakers M, van Hulzen AL, et al. The role of diffusion tensor imaging in brain tumor surgery: a review of the literature. *Clin Neurol Neurosurg* 124:51–58, 2014
9. Brown T, Shah AH, Bregy A, et al. Awake craniotomy for brain tumor resection: the rule rather than the exception? *J Neurosurg Anesthesiol* 25:240–247, 2013
10. Dziedzic T, Bernstein M. Awake craniotomy for brain tumor: indications, technique and benefits. *Expert Rev Neurother* 14:1405–1415, 2014
11. Tate MC. Surgery for gliomas. *Cancer Treat Res* 163:31–47, 2015
12. Verburg N, de Witt Hamer PC. State-of-the-art imaging for glioma surgery. *Neurosurg Rev* 44:1331–1343, 2021
13. Sales AHA, Beck J, Schnell O, et al. Surgical treatment of glioblastoma: state-of-the-art and future trends. *J Clin Med* 11:5354, 2022
14. Mut M. Surgical treatment of brain metastasis: a review. *Clin Neurol Neurosurg* 114:1–8, 2012
15. Proescholdt MA, Schödel P, Doenitz C, et al. The management of brain metastases-systematic review of neurosurgical aspects. *Cancers* 13:1616, 2021