

A hibrid műtő előnyei idegsebészeti műtétek során

Kezdeti tapasztalatok a Szegedi Idegsebészeti Klinikán

Németh Tamás dr.¹ ■ Márkos-Gergely Gellérd dr.¹ ■ Varga Ádám dr.¹
Hausinger Péter dr.^{1, 2} ■ Majoros Valéria dr.³ ■ Barzó Pál dr.¹

¹Szegedi Tudományegyetem, Szent-Györgyi Albert Orvostudományi Kar, Idegsebészeti Klinika, Szeged

²Szegedi Tudományegyetem, Szent-Györgyi Albert Orvostudományi Kar,
Belgyógyászati Klinika – Invazív Kardiológia, Szeged

³Szegedi Tudományegyetem, Szent-Györgyi Albert Orvostudományi Kar,
Aneszteziológiai és Intenzív Terápiás Intézet, Szeged

Bevezetés: A szegedi Idegsebészeti Klinikán 2019 novemberében robotkarral működő angiográfias készülékkel ellátott hibrid műtő kezdte meg működését.

Célkitűzés: Több mint egyéves tevékenységének eredményeiről és tapasztalataink alapján a hibrid műtő idegsebészeti műtétek történő alkalmazásának előnyeiről számolunk be.

Módszer: 2019. 11. 15. és 2021. 03. 01. között összesen 576 műtétből 332 neurointervenció és 244 koponya- és gerincműtét történt. A Siemens ARTIS pheno[®] készüléket mint angiográfias készüléket használva történt a műtőben csak katéteres, csak sebészi, de számos esetben kombinált ellátás is. Az ARTIS pheno[®] készüléket a sokoldalúságának köszönhetően használtuk mint fejlett képalkotó vizsgálatkészüléket is, valamint alkalmaztuk navigációra gerincműtétknél, intraoperatív és posztoperatív vizsgálatokra.

Megbeszélés: Az elmúlt hónapok eredménye alapján beavatkozásainkat három kategóriára osztottuk az adott beavatkozás hibrid műtőben történő elvégzésének szükségessége alapján: (1) kifejezetten javasolt, (2) ajánlott és (3) előnyös. *Kifejezetten javasolt*, amikor mind a két teamnek (sebészi és intervenció) együttesen részt kell vennie a műtétben; *ajánlott*, amikor a két team nem vesz részt ugyan egyszerre a műtétben, de bármikor szükségessé válhat a beavatkozásban éppen részt nem vevő team segítsége; továbbá lehet *előnyös*, ez a kategória a leggyakrabban a műtéti sebzárás előtti képalkotó vizsgálat elkészítésének lehetőségét jelenti.

Következtetés: Eddigi tapasztalataink alapján a hibrid műtő jelentős segítséget nyújt az idegsebészeti ellátásban, számunkra a mindennapi ellátás részévé vált, ez alapján úgy gondoljuk, hogy nélkülözhetetlen egy idegsebészeti centrum munkájában.

Orv Hetil. 2023; 164(43): 1701–1711.

Kulcsszavak: hibrid műtő, kombinált műtétek, Siemens ARTIS pheno[®], vascularis malformatio, neuronavigáció

The benefits of a hybrid operation room in neurosurgery

Initial experiences in the Neurosurgery Department, University of Szeged, Hungary

Introduction: The hybrid operation room – with a robotic arm equipped angiographic device – started its operation in November 2019 at the Department of Neurosurgery, Szeged, Hungary.

Objective: We report the benefits of the hybrid operation room in the neurosurgery practice based on our results and experiences of the last 1.5 years.

Method: 576 operations took place between 15. 11. 2019 and 01. 03. 2021, which include 332 neurointerventions and 244 skull-brain and spine surgeries. By using Siemens ARTIS pheno[®], we performed purely catheter only interventions or surgical only interventions, but combined treatments were also performed in several cases (catheter and surgical intervention). Thanks to ARTIS pheno[®] versatility, it is used as a modern imaging system in preoperative examination or as navigation system in spine surgery and control imaging for intra- and postoperative examinations.

Discussion: We created three categories based on the results of the last months according to the need of using the hybrid operation room for the given operation: (1) strongly recommended, (2) recommended, (3) advantageous.

Strongly recommended: if the two teams (surgical and interventional team) have to work together during the operation. *Recommended:* if the two teams are not participating together in the operation, but the other team is on standby and may join the operation if necessary. *Advantageous:* this category means the possibility of performing control imaging before the wound closure.

Conclusion: Based on our experience, the hybrid operation room provides significant help in neurosurgery. It has become part of our daily care, and we think it is indispensable in the work of a neurosurgery center.

Keywords: hybrid operation room, combined operation, Siemens ARTIS pheno[®], vascular malformation, neuronavigation

Németh T, Márkos-Gergely G, Varga Á, Hausinger P, Majoros V, Barzó P. [The benefits of a hybrid operation room in neurosurgery. Initial experiences in the Neurosurgery Department, University of Szeged, Hungary]. *Orv Hetil.* 2023; 164(43): 1701–1711.

(Beérkezett: 2023. június 28.; elfogadva: 2023. július 15.)

Rövidítések

3D = háromdimenziós; 4K = (K = kilo [thousand]) a digitális videoformátumok gyűjtőneve, amelyek vízszintes felbontása kb. 4×1000 pixel; CT = (computed tomography) komputer-tomográfia; DSA = digitális szubtrakciós angiográfia; full HD = (full high definition) 920×1080 pixel felbontású; IP = internetprotokoll; OLIF = (oblique lumbar interbody fusion) ferde ágyéki fúzió; PET = pozitronemissziós tomográfia; PLIF = (posterior lumbar interbody fusion) hátsó ágyéki fúzió; PTA = (percutaneous transluminal angioplasty) percutan transluminális coronaria-angioplasztika; SCS = (spinal cord stimulation) gerincvelő-stimuláció; TLIF = (transforaminal lumbar interbody fusion) transforaminalis ágyéki fúzió

A hibrid műtő a legáltalánosabb értelmezése szerint egy olyan, fejlett képalkotó vizsgálóeljárással felszerelt műtő, amelyben lehetővé válik bonyolult műtéti eljárások elvégzése anélkül, hogy a beteget egyik műtőből a másikba kellene átszállítani [1].

A hibrid műtők szükségességét több mint két évtizeddel ezelőtt kardiológusok és szívsebészek hangsúlyozták; kezdetben bonyolult coronariaintervenciókra és coronariaműtétekre tervezték, de igazán a katéteres aortabílytűcsere-beavatkozások elterjedésével vált jelentősebbé [2]. Magyarországon hibrid műtő létesítése először 2015-ben történt, a Városmajori Szív- és Érgyógyászati Klinikán [3]. Idegsebészeti ellátásban először Szegeden vált elérhetővé a kombinált, neurointervenciós és idegsebészeti beavatkozásokat lehetővé tevő hibrid műtő, mely 2019. november 15-én kezdte meg működését [4]. Az idegsebészet koncepciójában a hibrid (vagy kombinált) műtétek a leggyakrabban az intraoperatív angiográfia alkalmazását jelentik cerebrovascularis beavatkozások során [5]. A kombinált műtéteket is lehetővé tevő ARTIS pheno[®] (Siemens Healthcare GmbH, Erlangen, Németország) készüléknek és a műtő megfelelő kialakításának köszönhetően a műtő megnyitása óta szinte folyamatos benne a betegellátás a nap 24 órájában. Tapasztalatainkról, eredményeinkről és eddigi következtetéseinkről szeretnénk az alábbi sorokban beszámolni.

A hibrid műtő

A hibrid műtő speciális műtőkialakítást és eszközigényt tesz szükségessé, nagy helyigénye mellett fontos a röntgensugár-átengedő karbonszál asztal és fejtartó. A legfontosabb tartozéka viszont a hibrid műtétekre is alkalmas sokfunkciós angiográfias készülék [5–7].

