

# A thoracoabdominalis aortaaneurizmák endovascularis ellátása következtében kialakuló gerincvelő-ischaemia elkerülésének vizsgálata

Doktori értekezés

**Banga Péter Vince**

Semmelweis Egyetem  
Elméleti Orvostudományok Doktori Iskola



Konzulensek: Dr. Entz László, Ph.D., egyetemi tanár;  
Dr. Gustavo Oderich, főorvos

Hivatalos bírálók: Dr. Vastagh Ildikó, Ph.D., egyetemi adjunktus  
Dr. Palásthy Zsolt, Ph.D., egyetemi adjunktus

A szigorlati bizottság elnöke: Dr. Benyó Zoltán, az MTA doktora, egyetemi tanár  
A szigorlati bizottság tagjai: Dr. Bérczi Viktor, az MTA doktora, egyetemi tanár  
Dr. Menyhei Gábor, Ph.D., med. habil., egyetemi tanár

Budapest  
2018

|  |    |
|--|----|
| RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE.....  | 5  |
| 1 BEVEZETÉS .....  | 7  |
| 1.1 <i>A gerincvelő keringésének anatómiája.....</i>   | 10 |
| 1.1.1 Gerincvelői ischaemia .....  | 13 |
| 1.2 <i>A gerincvelői károsodás rizikótényezői és preventív módszerei nyitott és<br/>        endovascularis TAAA-rekonstrukció során.....</i> | 13 |
| 1.2.1 A beavatkozás kiterjedése .....  | 13 |
| 1.2.2 Distalis perfúzió.....   | 15 |
| 1.2.3 Conduitok alkalmazása az endovascularis aortarekonstrukciók kapcsán.   | 16 |
| 1.2.4 A szegmentális ágak reimplantációja .....  | 19 |
| 1.2.5 Neuromonitorizálás .....   | 19 |
| 1.2.6 Epiduralis vagy általános hűtés .....  | 26 |
| 1.2.7 Szakaszokra bontott kezelési stratégia (staged repair) .....   | 27 |
| 1.2.8 Cerebrospinalis drenázs.....   | 29 |
| 1.2.9 Perfúziós nyomás.....  | 30 |
| 2 CÉLKITŰZÉSEK .....   | 31 |
| 3 MÓDSZEREK .....  | 32 |
| 3.1 <i>Beteganyag és vizsgálati terv .....</i>   | 32 |
| 3.2 <i>A perkután zárásra alkalmas ér kiválasztása és a zárás technikája .....</i>   | 34 |
| 3.3 <i>Állandó és ideiglenes conduit használata .....</i>  | 37 |
| 3.3.1 Ideiglenes conduit.....  | 37 |
| 3.3.2 A felvezetés helyének és típusának kiválasztása .....  | 39 |
| 3.1. <i>Neuromonitorizálás.....</i>  | 42 |
| 3.4 <i>Az oxigénszaturáció mérése .....</i>  | 47 |
| 3.5 <i>A gerincvelői károsodást megelőző protokoll .....</i>   | 48 |
| 3.5.1 A beavatkozás több részre bontása (staging).....   | 48 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 3.5.2 | A vérnyomás beállításai.....   | 49 |
| 3.5.3 | Cerebrospinalis drenázs.....   | 50 |
| 3.5.4 | A műtét menete, intraoperatív neuroprotektív stratégia .....                                   | 51 |
| 3.5.5 | Posztoperatív intézkedések.....  | 53 |
| 3.6   | <i>Statisztikai elemzés</i> .....  | 54 |
| 4     | EREDMÉNYEK .....   | 55 |
| 4.1   | <i>A teljes perkután zárás vizsgálata</i> .....  | 55 |
| 4.1.1 | Beteganyag .....   | 55 |
| 4.1.2 | Perkután zárás.....  | 55 |
| 4.1.3 | Perkután zárás konverziója nyitott arteria femoralis rekonstrukcióvá .....                     | 57 |
| 4.1.4 | Korai szövődmények .....   | 58 |
| 4.1.5 | Késői eredmények .....   | 58 |
| 4.2   | <i>Neuromonitorizálás, cerebrospinalis drenázs és iliofemorális conduitok használata</i> ..... | 59 |
| 4.2.1 | Beteganyag, rizikótényezők.....  | 59 |
| 4.2.2 | A gerincvelői keringést befolyásoló tényezők.....  | 59 |
| 4.2.3 | Többszakaszú műtétek.....  | 59 |
| 4.2.4 | A beavatkozás eredményei .....   | 60 |
| 4.2.5 | A neuromonitorizálás eredményei.....   | 62 |
| 4.2.6 | Korai szövődmények és halálozás .....  | 65 |
| 4.3   | <i>Perifériás neuromonitorizálás, a szöveti oxigénszaturáció mérése</i> .....                  | 66 |
| 4.3.1 | Az StO <sub>2</sub> és a MEP változása.....  | 67 |
| 5     | MEGBESZÉLÉS.....   | 73 |
| 6     | KÖVETKEZTETÉSEK .....  | 83 |
| 7     | ÖSSZEFOGLALÁS.....   | 85 |
| 8     | SUMMARY .....  | 86 |

|      |   |           |
|------|---|-----------|
| 9    | IRODALOMJEGYZÉK.....  | 87        |
| 10   | SAJÁT PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE.....   | 99        |
| 10.1 | <i>Az értekezés témájában megjelent közlemények.....</i>                        | <i>99</i> |
| 10.2 | <i>Egyéb – nem az értekezés témájában megjelent – eredeti közlemények .....</i> | <i>99</i> |
| 11   | KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....  | 102       |

## RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

a. – artéria

AFC – a. femoralis communis

AH – m. abductor hallucis

AII – a. iliaca interna

AMS – arteria mesenterica superior

CSD – cerebrospinalis drén

CSF – cerebrospinalis folyadék (fluid)

DKS – direkt corticalis stimuláció

EKG – elektrokardiográfia

EVAR – endovascularis aortarekonstrukció

FDA – U.S. Food and Drug Administration (FDA; az Amerikai Egyesült Államok Élelmiszer- és Gyógyszer-engedélyeztetési Hivatala)

Fr – French (katéterátmérő)

HFF – high frequency filter (magas frekvenciájú szűrő)

IDE – investigational device exemption (az FDA által nem engedélyezett eszközre kiadott mentesség)

IONM – intraoperatív neuromonitorizálás

IRB – Institutional Review Board (intézeti etikai bizottság)

IQR – interquartile range (interkvartilis terjedelem)

ISI – interstimulus intervallum

L – lumbalis (ágyéki)