Miután a hibrid műtőnek alkalmasnak kell lennie a komplikált neurointervenciós beavatkozásoknak és a bonyolult, transcranialis műtéteknek akár egy időben való végzésére, ezek komplex kiszolgálása miatt átgondolt kialakításra és a szokásosnál jóval nagyobb helyre van szükség. A műtő alapterülete 58 m^2 , a vezérlőszobával és az előkészítővel együtt 89 m^2 . A nagy alapterület és a jelentősen megnövelt belmagasság az alapfeltétele annak, hogy a konzolok és a légtechnika optimális elhelyezése mellett a sebészi-neurointervenciós-aneszteziológiai team megfelelő mozgástérrel bírjon ahhoz, hogy akadálymentesen el tudja látni feladatát.

A mennyezetre szerelt 2 db 55 hüvelykes, az ARTIS pheno[®] felvételeit megjelenítő monitor mellett 4 db, falba süllyesztett monitor (2 db 55 hüvelykes 'full HD' érintőképernyős, 2 db 42 hüvelykes 4K-monitor) gondoskodik arról, hogy a beavatkozás alatt alkalmazott endoszkóp és/vagy mikroszkóp által készített felvételek megtekinthetők legyenek, és így a beavatkozás az asszisztencia és az aneszteziológiai team, a szakorvosjelöltek számára is követhető legyen. Az oktatásra külön hangsúlyt fektetve a műtétek figyelemmel kísérhetők a műtők kamerái és az eszközök IP-cím alapú elérése által akár valós időben, így a műtét a hallgatóság részére könyvtárunkban magyarázható vagy kollégákkal megvitatható.

A műtő elengedhetetlen tartozéka a már említett sugáráteresztő (karbonszál) műtőasztal (Magnus OR Table System, Maquet GmbH, Rastatt, Németország) és a sugáráteresztő szögös fejtartó rendszer (DORO[®] Radiolucent Headrest System, Pro-Med Instrumente GmbH, Tuttlingen, Németország). A műtéti beavatkozást segíti a KINEVO mikroszkóp (Carl Zeiss Meditec AG, Jéna, Németország), mely a StealthStation S8-as navigációs

rendszerrel (Medtronic, Minneapolis, MN, USA) összekapcsolva nagy biztonsággal vezeti a sebész kezét műtét közben. A navigáció szükség esetén kiegészíthető a robotfunkcióval, mely a funkcionális, illetve a traktográfias képeket használva további biztonságot jelent az operáló orvos számára. Az elokvens régiókban elhelyezkedő tumorműtétek szövődményeinek csökkentését tovább segíti a rutinszerűen használt elektrofiziológia-monitorizálás (NIM-ECLIPSE® E4 SD Nerve Monitoring System, Medtronic) [5–11].

Angiográfias berendezés, Siemens ARTIS pheno®

Az ARTIS pheno® (Siemens Healthcare GmbH) 6 tengely mentén mozgatható robotkarral rendelkező röntgenső – 'flat-panel' (sík képernyős) detektorrendszer –, amely nagy mozgékonyágának köszönhetően beállítható úgy, hogy a sebészi és az intervenciós team egyszerre

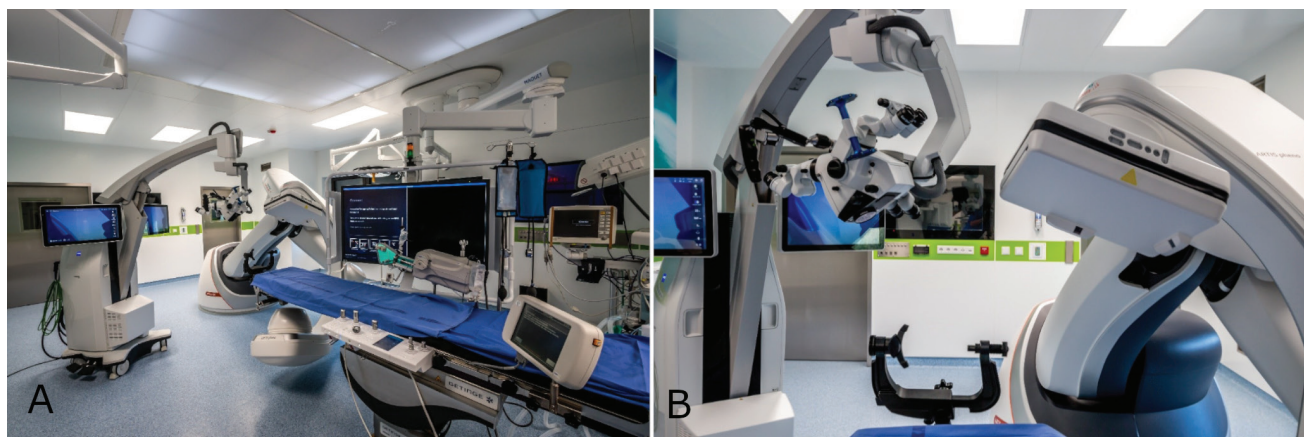
tudjon részt venni a beavatkozásban. A készülék akár 90°/s forgási sebességgel, másodpercenként akár 90 felvétel készítésére képes a 3D rekonstrukciós felvételekhez. A beavatkozás nyomon követését 55 hüvelykes, 8 megapixeles 4K-monitor biztosítja, melyből kettő áll rendelkezésre, hogy mind az intervenciós, mind a sebészi team egyszerre követhesse a beavatkozást (1. és 2. ábra). A széles körű alkalmazást számos új technológia segíti, melyek közül a következőket említenénk részletesebben: large-volume syngo DynaCT, Needle Guidance technology, syngo iFlow, syngo DynaPBV Neuro, syngo Dyna4D (Siemens) [8, 12, 13].

Nagy térfogatú angiográfias CT (large-volume syngo DynaCT)

E funkció óriási előnye, hogy a megszokott „hagyományos”, azaz multidetektoros CT-vizsgálatokhoz hasonló felvételt hoz létre, mindezt úgy, hogy a beteget nem kell



1. ábra | Felvétel a műtőről (az angiográfias készülék „parkoló” pozícióba állítva, csak sebészeti ellátásra készülve (A). A műtő endovaszkuláris beavatkozás során, látható a „C” ív, mely a robotkarnak köszönhetően a műtő egyik sarkából benyúlik a műtőasztal fölé, valamint az angiográfias felvételek megtekintésére szolgáló 55 hüvelykes 4K-monitor (B)



2. ábra | Kombinált műtétek esetén a szén-dioxid fejtartó és asztal használatával, valamint az angiográfias készülék robotkarjának köszönhetően a két team akár egyszerre tud beavatkozást végezni (A). Egy lehetséges műtéti felállás. Ebben az esetben például a robotkar a beteg bal oldala felől, a mikroszkóp és így a sebészi team a beteg jobb oldala felől helyezkedik el a fej körül. Természetesen ellenoldali műtét esetén a felállás tetszés szerint megcserélhető (B)

a műtőből CT-vizsgálatra szállítani, sőt meg sem kell mozdítani a műtőasztalon. Ez óriási előny egy beavatkozás előtt, után vagy akár közben jelentkező szövődmény gyors kontrollálására (például intracranialis vérzés esetén), illetve ez a vizsgálat az alapja a 'Needle Guidance' technikának, amely valós idejű intraoperatív navigációt tesz lehetővé. Nagy térfogatú, mert 43 cm átmérővel 17,5 cm hosszú henger leképzesét teszi lehetővé, azaz a teljes nyaki vagy lumbalis gerincszakasz egyben történő felvétele is lehetséges [8, 12, 13].

Syngo „tűvezető” technológia (syngo Needle Guidance technology)

Ez a készülék saját navigációs rendszere, mely lehetővé teszi tű, illetve más szűrő- vagy fűrészköz útvonalának megtervezését. Az eszköz bevezetési pontját lézerpont jelzi a beteg bőrén, majd az eszköz a behelyezése során végig követhető, és az előre megtervezett útvonalon történő haladás ellenőrizhető. Segítségével agykamrát, intracerebralis haematomát lehet megszüntetni, végezhető tumorbiopszia e funkció segítségével, valamint stabilizációval járó gerincműtéteknél trokár vagy stabilizációs csavar bevezetésében nyújt segítséget, mindezt úgy, hogy az asztal pozíciójának változtatását is képes követni a navigációs rendszer, azaz navigációs rendszerként is funkcionál [8, 12, 13].

Syngo áramlásmérés (syngo iFlow)

Színes felvételt hoz létre a kontrasztanyag erekben való áthaladásának időbeli lefolyása alapján. Segítségével mechanikus thrombectomia előtt és után méréseket lehet végezni a distalisabb érágak keringésének megítélésére. Ez különösen fontos aneurysmák akár műtéti, akár endovascularis ellátása közben veszélybe került érágainak ellenőrzésére. E „védelmi” funkciónak köszönhetően lehetővé válik az aneurysmaklip vagy a még le nem választott spirál időben történő újrapozicionálása vagy eltávolítása az ér keringésének megőrzésére [8, 12, 13].

'Flat-panel' (angiográfiás) CT-perfúzió (syngo DynaPBV Neuro)

A módszer vértérfogatmérésre alkalmas, például a 6 órán túli akut nagyérelzáródással járó stroke-esetekben használt CT-perfúziós vizsgálatához hasonlóan a csökkent vértérfogat kimutatására alkalmazható, valamint a beavatkozás után közvetlenül a thrombectomiás eredmény perfúziós vizsgálattal is mérhető, ugyanis a hipoperfundált terület mértékéből meghatározható a véglegesen károsodott agyterület nagysága (ischaemiás core) [8, 12, 13].

Dinamikus 3D angiográfiás vizsgálat (syngo Dyna4D)

Agyi arteriovenosus malformációk ellátásakor gyakran több irányból készített DSA-felvétellel tudjuk az elváltozást pontosan feltérképezni, a tápláló ereket és a nidusból távozó elvezető vénákat beazonosítani. A „hagyományos” 3D DSA-vizsgálat gyakran nem segít, mert egyszerre mutatja az összes tápláló és elmenő vénát, ami megnehezíti egy nagy arteriovenosus malformatio pontos feltérképezését. Ezzel a funkcióval azonban úgy érhető el 3D DSA-felvétel, hogy a felvételek utófeldolgozása után nemcsak egy statikus 3D felvételt, hanem a kontrasztanyag beáramlásának folyamatát (időbeli lefolyását) is látjuk. Az egyik leghasznosabb vizsgálati módszer, melyre az arteriovenosus malformatio gyakoriságát tekintve ritkán van szükség, de ha alkalmazni kell, akkor mind a beteg, mind az orvos számára jelentősen fokozza a beavatkozás biztonságát az arteriovenosus malformatio többfázisú 3D rekonstrukciója miatt [8, 12, 13].

Betegek

2019. 11. 15. és 2021. 03. 01. között összesen 576 műtét történt, melyek közül 332 neurointervenció beavatkozás és 244 koponya- és gerincműtét volt. A neurointervenció beavatkozások alatt 114 esetben mechanikus thrombectomia, 117 esetben carotisintervenció (PTA/sztent), 55 esetben intracranialis aneurysmaellátás, 6 esetben arteriovenosus malformatio embolisációja, 2 esetben arteriovenosus fistula ellátása, valamint 38 alkalommal tumorembolisatio történt.

A 244 koponya- és gerincműtétekből 1 esetben cranio-plastica, 4 esetben subduralis haematoma eltávolítása, 21 alkalommal intracranialis tumorműtét – melyek közül 3 endoszkópasszisztált beavatkozás volt –, a vascularis műtétek közül 1 extra-intra cranialis bypassműtét és 13 endarterectomia történt. A liquorkeringési zavar megoldása 4 alkalommal ventriculoperitonealis shunt műtéttel, 2 alkalommal a III. agykamra fenestrációjával történt.

A gerincműtétek közül 3 alkalommal thoracalis intraduralis tumor eltávolítása, a stabilizációs műtétek közül 1 esetben OLIF- (oblique lumbar interbody fusion), 40 esetben TLIF- (transforaminal lumbar interbody fusion), 1 esetben PLIF- (posterior lumbar interbody fusion), 6 esetben cervicalis szakaszon végzett stabilizációs műtét, 64 esetben lumbalis porckorongsérvműtét, 1 alkalommal interspinosus implantátum behelyezése, valamint 14 alkalommal gerincscatorna-szűkületben végzett dekompresziós beavatkozás történt.

A funkcionális idegsebészeti műtétek közül 55 esetben thermofacetectomiás kezelés, 6 esetben SCS (spinal cord stimulation) implantátum behelyezése és 4 esetben kéztő-alagút-szindróma miatti dekompresziós műtét történt.

Esetismertetések

Az alábbiakban néhány olyan esetet mutatunk be, amely-nél a hibrid műtő által adott komplex betegellátás jelen-tősen javította a sikeres műtét elvégzésének esélyét, illet-ve életmentő volt.

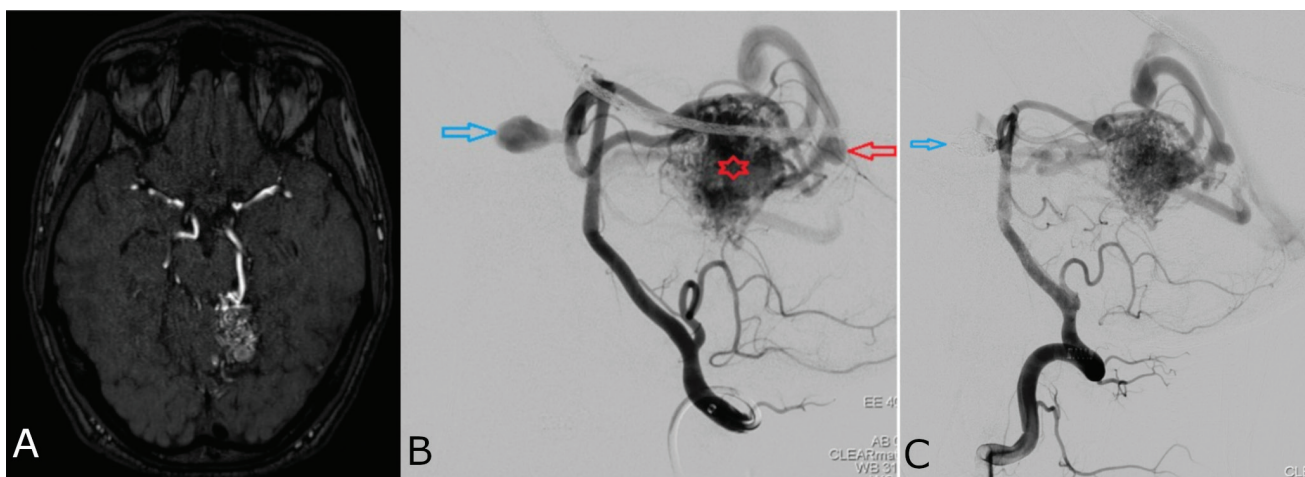
Kezdeti intervenció után sebészi megoldás

1. eset: A 34 éves férfi infratentorialisan elhelyezkedő, a bal arteria (a.) cerebelli superior által táplált többszörös nidalis aneurysmát, az elvezető vénákon szűkületet és tá-gulatot is tartalmazó arteriovenosus malformatiójának eltávolítását végeztük el kombinált műtét során. Az arte-riovenosus malformatiót tápláló éren műteti úton nehe-zen megközelíthető és az arteriovenosus malformatio

ellátása közben vérzési kockázatot jelentő 'flow-directed' aneurysma is kialakult, melynek endovascularis műtéti ellátása történt, majd ezt követően egy ülésben az endo-vascularis ellátás után a malformatio műtéti eltávolítása is megtörtént. Ez utóbbit még a sebzés előtt kontroll-angiográfiával ellenőriztük. Műtét után a beteg koordi-nációs zavara fokozódott, de fél évvel a műtét után pa-naszmentessé és munkaképpé vált (3. és 4. ábra).