LFF – low frequency filter (alacsony frekvenciájú szűrő)

m. – musculus (izom)

MAP – mean arterial pressure (artériás középnyomás)

MEP – motor evoked potential (motoros kiváltott potenciál)

mtsai – munkatársai

n. – nervus (ideg)

NNT – number needed to treat (ennyi beteget kell kezelni ahhoz, hogy egy beteg meggyógyuljon, vagy meg lehessen előzni egy betegséget/állapotot)

OR – odds ratio (esélyhányados)

PEVAR – percutaneous endovascular aortic repair

pCMAP – peripheral compound motor action potential (összetett perifériás motoros akciós potenciál)

SD – standard deviáció

SSEP – somatosensory evoked potential (szomatoszenzoros kiváltott potenciál)

TAA – thoracalis aortaaneurizma

TAAA – thoracoabdominalis aortaaneurizma

tc-MEP – transcranialis motoros kiváltott potenciál

## 1 BEVEZETÉS

A thoracoabdominalis aortaaneurizmák (TAAA) rekonstrukciója napjainkban is nagy kihívást jelent a sebész és a beteg számára egyaránt. Az általában idős életkor és a komoly kísérőbetegségek magas perioperatív kockázatot jelentenek a legtöbb páciens esetében. A halálozás azonban műtét nélkül három év alatt meghaladja a 60%-ot, és csak a betegek 17%-a él 5 évnél tovább operáció nélkül.<sup>1</sup> A lehetséges szövődmények között légzési elégtelenség, veseelégtelenség, szívinfarktus szerepel. Bár nem a leggyakoribb, mégis a gerincvelő ischaemiás károsodása számít az egyik legsúlyosabb szövődménynek, mivel a betegek további kezelése, jelentős terhet jelent a családnak, társadalomnak egyaránt. A paraplegia döntően rontja a beteg korai és hosszú távú túlélési esélyeit, életminőségét.<sup>2,3</sup> A gerincvelői károsodás okainak megismerését és a hatékony preventív módszerek kifejlesztését számos tényező hátráltatja. A TAAA sebészete az 1950-es években kezdődött Houstonban, még homografttal végzett rekonstrukciókkal. Majd a megfelelő anyagú műér kifejlesztése után és az első sikeres eredmények közzétételét követően több aortacentrum is alakult világszerte.<sup>4</sup> Bár számos centrum létezik, a TAAA-rekonstrukciók száma csak kevés helyen éri el az évi 20 esetet.<sup>2,5</sup> Mivel az esetszámok alacsonyak és szerencsére a paraplegia nem túl gyakori, a gerincvelői károsodás kutatása és a megelőző módszerek kifejlesztése rendkívül nehéz. Az alacsony esetszámokon kívül az is hátráltatja a fejlődést, hogy önmagában a gerincvelői vérrellátás sem teljesen ismert, a vérrellátás hiánya pedig több tényezőre vezethető vissza: a kirekesztés alatt a direkt ellátóágak áramlásának csökkenése, általános perfúziós zavar (amely ezeknél a nagy vérvesztéssel járó műtéteknél nem ritka) és embolisatio is szerepelhet az okok között. Mindezekon felül a gerincvelői károsodás kialakulhat a beavatkozás alatt közvetlenül, de előfordulhat később is, a beavatkozás után, ez az ún. késői neurológiai deficit.<sup>6</sup>

A korai eredmények összehasonlítási alapot adó közleménye Houstonból származik. *Crawford* 30 év alatt (1960–1990) 1509 betegen végzett TAAA miatt nyitott műtétet. A korai halálozás 8,15%, míg a paraplegia vagy paraparesis 16% volt.<sup>2</sup> Hosszú évtizedek alatt számos módszert vezettek be a gerincvelői károsodás csökkentésére, közéjük tartozik a distalis perfúzió, a cerebrospinalis drenázs, az általános és epiduralis hűtés, a szegmentális ágak visszaültetése és a műtét alatti neuromonitorizálás.<sup>7–9</sup> Bár e módszerek sikeressége nehezen bizonyítható, a fejlődő terápia hatására az előbb említett centrumban

a paraplegia és a paraparesis nyitott műtétek esetén a korábbi 16%-ról közel hasonló populáción leesett 3,8%-ra.<sup>2,10</sup>

Az endovascularis terápia nem sokkal a megjelenését követően vezető szerepet vívott ki az infrarenalis aneurizmák kezelésében. A következő lépés a visceralis ágakra terjedő aneurizmák terápiájára is alkalmas eszközök bevezetése volt. A sztentgraftokon lévő nyílások, oldalleágazások (az ún. fenesztrációk és branchek) lehetővé tették az aorta oldalágainak bevonását is a rekonstrukcióba. A korábban a nyitott kezeléseknél bevált gerincvelői-protektív módszerek közül azonban nem alkalmazható mindegyik az endovascularis terápia során. Például a szegmentális ágak reimplantációja nem lehetséges endovascularisan, mivel a kis átmérőjű fenesztrációk nem maradnak nyitva hosszú távon. Éppen ezért többször hangoztatott vélemény volt, hogy a mellkasi és a hasi szegmentális ágakat is lezáró endovascularis terápia nem lehet sikeres a magas paraplegiaarány miatt. Ezzel szemben, a jelenleg mérvadó centrumokban, a közel 10 éves endovascularis terápia 2–8%-os paraplegiaarányról jár, a fent említett nyitott kezeléshez hasonló kiterjedésű aneurizmák esetén.<sup>11,12</sup> Ez az időszak még mindig a tanulási, itt még nincs véglegesen kiforrott technika. Folyamatos az eszközök fejlesztése, egyre több cég jelenik meg TAAA ellátására alkalmas implantátummal, és a valamelyest rutinnal rendelkező sebészek első generációja is még pályája közepén, első felében tart.

Mivel a műtétek alatt a páciensek alszanak (a hosszú és mozdulatlanságot igénylő endovascularis műtétek során is), nincs direkt visszajelzés a betegektől az érzés és a mozgás funkciójának ellenőrzésére. A neuromonitorizálás szinte az egyetlen módszer, amellyel esély nyílik a gerincvelői funkciókról való információszerzésre a beavatkozás közben. Ennek relevanciája, prediktív értéke azonban ma is vita tárgya.