Thrombectomia: a. carotis interna és a. cerebri media elzáródás (tandem laesio) kombinált katéteres és műtéti ellátása

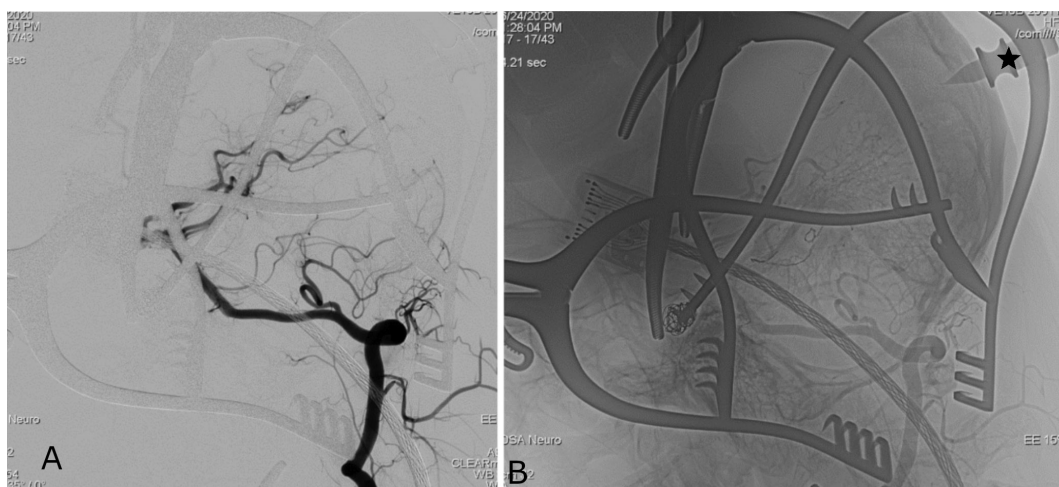
2. eset: 79 éves nőbetegünkönél akut stroke ellátása tör-tént súlyos jobb oldali hemiparesis és sensomotoros aphasiás zavar miatt. A képalkotó vizsgálatok az a. carotis



3. ábra

Háromdimenziós TOF-MR-felvétel mutatja az infratentorialisan elhelyezkedő bal oldali arteriovenosus malformatiót (A). Katéteres angiográfiai fel-vételen az arteriovenosus malformatio (piros csillag), a tápláló éren kialakult 'flow-directed' aneurysma (kék nyíl), valamint az elvezető vénán lévő tágulat (piros nyíl) (B). Az aneurysma katéteres úton, leválasztható spirálokkal történt ellátása utáni arteriográfiás kontroll (kék nyíl), melyet követően az arteriovenosus malformatio műtéti ellátása megkezdődött (C)

TOF = repülési idő; MR = mágneses rezonancia



4. ábra

Az arteriovenosus malformatio ellátása után közvetlenül még a műtéti seb zárása előtt újabb angiográfias felvételek készültek az arteriovenosus mal-formatio teljes eltávolításának ellenőrzésére (A). Látható a koponyacsont rögzítésére szolgáló karbonszálal fejtartónak a rögzítőszöge, valamint a seb feltárására szolgáló önfeltárók (B) (csillaggal jelöltük a karbonszálal Mayfield fejtartó koponyarögzítő csavarját)

interna eredésének, valamint az a. cerebri media kezdeti szakaszának elzáródását igazolták, vagyis tandem laesiót. Mechanikus thrombectomiát kezdtünk, katéteres úton azonban az a. carotis interna megnyitása sikertelen volt, mikrodróttal nem lehetett az elzáródást okozó thrombuson átjutni, ezért carotisendarterectomia, műtéti thrombectomia mellett döntöttünk. A sikeres endarterectomia után a megnyitott a. carotis internán keresztül aspirációs katétert vezettünk fel egészen a bal a. cerebri media kezdeti szakaszáig, az elzáródást okozó thrombusig, és azt aspiráltuk. A kezelés eredményeként mind az a. carotis interna, mind az a. cerebri media megnyílt, keringésük teljesen helyreállt. A beteg állapota a műtétet követő napon még csak kismértékben javult, egy héttel később jelentős javulás jelentkezett, rehabilitációs kezelés történt. Két hónappal a beavatkozás után segítség nélkül, önállóan jelentkezett kontrollvizsgálatra, enyhe beszédzavar maradványtüneteivel. Egy műtőben, a beteg másik műtőbe történő szállításából adódó idővesztés nélkül tudtuk elvégezni a beavatkozásokat, gyorsabbá téve a betegellátást, ami stroke esetén különösen fontos (5. ábra).

Sebészi megoldást elősegítő vagy annak szövődményét elhárító intervenció

Vérzékeny, illetve sebészileg nehezen eltávolítható meningeomák kombinált ellátása

3. eset: A 70 éves nőbetegnél a sinus sagittalis superiorot komprimáló meningeoma eltávolítása előtt történt katéteres angiográfia kettős célból: egyrészt a környezetében

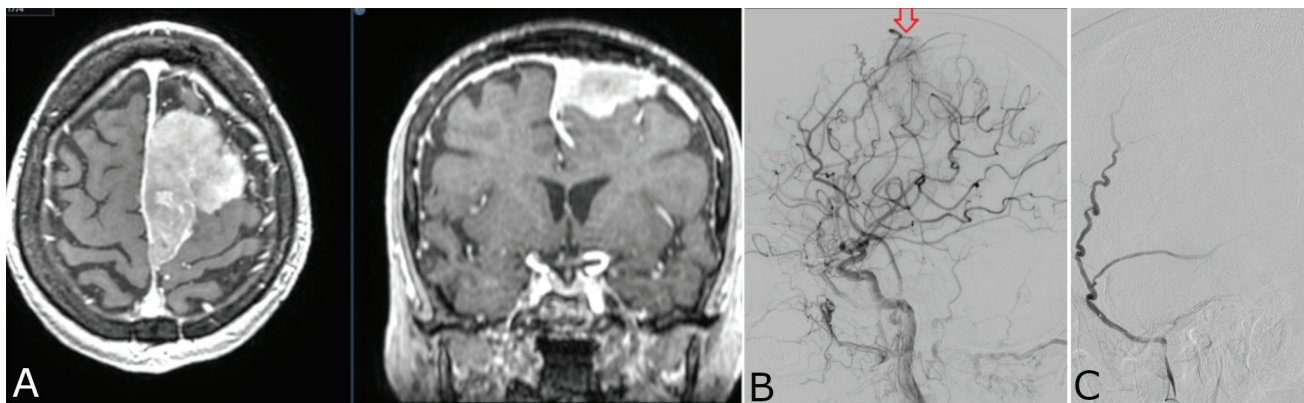
– a sinus keringési zavara miatt – a megerősödött corticalis vénák elhelyezkedésének, a tumorhoz való kapcsolatának megítélésére, másrészt a tumor vérellátásának csökkentésére. Az a. meningea media ága parietalis ágából történt embolisatio, majd ezt követően a tumor sebészi eltávolítása egy ülésben (6. ábra).

Vérzékeny bázistumor (koponyaalapi infiltrációt okozó epipharynx tumor ellátása)

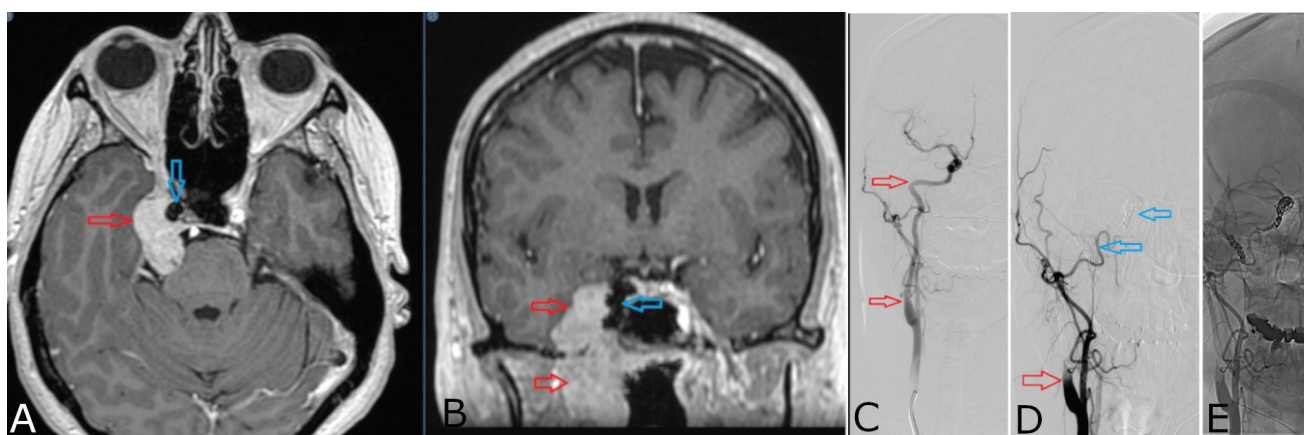
4. eset: A 37 éves nőbetegnél az epipharynxból egészen a koponyaalapig terjedő tumoros elváltozás igazolódott. Biopszia történt, mely carcinoma adenoides cysticumot igazolt. Az elváltozás körbevette a jobb oldali a. carotis interna koponyaalapon elhelyezkedő, sziklacsontba futó szakaszát. A tumor teljes eltávolítása az a. carotis interna eltávolításával együtt volt lehetséges. Tekintettel a beteg fiatal korára, a távoli áttétektől való mentességre és a szinte panaszmentességre – a jobb arcfél enyhe zsibbadásának kivizsgálása során került felismerésre az elváltozás – teljes tumoreltávolításra törekedtünk. A beavatkozás első részében éber állapotban carotis-tesztocclusiót végeztünk: 30 percen át ballonnal zártuk átmenetileg a jobb a. carotis internát; a beteg tünet- és panaszmentes volt ez idő alatt, köszönhetően a Willis-kör és az egyéb kollaterálisok jó működésének. A sikeres tesztocclusio után véglegesen lezártuk az eret (leválasztható spirálokkal), és ezt követően a koponyaalapot infiltráló tumort, a lezárt érszakasszal együtt, különösebb vérvesztés nélkül sikerült a sebészi teamnek eltávolítani. A beavatkozás után betegünknek jobb oldali oculomotorius paresis



5. ábra | Meszes szűkület, a bal a. carotis interna elzáródása (a piros nyíl az elzáródott érre mutat), melyen mikrodróttal nem jutottunk át (A). Endarterectomia után a bal a. carotis interna megnyílt, látható a bal a. cerebri media kezdeti szakaszának elzáródása, melyet endovascularisan nyitottunk meg, aspirációs thrombectomiával (B). A beavatkozás végén a bal a. carotis interna teljes szakasza és az a. cerebri media teljes ágrendszere telődik (C)



6. ábra | Axiális síkú felvétel a kontrasztanyagot élénken halmozó bal oldali parasagittalis meningeomáról (A). Koronális síkú felvétel a meningeomáról embolisatio előtt. A piros nyíl a parasagittalis elhelyezkedő vaszkularizált tumorra mutat (B). Az embolisatio után a tumor vérellátása jelentősen csökkent (C)



7. ábra | A koponyaalapot is infiltráló tumoros elváltozás (piros nyíl), mely körbefogja az a. carotis internát (kék nyíl), axiális (A) és koronális (B) felvételen. A tesztocclusio előtt a piros nyíl a jobb oldali a. carotis internát mutatja a nyaki és az intracranialis szakaszon (C). Érlezárási utáni felvétel. A lezáráshoz használt spirálokat a kék nyíl mutatja (D). A háttér visszaadásával a spirálok jobban láthatók a felvételen (E)

alakult ki. Fokozatosan mobilizáltuk, két hét múlva jó általános állapotban távozott klinikánkról; a kontroll PET/CT felvételeken residuális tumor nem mutatkozott, távoli áttét nem igazolódott (7. ábra).

Bázistumorok, melyeknél fokozott az érsérülés esélye

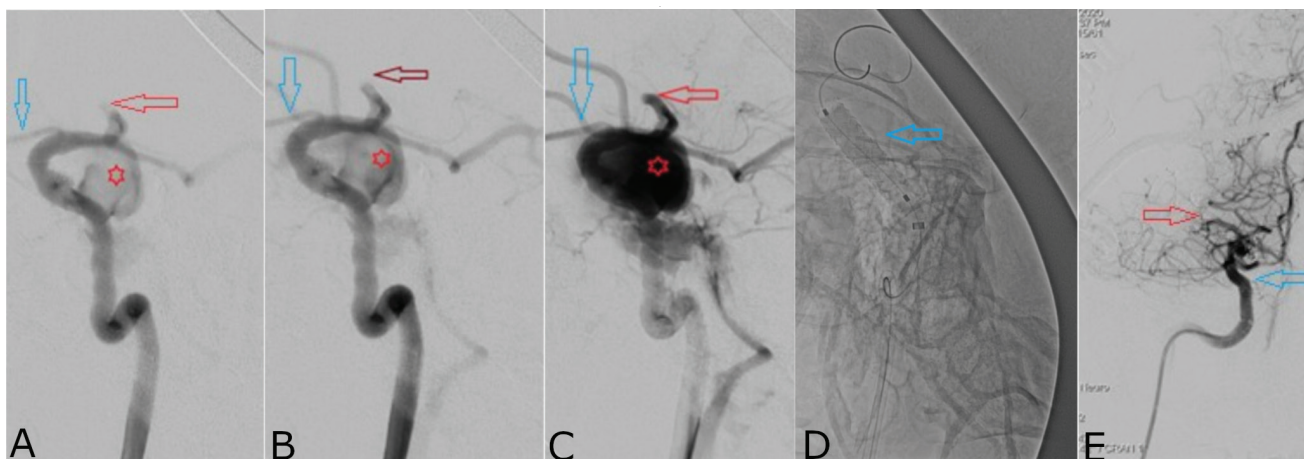
5. eset: A 42 éves nőbetegnél hibrid műtéti megoldás vált szükségessé a műtét közben jelentkező nagyérsérülés miatt. A tumoros elváltozás az ékcsont kisszárnyát infiltrálta, a temporalis lebenyt komprimálta, és az orbitába terjedve mind a nervus (n.) opticus, mind a bulbust diszlokálta, exophthalmust okozott. A meningeoma tapadt mind az a. carotis interna sziklacsonthoz, mind az a. cerebri media kezdeti szakaszához. A műtéti ellátás közben jelentős vérzés jelentkezett, melyet lehetett tamponálni, de az adott műtéti szituációban a vérzésforrások pontos beazonosítása és ellátása nem volt lehetséges. A hibrid műtőben adott volt a lehetőség a vérzésforrás azonosítására katéteres úton. Az angiográfia direkt carotideocavernosus fistulát

igazolt, melynek ellátása fedett sztent (4 × 15 mm-es PK Papyrus; BIOTRONIK, Berlin, Németország) segítségével megtörtént; az a. cerebri media sérülését a kontrasztanyag kilépésével azonosítottuk, és egy ballon segítségével átmenetileg zártuk az eret a sérülés helyénél. A vérzést megszüntetve lehetett folytatni a műtéti ellátást, a teljes tumor eltávolítását. Az a. cerebri media kiterjedt sérülése miatt sem endovascularis, sem műtéti megoldással nem lehetett az eret menteni, így annak műtéti zárása vált szükségessé. Ennél a műtétnél a sebészi és a neurointervenciók szoros együttműködésére volt szükség a beteg életének megmentése érdekében. A beteg így is maradandó neurológiai tünetekkel gyógyult a jobb oldali a. cerebri media ellátási területében bekövetkezett infarktus miatt (8. ábra).