A több évtizedes nyitott rekonstrukciós gyakorlat során kialakult preventív protokoll több eleme is felhasználható az endovascularis műtéteknél. Mivel a nagy aortacentrumokban sokszor komplex endovascularis terápiát is végeznek, a nemcsak elméleti, hanem a gyakorlatban is kiforrott technikákat – mint a CSF-drén használata, vérnyomásprotokoll – könnyen át lehetett ültetni minimálinvazív környezetbe. Ezzel szemben léteznek olyan technikák, amelyek természetükből fakadóan nem működőképesek az egyik vagy a másik környezetben. Például az előbb említett intercostalis ágak revascularizációja endovascularisan nem biztosítható, ezzel szemben nincs szükség az aorta kirekesztésére az

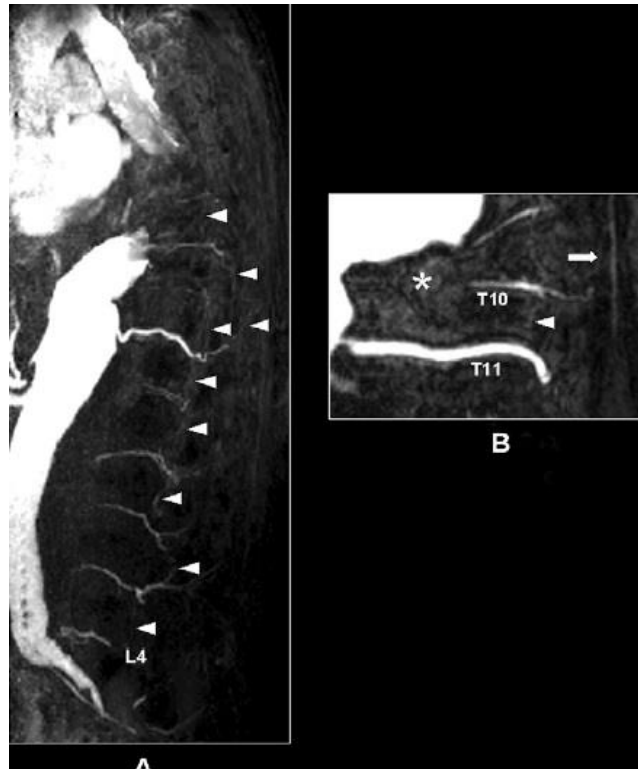


endovascularis műtét alatt. A két kezelési módból adódó különbségek akár mindkét technika előnyére válhatnak. A gerincvelői keringésről alkotott képet jelentősen befolyásolta az endovascularis terápia kapcsán felfedezett collateralis hálózat, amely gyorsan adaptálódik a szegmentális ágak elvesztéséhez, és állandó, stabil vérnyomás esetén elégséges perfúziót biztosít még kiterjedt rekonstrukciók során is.<sup>13</sup>

A TAAA endovascularis kezelésekor a gerincvelői ischaemia megelőzésére kifejlesztett módszerek többsége az előbb említett collateralis hálózat megerősítését és folyamatoságát hivatott biztosítani. Egy sikeres endovascularis protokollnak ezért figyelembe kell vennie a rekonstrukcióhoz szükséges lépések minél biztonságosabb elvégezhetősége mellett azt is, hogy az implantáció során a gerincvelői keringést fenntartó hálózatot ellátó erek keringése minél rövidebb ideig legyen elzárva a nagy átmérőjű eszközök miatt.

A neuromonitorizálás még nem általánosan elterjedt módszer a nyitott TAAA-rekonstrukciók mellett sem, specificitása erősen vitatott, bár egyes centrumokban a paraplegia megelőzésére kifejlesztett protokollok fő eleme. Endovascularis TAAA kapcsán jelenleg nem ismerünk olyan nagyobb tanulmányt, amely csak és kizárólag endovascularisan kezelt TAAA-betegek vonatkozásában írta volna le az eredményeket, tapasztalatokat.

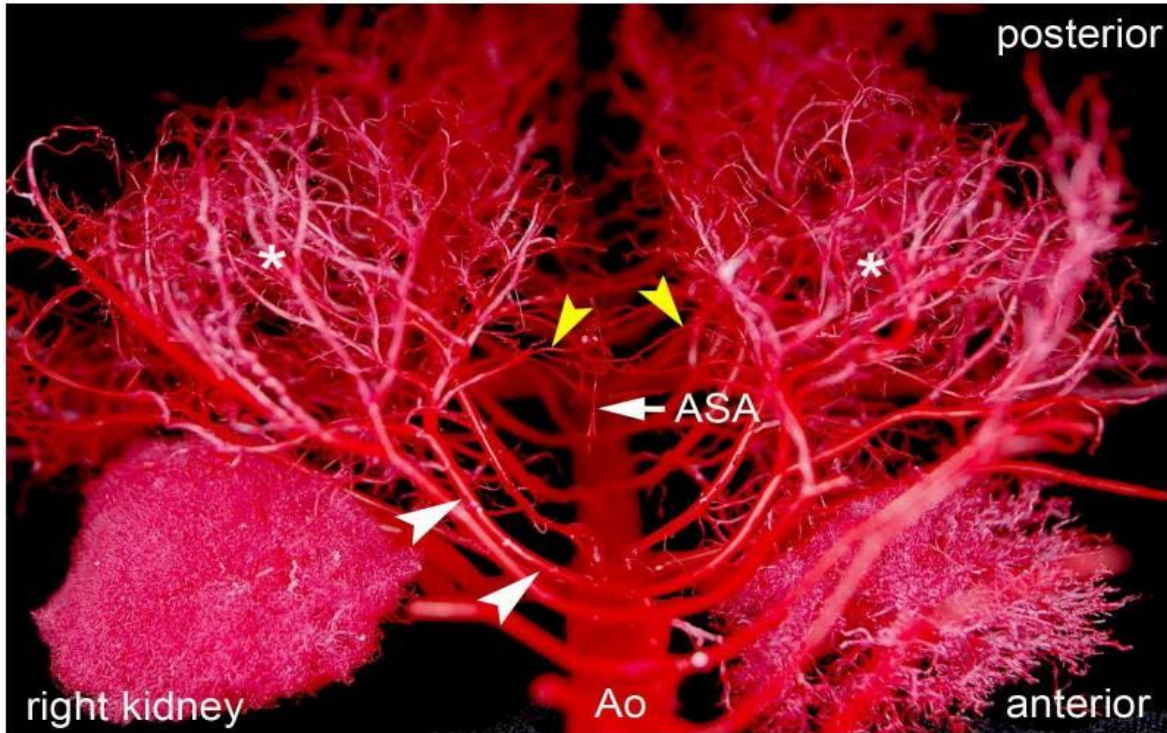
## 1.1 A GERINCVELŐ KERINGÉSÉNEK ANATÓMIÁJA

**1. ábra:** Adamkiewicz-artéria MRA képe.

Az Adamkiewicz-artéria a többi szegmentális ágnál nagyobb ér, amelyet nevezünk. Nijenhuis RJ, Jacobs MJ, Schurink GW, Kessels AG, van Engelshoven JM, Backes WH. (2007) Magnetic resonance angiography and neuromonitoring to assess spinal cord blood supply in thoracic and thoracoabdominal aortic aneurysm surgery. *J Vasc Surg*, 45: 7–17.