Gerincsebészet

Csigolyatest-biopszia

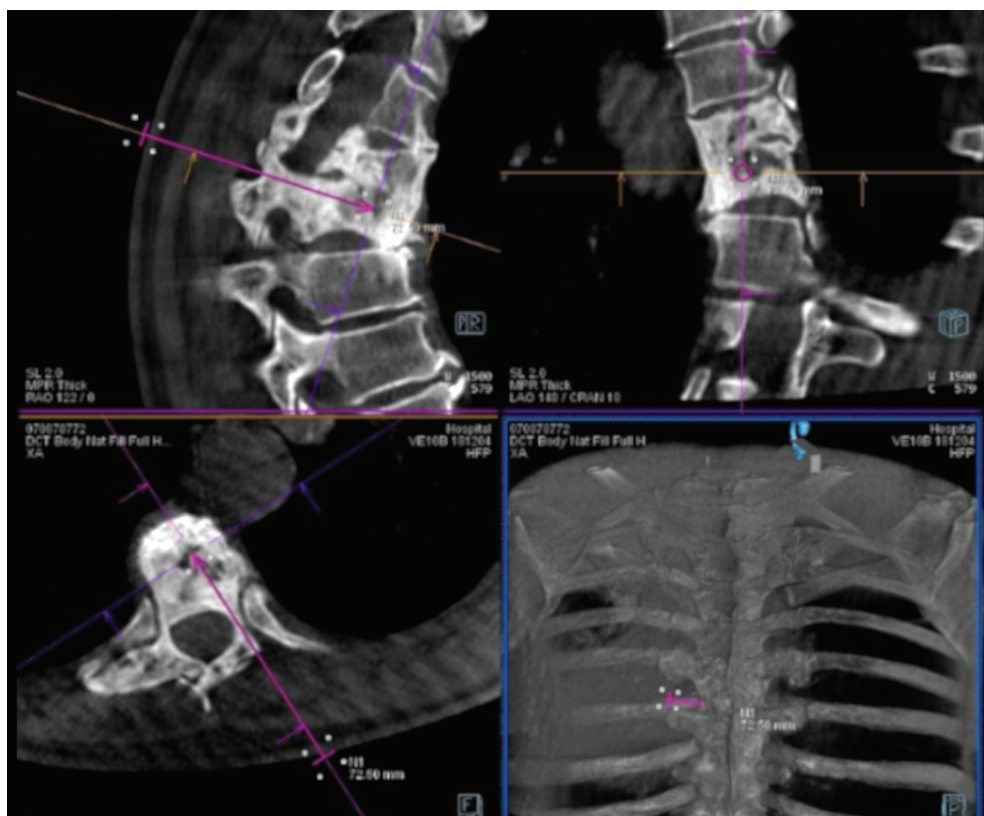
6. eset: A 62 éves nőbeteg öt éve kezelik emlőcarcinoma miatt. A betegnek kb. fél éve jelentkezett hátfájalma. A képalkotó vizsgálatok a ThV. és ThVI. csigolya



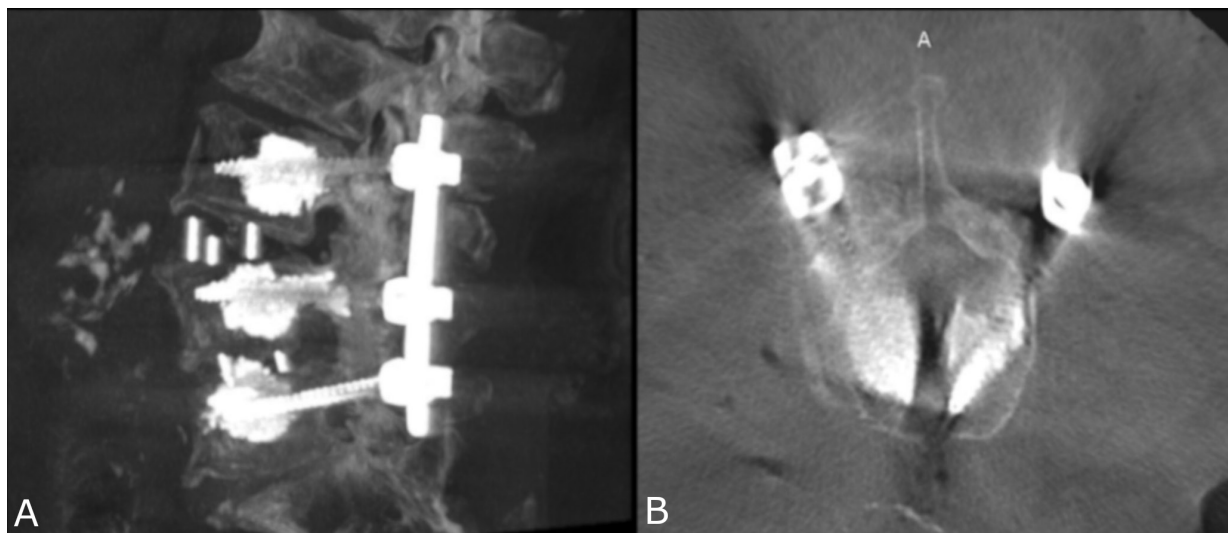
8. ábra | Az a. carotis interna intracranialis, sinus cavernosusban futó szakaszának sérülése; a csillag a kontrasztanyag-kilépést mutatja a felvétele első másodpercében. Piros nyíl: a sérült jobb a. cerebri media ércsonk. A kép jobb felső szélén műtéti feltárási szubtrakciós felvétele. Kék nyíl: a. ophthalmica (A). Két másodperccel később készült artériás fázisú felvétel, a kontrasztkilépés intenzívebb (B). Látható az a. carotis internát körbefolyó kontrasztanyag (C). A kék nyíl a fedett szentre mutat, mely zárta az a. carotis interna nyílását (D). Az a. carotis interna telődik, áramlása szabályos, a jobb a. cerebri media ércsonkot ballonnal zártuk az újabb műtéti feltárási során (E)

kompressziós törését igazolták, ám a vizsgálatok alapján nem tudták eldönteni, hogy a törés háttérében áttétes folyamat áll-e. Emiatt szövettani mintavétel mellett döntöttünk. A beteg hason fekvő helyzetében 3D felvételt készítettünk, majd a Needle Guidance programmal megterveztük a mintavételt. A „bullseye” nézetben a lézer segítségével, a megfelelő behatolási pontban és irányban bevezettük a Jamshidi-tűt, melyet „trajectory” felvéte-

lekkel is ellenőriztünk, majd a helyes, terveknek megfelelő mintavételtűi pozícióról 3D felvétellel győződünk meg. Így a csigolyatest megfelelő részéből végeztük el a szövettani mintavételt. Mivel a beteg pediculusi kis átmérőjűek voltak, a tumorgyanús terület pedig a csigolya középső részében helyezkedett el, a mintavételt a Needle Guidance technika jelentősen megkönnyítette és pontosabbá tette (9. ábra).



9. ábra | A Needle Guidance tervezőnézete, a szövettani mintavétel pályája (magenta nyíl)



10. ábra | A műtét végén készített háromdimenziós felvétel sagittalis (A) és axiális (B) irányú rekonstrukciója

OLIF-műtét, percutan transpedicularis csavarbehelyezés a Needle Guidance segítségével, valamint intraoperatív 3D implantátumpozíció-ellenőrzés

7. eset: A 70 éves nőbeteg derékfájdalmának és claudicatiós panaszainak hátterében az LIII–IV., valamint az LIV–V. csigolyák magasságában spondylolisthesis, instabilitás és következményes gerinccsatorna-szűküllet igazolódott. OLIF-műtét mellett döntöttünk. A discectomiákat és 'cage'-ek behelyezését a beteg oldalt fekvő helyzetében retroperitonealis feltárásból végeztük. Az ehhez szükséges kétirányú képerősítő felvételek elkészítésekor az ARTIS pheno® nagy mérete nehézséget jelentett, ugyanakkor az elmentett röntgenpozíciókba a robotkar a hagyományos, kézi állítású C-karokhoz képest gyorsabban és pontosabban beállt. Ezt követően a beteget hasra fordítottuk. 3D felvételt készítettünk, melyen meggyőződünk mindkét 'cage' helyes pozíciójáról. A Needle Guidance programmal megterveztük a hat transpedicularis csavar ideális helyzetét, valamint behelyezésük pályáját. Ezt követően a csavarokat percutan technikával ültettük be, a 'bullseye' és 'trajectory' röntgenpozíciók segítségével. A beteg csontritkulása miatt a csigolyatestek augmentációját is elvégeztük. A műtét végén ismételt 3D felvételt készítettünk, melyen a beültetett implantátumok megfelelő helyzetét már a műtőben ellenőrizni tudtuk.

Az intraoperatív 3D kontroll jelentős előny, hiszen implantátummalpozíció esetén már a műtét közben elvégezhető annak korrigálása, megkímélve a beteget egy ismételt műtét megterhelésétől, egyúttal csökkentve az esetleges maradandó neurológiai károsodás kialakulásának esélyét. Ugyanakkor a csavarok helyzetének megtervezésével és beültetés közben a 'trajectory' ellenőrzésével a pontosság is növekszik (10/A és 10/B ábra).

Megbeszélés

Eddigi tapasztalataink alapján a hibrid műtőben történő ellátás szükségességét három kategóriára oszthatjuk: (1) kifejezetten javasolt, (2) ajánlott és (3) előnyös.

Kifejezetten javasolt, amikor mind a két teamnek együttesen részt kell vennie a műtőben; *ajánlott*, amikor a két team egyszerre nem vesz részt a műtőben, de bármikor szükségessé válhat a beavatkozásban éppen részt nem vevő team segítségével; továbbá lehet *előnyös*, ez a leggyakrabban a műtői sebzés előtti képalkotó vizsgálat elkészítésének lehetőségét jelenti.

(1) *Kifejezetten javasolt*: Azon aneurysmák ellátása esetén, amelyek az a. carotis interna paraclinoidealis szakaszán helyezkednek el; 'carotid cave' vagy a. ophthalmica aneurysmák esetén, amikor a műtői ellátás során az úgynevezett proximális kontroll az aneurysma preparálásának idejére műtői úton nem oldható meg: ilyenkor a neurointervenció team katéteres úton az ér átmeneti ballonos occlusiójával tudja a proximális kontrollt biztosítani és így szükség esetén átmenetileg az ér lezárását elvégezni. Fordított helyzetben ugyancsak javasolt, elsősorban nehezen ellátható érszakoknál (széles nyak, álaneurysma), amelyeknél a vérzéses szövődmény vagy az érelzáródás valószínűsége ('coil' migrációja, érelzáródás) nagy. A komplikáltabb, arteriovenosus malformatiók általában csak több lépésben láthatók el endovasculárisan, illetve ugyancsak igen nagy kihívást jelenthet a műtői eltávolításuk is. A két eljárás kombinációja azonban segítheti akár bonyolultabb malformatiók egy ülésben való ellátását előzetes vagy műtét alatti embolisációval. Amennyiben csak műtői eljárás mellett döntünk, azt is javasolt a hibrid műtőben végezni az esetleges vérzéses komplikációk elhárítására. Ebben az esetben az operátor által beállított fejpozícióban készített 3D angiográfiás vizsgálattal feltérképezhető a nidust tápláló erek, ami segítséget nyújt a tranziens artériák védel-

mében, és a kontrollangiográfia még a műtéti terület zárása előtt tudja igazolni a teljes arteriovenosus malformatio eltávolítást.

Annak ellenére, hogy két műtőnk is fel van szerelve navigációval, illetve az egyikben a Medtronic O-arm-ja is működik, még így is több esetben kényszerültünk komplex gerincműtétek párhuzamos elvégzésére: ez nehézség nélkül kivitelezhető a hibrid műtőben, a készülék ugyanis rendelkezik navigációs rendszerrel (Needle Guidance technika), és képes CT-vizsgálat (C-arm CT, 'flat-panel' CT) elkészítésére, mely lehetővé teszi implantációs gerincműtétek precíz elvégzését, de olykor egyszerűnek látszó, ám könnyen nem megfelelő eredménnyel végződő csigolyatest-biopsziák elvégzését is. Nem beszélve arról, hogy ugyanezzel a funkcióval akár intracranialis állományvérzés minimálisan invazív eltávolítása is lehetővé válik.

(2) *Ajánlott*: Vaszkularizált tumorok eltávolítása esetén közvetlenül a tumor embolisatiója után ugyanabban a műtőben megtörténhet a tumor eltávolítása is. A koponyaalapú műtétek (transzsfenoidális hypophysisműtétek, koponyaalapot érintő tumorok) során, mely műtétek alatt előfordulhat nagyérsérülés, a neurointervenciók team készenlétben állva segítheti az ér átmeneti zárását vagy annak rekonstrukcióját, esetleges végleges zárását.

(3) *Előnyös*: Vérzett és nem vérzett aneurysmák ellátását is előnyös ebben a műtőben végezni, aneurysmaellátás előtt ugyanis a legrészletesebb információt az aneurysmáról a mai napig a 3D angiográfias vizsgálat adja: ezzel a vizsgálattal lehet pontosan eldönteni, hogy az aneurysma katéteres úton kezelhető-e, s ha így nem látható el, akkor műtéti úton folytatható a beavatkozás, és ezáltal a vérzett aneurysmáknál késlekedés és a szállítás kockázata nélkül történhet akut ellátás. Mind vérzett, mind nem vérzett aneurysmák esetén az aneurysma kliquidáció után, de a sebzés előtt készített 3D angiográfias vizsgálat alapján megítélhető az erek megfelelő átjárhatósága, telődése és az aneurysma ellátásának teljessége, azaz még lehetőség nyílik a klipek megfelelő áthelyezésére, revideálására. Extra-intra cranialis bypassműtétek során az anastomosis elkészítése után végzett angiográfia nyújthat pontos információt a bypass megfelelő átjárhatóságáról és működéséről. Implantációs gerincműtétek (PLIF, OLIF) során alkalmazható, és rendszeresen használjuk az implantátumok pozíciójának ellenőrzésére.

Az esetismertetésekben leírtakra visszatekintve, I. esetünk a *kifejezetten javasolt* kategóriába tartozik, ugyanis mind az intervenció, mind a sebészi team részt vett az ellátásban. Az arteriovenosus malformatio 'flow-directed' aneurysmájának ellátása után a műtét a malformatio eltávolításával folytatódott, és az intervenciók team készenlétben állt az intervenciók segítség szükségességének esetére. A műtét végén kontrollangiográfiát végeztünk. Ez a műtét így egy ülésben, a beteg szállítása nélkül csak hibrid műtőben valósítható meg.