A sikeres prevenció alapja a gerincvelői keringés megértése lenne. Bár vannak ismereteink az ellátóerekről, fontos funkcionális anatómiai kérdéseket még nem tisztáztak. A gerincvelő közvetlen vérellátását az a. spinalis anterior és hátul a két a. spinalis posterior, valamint az ezeket az ágakat összekötő vasocornalis artériák adják. Ezeket tölti az a. cervicalis ascendens, az a. cervicalis profunda, az intercostalisok és az ágyéki szegmentális ágak, valamint az a. sacralis lateralis. Egyes vélemények szerint az elülső szarv vérellátásában részt vevő a. spinalis anteriornak a hátsó collateralis rendszerrel való összeköttetései gyengébbek, mint az a. spinalis posterioréi.<sup>14</sup> Az egyik szegmentális ágat több tanulmány is jelentősebbnek véli a többinél, ezt leírójáról Adamkiewicz-artériának nevezték el (**1. ábra**).<sup>14</sup> Ennek a hagyományos vérellátási modellnek a változását az első endovascularis TAAA-rekonstrukciók hozták, amikor az

egész aortát (az aortaívtól a bifurkációig) lefedték, bármilyen gerincvelői károsodás nélkül. A jelenlegi elképzelés szerint a paraspinalis izomzat apró artériái kiterjedt collateralis rendszert alkotnak (2–3. ábra), ez az úgynevezett „collateral network concept”.<sup>15</sup>



**2. ábra:** Yorkshire malacok aortáján keresztül alacsony viszkozitású akrillal feltöltött artériás hálózat.

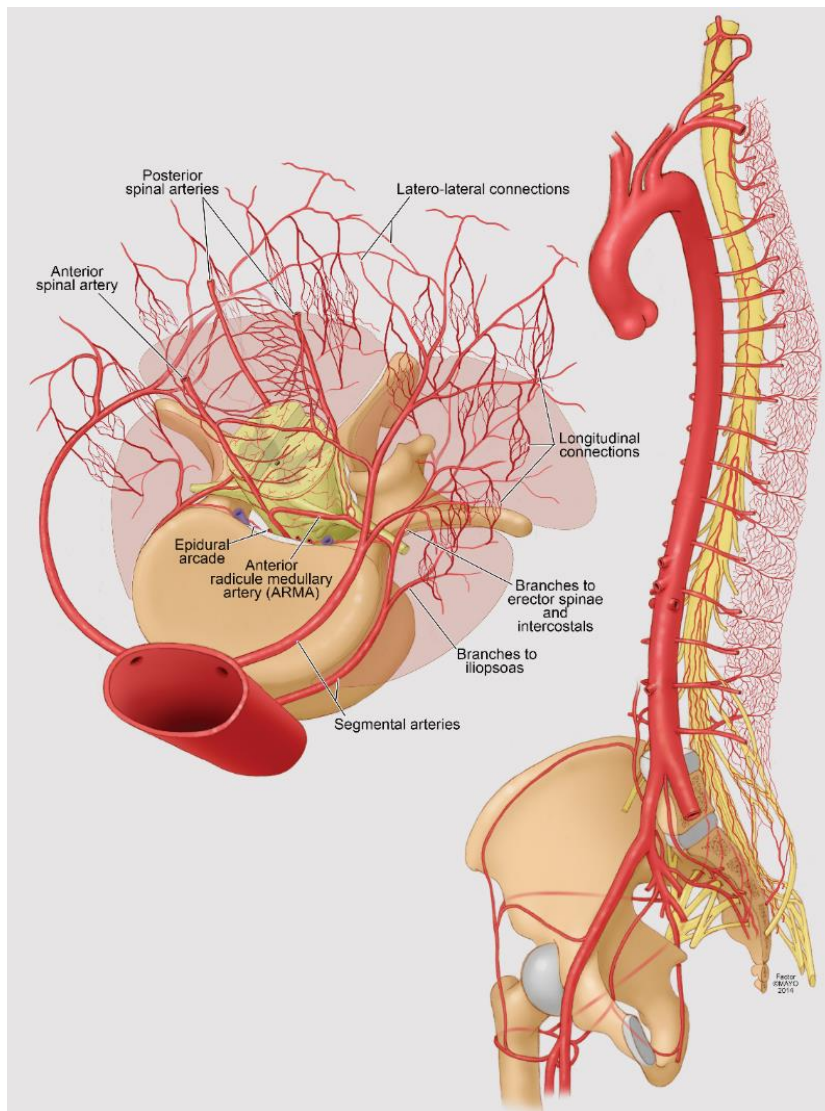
A lágy részek és a csontok teljesen el lettek távolítva. Craniocaudalis nézet, előtérben az L1 szegmensen. Az ábra a kiterjedt hosszanti artériás hálózatot mutatja. Minden egyes szegmentális ágat 3-4 nagyobb ág köt össze a mellette lévővel. \*, Paraspinosus izomzat; >>, arteria spinalis anterior. Etz CD, Kari FA, Mueller CS, Brenner RM, Lin HM, Griep RB. (2011) The collateral network concept: remodeling of the arterial collateral network after experimental segmental artery sacrifice. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 141: 1029–36.

Ez a collateralis hálózat dinamikus, a szegmentális, direkt ágak elzáródása esetén adaptációra képes.<sup>16</sup> A szakaszokra bontott kezelési stratégia ezt használja ki, ennek leírásánál erről még bővebben lesz szó. Ugyancsak az endovascularis rekonstrukciók kapcsán figyeltek fel arra, hogy a korábban kevésbé jelentősnek tartott nagyobb erek vérellátása is fontos tényező lehet a gerincvelői keringés fenntartásában – éppen ennek a collateralis hálózatnak a töltésével.<sup>17</sup> Roy Greenberg és munkatársainak beszámolója alapján

az

a. subclavia és hypogastrica vérellátása is befolyásolja a paraplegia kialakulását.<sup>17</sup> Az alsó végtagi ischaemia szintén rontja a gerincvelői perfúziót, bár ennek

hatásmechanizmusát még nem tisztázták teljesen. Az egyik ok az lehet, hogy a medencei ágakon keresztül az alsó végtagi keringés közvetlenül hat a gerincvelői collateralis rendszerre, de van olyan elmélet is, amely szerint különböző citokinek felszabadulása rontja a gerincvelői keringést.<sup>18</sup>



**3. ábra:** Emberben elképzelt paraspinális collateralis hálózat.

A collateralis hálózat a szegmentális ágakon kívül az a. vertebralis, az a. iliaca és az a. femoralis profunda összeköttetései együtt adja a gerincvelő vérellátását. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.