Az *ajánlott* kategóriába sorolható a 2., 3., 4. és 5. eset. A 2. eset a legjobb példa arra, hogy a gyors váltásra

(intervenciók ellátásról sebészire) való lehetőség mennyire fontos: mechanikus thrombectomia esetén minden perc számít az érmegnyitáshoz. A 3., 4. esetben pedig ugyan más műtőben is elvégezhető lett volna a beavatkozás, de az altatás, a betegszállítás komoly idővesztéssel jár, és az „idő agy” ezekben az esetekben. Az 5. esetben a sebészeti ellátás közben jelentkező komplikáció miatt kellett átmenetileg sebészi ellátásról intervencióra áttérni. A koponyaalapú tumor operációit, melyek nagyérsérüléssel járhatnak, az intervenciók ellátás gyors alkalmazhatósága miatt érdemes hibrid műtőben végezni; korábban az ilyen ellátást csak a katéteres laborba történő szállítással tudtuk megoldani, ami az esetek többségében sikertelen volt a labor foglaltsága, adott esetben a személyzet hiánya (behívhatós rendszer) vagy éppen az időfaktor miatt.

Fent említett eseteink közül a gerincműtétek hibrid műtőben történő elvégzése az *előnyös* kategóriába sorolható. Ezekben az esetekben ugyanis a szükséges képalkotó vizsgálat, az implantátumok helyzetének ellenőrzése, a Needle Guidance technika alkalmazása jelentősen növeli a műtét biztonságát és eredményességét.

Következtetés

Eddigi tapasztalataink alapján a robotkarral felszerelt angiográfias készülékkel ellátott hibrid műtőnek számos előnye van. A legnagyobb előny a komplikált neurovasculáris műtétek ellátásában mutatkozik meg. Ebben a műtőben mind a sebészi, mind a katéteres ellátás elvégezhető, akár egyszerre: szövődmény esetén a beavatkozás gyorsan, helyben konvertálható a sebészeti ellátásról a katéteresre vagy fordítva, ami egyes esetekben életmentő lehet. Viszont nemcsak a ritka komplikált műtétek esetén hasznos egy ilyen műtő, hanem a napi gyakorlatban is jó szolgálatot tesz navigációs eszközként történő alkalmazása során, valamint a műtéti ellátás után szükséges kontrollvizsgálatok (CT-angiográfia) már a műtőasztalon közvetlenül a műtét után vagy kérdéses esetekben a seb zárása előtt elvégezhetőek. Az elmúlt év tapasztalatai alapján a hibrid műtő jelentős segítséget jelent az idegsebészeti ellátásban, és számunkra annyira részévé vált a mindennapi gyakorlatnak, hogy szinte már nélkülözhetetlen lenne centrumunk munkájában.

Anyagi támogatás: A közlemény megírása anyagi támogatásban nem részesült.

Szerzői munkamegosztás: N. T.: A cikk megírása (a gerincsebészeti esetek kivételével), adat- és képgyűjtés. M.-G. G.: Adatgyűjtés. V. Á.: A műtő fotóinak elkészítése és a gerincsebészeti esetek megírása. H. P.: Az endovasculáris esetek ellátásában való részvétel, a kézirat áttekintése. M. V.: Aneszteziológiai részvétel az esetek ellátásában.

B. P.: A közlemény létrehozásának ötlete, szerkesztése, javítása, a szöveg szakmai véleményezése. A cikk végleges változatát valamennyi szerző elolvasta.

Érdekltségek: A közlemény megírásában a szerzőknek nincsenek érdekltségeik.

Irodalom

- [1] Nollert G, Hartkens T, Figel A, et al. The hybrid operating room. In: Narin C. (ed.) Special topics in cardiac surgery. IntechOpen, London, 2012; pp. 73–106.
- [2] Kaplan JA. (ed.) Essentials of cardiac anesthesia for cardiac surgery. 2nd. ed. Elsevier, Philadelphia, PA, 2018.
- [3] Szabó Z. Hybrid operating room. Naming ceremony in Városmajor. [A hibrid műtő névadó ünnepe.] Semmelweis Egyetem, Városmajori Szív- és Érgyógyászati Klinika, Budapest, 2016. december 6. [Hungarian]
- [4] Medical Online. Hybrid operating room with a robotic arm. [Robotkarral működő hibrid műtő Szegeden] 2019. október 7. Available from: http://medicalonline.hu/gyogyitas/cikk/robotkarral_mukodo_hibrid_mutot_adtak_az_szte_n [accessed: June 12, 2023]. [Hungarian]
- [5] Murayama Y, Irie K, Saguchi T, et al. Robotic digital subtraction angiography systems within the hybrid operating room. Neurosurgery 2011; 68: 1427–1433.
- [6] Murayama Y, Saguchi T, Ishibashi T, et al. Endovascular operating suite: future directions for treating neurovascular disease. J Neurosurg. 2006; 104: 925–930.
- [7] Choi E, Lee JY, Jeon HJ, et al. A hybrid operating room for combined surgical and endovascular procedures for cerebrovascular diseases: a clinical experience at a single centre. Br J Neurosurg. 2019; 33: 490–494.
- [8] Siemens Healthineers. CleanGuide. Comprehensive cleaning concept. ARTIS pheno – Because infection control matters. Available from: https://marketing.webassets.siemens-healthineers.com/1800000004948487/d51806dd7413/Clean_guide_siemens_at_su_artispheno_cleanguide_brochure-03490292_1800000004948487.pdf [accessed: June 12, 2023].
- [9] Getinge. Maquet Magnus Operating Table System. Combining modularity, flexibility and ergonomics. Available from: https://www2.getinge.com/dam/hospital/documents/english/magnus_care_giver_brochure-en-non_us.pdf [accessed: June 12, 2023].
- [10] Black Forest Medical Group. DORO LUCENT® Headrest System. Available from: https://surgi-one.com/wp-content/uploads/2021/10/DORO_LUCENT_Cranial_Stabilization_System_Flyer_01.pdf [accessed: June 12, 2023].
- [11] Medtronic. NIM-ECLIPSE® E4 SD. Nerve Monitoring System. User's manual. Available from: <https://manualzz.com/doc/7359623/user-s-manual> [accessed: June 12, 2023].
- [12] Hidi L, Lengyel B, Legeza P, et al. Initial experiences with the use of covered stents in endovascular treatment of aortoiliac stenocclusive diseases. [Aortoiliacalis stenocclusiv betegség fedett sztentekkel végzett endovascularis ellátásával szerzett kezdeti tapasztalataink.] Orv Hetil. 2022; 163: 1553–1558. [Hungarian]
- [13] Csobay-Novák Cs, Pataki A, Fontanini DM, et al. Branched endovascular aortic repair of a contained rupture in chronic aortic dissection. [Krónikus aortadissectio talaján kialakult tartott ruptura endovascularis műtete elágazó grafitál.] Orv Hetil. 2022; 163: 886–890. [Hungarian]

(Németh Tamás dr.,
Szeged, Semmelweis u. 6., 6725
e-mail: nemethtam2@gmail.com)

„Beneficium saepe dare docere est reddere.”
(Ha gyakran teszel jót, viszonzását tanítod.)

A cikk a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) feltételei szerint publikált Open Access közlemény, melynek szellemében a cikk bármilyen médiumban szabadon felhasználható, megosztható és újraközölhető, feltéve, hogy az eredeti szerző és a közlés helye, illetve a CC License linkje és az esetlegesen végrehajtott módosítások feltüntetésre kerülnek. (SID_1)