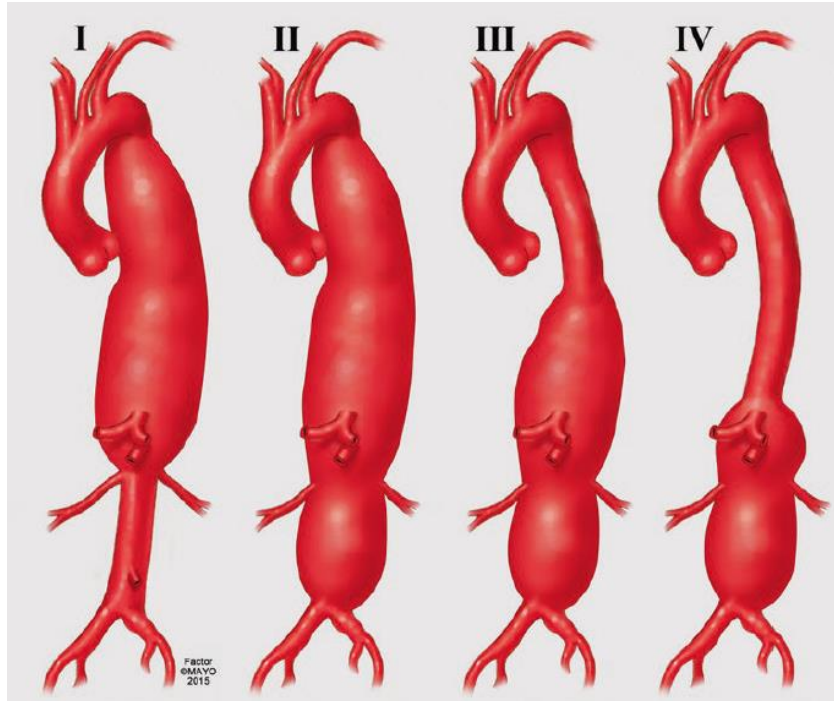
### 1.1.1 Gerincvelői ischaemia

Nyugalomban a szürkeállomány áramlása a négyszerese a fehérállományénak; a lumbo-sacralis és a cervicalis szakasz áramlása meghaladja a thoracalis szegmenseknek megfelelő szakasz áramlását. Ennek megfelelően a gerincvelői ischaemia általában a szürkeállományt érinti, főleg az első szarv területére lokalizálódva. A fehérállomány ischaemiája ritka, és szintén ritka az izolált thoracalis szegmensnek megfelelő ischaemiás nekrosis.

## 1.2 A GERINCVELŐI KÁROSODÁS RIZIKÓTÉNYEZŐI ÉS PREVENTÍV MÓDSZEREI NYITOTT ÉS ENDOVASCULARIS TAAA-REKONSTRUKCIÓ SORÁN

### 1.2.1 A beavatkozás kiterjedése

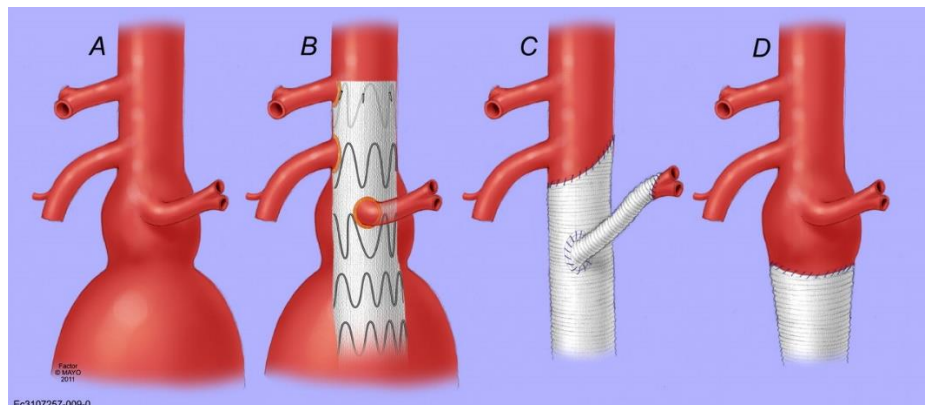
A beavatkozások során a gerincvelői károsodás lehetősége számos összetevőn múlik. Az egyik legfontosabb tényező mind a nyitott, mind az endovascularis műtéteknél az aortaaneurizmának, így a rekonstrukciónak a kiterjedése. A nagyobb kiterjedésű beavatkozások során, például az I-es és a II-es típusú TAAA-k rekonstrukciójakor jóval nagyobb a paraplegia veszélye, mint a kisebb terület rekonstrukcióját jelentő IV-es típus esetében (4. ábra).<sup>19</sup>



2. **ábra:** A thoracoabdominalis aorta klasszifikációja Crawford szerint. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.

A nyitott és az endovascularis műtétek során más és más a kiterjedés megítélése (**5. ábra**). Nyitott műtéteknél az aneurizmatikus szakasz határa esetleg meghagyható, ha várhatóan nem vezet túl gyorsan – ismételt műtétet igénylő – tágulat kialakulásához. Tartós endovascularis eredmény azonban csak úgy érhető el, ha a sztentgraft proximalis és distalis vége is hosszabb szakaszú ép érfalon fekszik fel. A különbségek legszembetűnőbb példája az aortabifurkációban véget érő tágulat esetében a rekonstrukció megoldása, valamint a zsigeri ágak közelében kezdődő tágulatok műtétei.





3. **ábra:** A nyitott és az endovaszkuláris aorta műtétek közötti különbségek a kiterjedés meghatározásában.

Míg egy paravisceralis aneurizmánál (A) magas lefedés szükséges endovascularis módszer mellett (B), nyitott műtét során a rekonstrukció distalisabban kezdődhet (C), és esetenként még a tágult szakasz proximalis része is megtartható (D). Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.

### 1.2.2 Distalis perfúzió

A nyitott műtéteket a legnagyobb számban végző intézetben (Department of Surgery, Baylor College of Medicine, The Methodist Hospital, Houston, TX, USA) *Crawford és mtsai* már az 1950-es évektől megpróbálták fenntartani – söntökkel, bypasszal – valamilyen keringést a kirekesztett aortától distalisán.<sup>20,21</sup> Ám ezek nem voltak sikeresek. A legegyszerűbb sönttípus a Gott-sönt, amely passzívan szállítja a vért a kirekesztés fölötti szakasról a distalisra. Gott-sönttel azonban nem csökkent a paraplegiaarány a „clamp and saw” technikához képest traumás aortarekonstrukciók kapcsán.<sup>22,23</sup> Több tanulmány szerint is kétséges, hogy ezeken a söntökön, ideiglenes bypasson keresztül mekkora áramlást lehet elérni.<sup>24,25</sup> Így egészen az 1990-es elejéig a „clamp and saw” technika vált a mindennapok gyakorlatává, azaz minél gyorsabban felvarrni az anasztomózisokat mindenféle keringéstámogatás nélkül.

Az 1990-es évektől próbálkoztak ismét distalis perfúzióval, az újabb módszerrel azonban, most már, a bal szívfél és a distalis aorta vagy a femoralis artéria, illetve a mesenterialis ágak között, pumpa tartja fenn a megfelelő áramlást.<sup>26,27</sup> Ezzel az eljárással csökkenteni lehetett a gerincvelői károsodást II-es típusú TAAA-k nyitott műtétei révén 41%-ról 13%-ra (OR 0,21,  $p < 0,003$ ).<sup>26</sup> Ez a közlemény is jó példa arra, hogy milyen metodikai hibák vannak, itt például a distalis perfúzióval egy időben kezdték a cerebrospinalis folyadék drenázsát. Japán centrumban mérték a műérrel készült bypass, a Gott-sönt és a Bio-

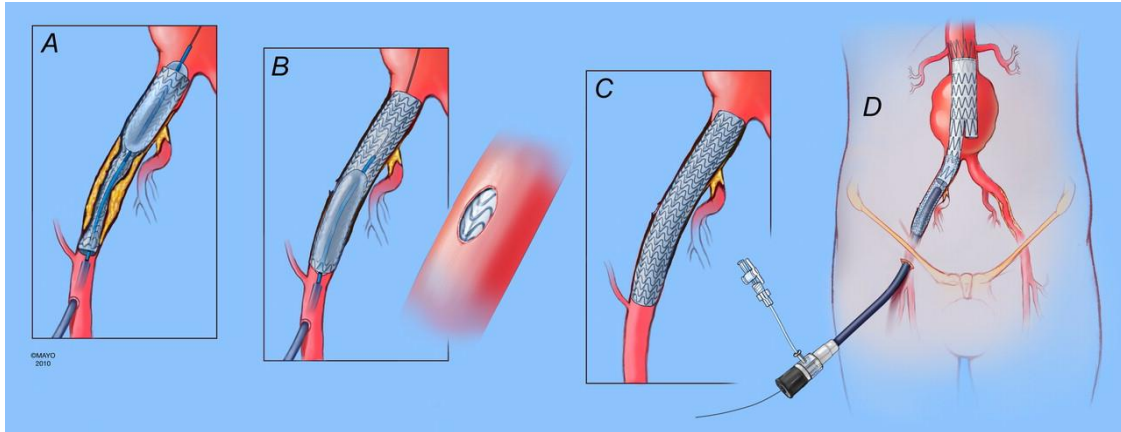
Medics centrifugális pumpával végzett balkamra-bypass hatásosságát. A középnyomásosítás  $42 \pm 14$  Hgmm volt a műérrel,  $31 \pm 7$  Hgmm a Gott-sönttel és csak  $9 \pm 10$  Hgmm a Bio-Medics pumpával.<sup>28</sup>

Látszólag ez olyan technika, amelynek megvitatására nincs szükség endovascularis terápia kapcsán, mivel nincs kirekesztés. Ez azonban csak részben van így. Az aorta valóban nem kerül kirekesztésre a rekonstrukció befejezéséig, ám a nagyméretű felvezetőrendszer miatt az a. iliaca externában, communisban és ennek megfelelően az a. iliaca internában is jelentős mértékben csökken vagy megszűnik ideiglenesen az áramlás. A sheath (az endoprotézist fedő hüvely, amely gyakran a felvezetőrendszer külső váza) minél hamarabbi visszahúzásával, illetve conduitok (műerek) alkalmazásával helyreállítható az a. iliaca és az alsó végtag áramlása, s ezzel számottevően csökkenthető a gerincvelői károsodás mértéke.<sup>18,29</sup>

### 1.2.3 Conduitok alkalmazása az endovascularis aortarekonstrukciók kapcsán

A conduit tulajdonképpen egy graft, amely lehet endovascularis (pl. Viabahn) vagy hagyományos nyitott technikával felvarrt műér (pl. Dacron). Alapvetően azt a célt szolgálja, hogy olyan szűk iliacarendszer esetén, amelynél még a sztentgraft felvezetése is kérdéses, egy műérrel, az ún. conduittal való pótlás után elvégezhető legyen a beavatkozás. Ha a conduit endograft, akkor ennek és az eredeti érnek a ballonos tágításával lehet elérni a kívánt átmérőt. Fedett sztent használata mellett az ér repedésekor nem alakul ki vérzés (**6. ábra**).

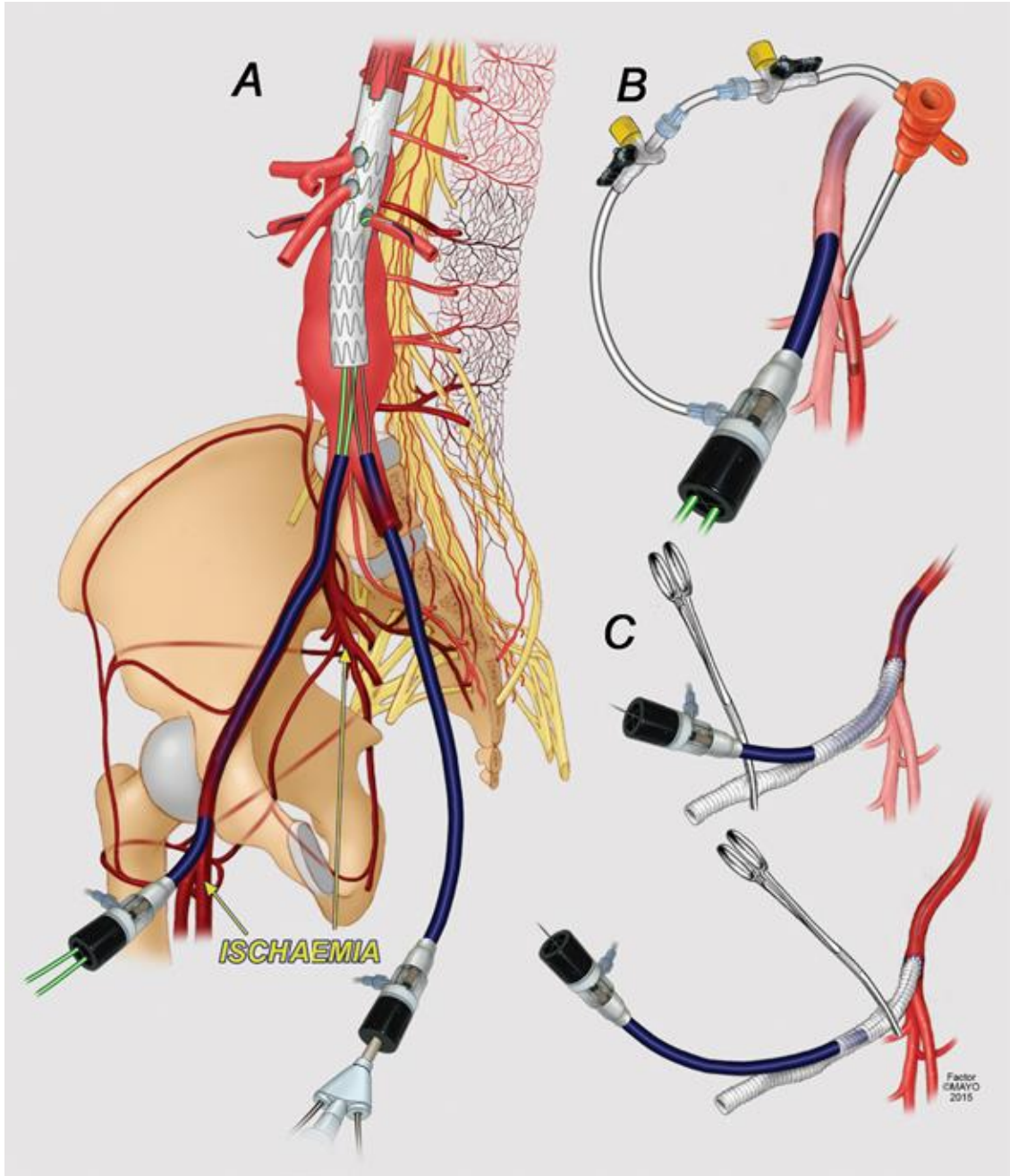




**6. ábra:** Endovascularis conduit használata szűk iliacarendszer esetén. A fedett sztent tágításával érhető el a kívánt átmérő (A), amennyiben a tágítás során az ér megreped (B). A fedett sztent mellett nem alakul ki vérzés, és a sztentgraft implantációja akadálymentessé válik (D). Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.

Nyitott műtét során általában Dacron grafttal készül állandó aortofemorális vagy iliofemorális bypass. Szűk a. iliaca externa esetén ideiglenes a. iliaca communisra varrt grafttal lehet elvégezni a beavatkozást.<sup>30</sup>

A fenti conduittípusok csupán a felvezetést szolgálják. Az általunk, az eddig említetteken kívül, használt ideiglenes femoralis conduitok ezzel szemben kizárólag arra valók, hogy a beavatkozás során a sheath visszahúzásával és a graft lefogásával az alsó végtagi keringés visszaállítható legyen, mert így a gerincvelőt ellátó collateralis hálózatban feltehetően nő az áramlás (7., 17–18. ábra).<sup>29,30</sup>



**7. ábra:** Ideiglenes iliacaconduit használata EVAR során. (A) a sheath elzárja az eret, ezért ischaemia alakul ki. Az ischaemia megszüntethető egy másik, kisebb sheath bevezetésével (B) vagy conduittal (C), amelybe a sheath visszahúzható anélkül, hogy a dróttal megszűnne az összeköttetés. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.

Hasonló okból más eljárásokat is kifejlesztettek, ilyen az axilliofemorális bypass vagy a nagyobb sheath-ből lecsatlakoztatott kisebb sheath bevezetése az a. femoralis superficialisba. Az előbbi extra feltárást igényel, és újabb szövődmény lehetőségét is

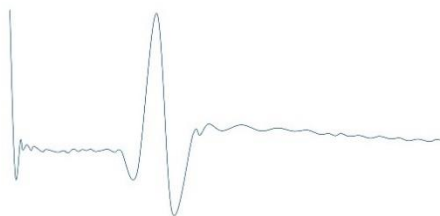
jelenti egyúttal, az utóbbinál viszont kérdéses, hogy megfelelő áramlást tud-e biztosítani. Az ideiglenes conduitnak az a hátránya, hogy nem folyamatos az alsó végtag felé az áramlás.

#### 1.2.4 A szegmentális ágak reimplantációja

A szegmentális ágak jelentősége köztudott a gerincvelő vérellátásában.<sup>31</sup> Ennek ellenére az intercostalis erek reimplantációjának szükségességét korábban többen is vitatták.<sup>14</sup> Ma már több szerző – köztük olyan is, aki az 1990-es években feleslegesnek tartotta (*Acher*) – a gerincvelői ischaemia megelőzésének kulcsfontosságú stratégiájának tartja.<sup>8,32</sup> Ennek alapján sokáig lehetetlennek gondolták a sikeres endovascularis TAAA-terápiát, mivel az ilyen apró ágak nem kerülhetnek be a rekonstrukcióba, mert nem maradnának nyitva. A nyitott műtétek kapcsán bevezetett neuromonitorizálás pontosan a szegmentális ágak beültetését hivatott kontrollált mederbe terelni. Szekvenciális kirekesztés alatt gerincvelői ischaemia gyanúja esetén kerül sor az adott régió szegmentális ágainak beültetésére.

#### 1.2.5 Neuromonitorizálás

Annak ellenére, hogy ez viszonylag új eljárás, a motoros kiváltott potenciál (MEP) monitorizálásának története az 1870-es évekig nyúlik vissza, amikor kutyáknál írták le a cortex direkt elektromos stimulációjakor észlelt ellenoldali mozgásokat.<sup>33</sup> Az 1900-as századfordulón agyműtétek kapcsán már emberen is végeztek direkt corticalis stimulációt (DKS). Ennek optimális időtartama és frekvenciája kérdéses volt. Hosszas kutatások után a *Penfield és Jasper* (1954) által leírt, másodperc hosszú, 50–60 Hz pulzusláncolat lett a standard corticalisfeltérképezésre szolgáló eljárás.<sup>34</sup> Ez általánosságban még mindig nem volt alkalmas neuromonitorizálásra, direkt corticalis stimulációt igényelt, és helyi érzéstelenítésben működött a legjobban.



**8. ábra:** Mellkasi D-hullám.

Ugyanebben az évben írták le a DKS által számos corticospinalis kötegen kiváltott direkt D-hullámot, amelyet indirekt I-hullámok követnek.<sup>35</sup> Az 1980-as években *Merton és Morton* dolgozta ki a transcranialis stimulációt (elektromos és mágneses), amelyet a '90-es évekre fejlesztettek odáig, hogy már altatás közben is lehetett D-hullámokat regisztrálni **(8. ábra)**; ez azonban még mindig invazív elektródaelhelyezést kívánt.<sup>36,37</sup> A kilencvenes évek közepén sikerült transcranialisan kiváltani motoros potenciált **(9. ábra)**, amelyet a periférián, az izmokon lehet mérni.<sup>38,39</sup> Ez kevésbé invazív módszer, és általánosságban használható bármilyen sebészeti eljárás során.<sup>40</sup>



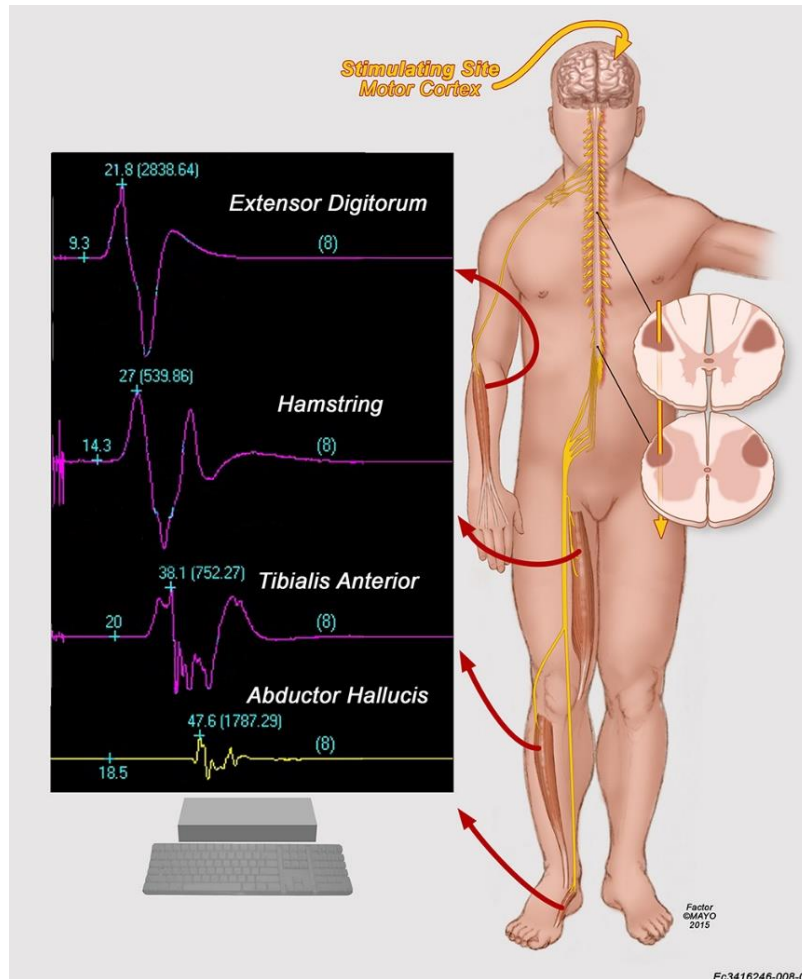
**9. ábra:** Transcranialisan kiváltott m. tibialis anterior potenciál.

#### 1.2.5.1 Anatómia a neuromonitorizálás szempontjából

Az elsődleges motoros mezőt a precentrális gyrus neuronjai képezik. Mozgást kiváltó külső elektromos stimulussal ennek a területnek a neuronjai ingerelhetők a legalacsonyabb küszöbvel. Az arc, a nyelv, a kéz és az alsó végtag beidegzőterülete jóval nagyobb, mint a kevésbé precíz mozgásokat igénylő izmoké, ezért is célszerű az alsó végtag izmait vizsgálni. A kéreg és a gerincvelő között a corticospinalis pálya adja az összeköttetést. A rostok a kéregtől a capsula internán keresztül az agytörzs basisába érkeznek (crus cerebri, basis pontis), majd a nyúltvelőben (a piramisban) a rostok többsége (70–90%) kereszteződik, és az oldalsó (lateralis) kötegen haladnak lefelé. A maradék rostok nem kereszteződnek át a piramisban, és a ventralis corticospinalis pályán haladnak lefelé – ezek főleg axiális izmokat idegeznek be, és többségük a thoracalis szakaszon végződik. A transcranialis motoros kiváltott potenciál (tc-MEP) szempontjából a lateralis corticospinalis pálya a legfontosabb, mert a distalis izmokat vezérlő pályák nagyrészt ebben futnak.<sup>33</sup> A rostok többsége internuncialis neuronokon végződik, innen kapcsolódnak az alfa-motoneuronra. Az indirekt

(extrapiramidális) rendszer – amely a mozgások automatikus elemeit, az izomtónust szabályozza, valamint az akaratlagos mozgások rendezettségéért felel – szintén a precentrális mezőből indul, és innen többek között a corpus striatumhoz, a subthalamicus magokhoz és a kisagyhoz kapcsol át. A gerincvelőben a tractus tectospinalis, a tractus rubrospinalis, a tractus reticulospinalis, a tractus vestibulospinalis, a tractus olivospinalis és a fasciculus longitudinalis medialis szállítja a rostokat, és innen ugyanúgy érik el az alfa-motoneuront, mint a piramispálya rostjai. Az indirekt rendszer által közvetített potenciálok feltehetően nem közvetlenül észlelhetők az alsó végtagi tc-MEP-jelekben, hanem csak befolyásolják azt.<sup>33</sup>

A fentieket összefoglalva, a motoros pályák vizsgálatakor az eljárás lényege az, hogy a fejbőrbe szúrt elektródával a koponyán keresztül ingerlik a motoros kérget. A kiváltott elektromos potenciál az agyban és a gerincen végighaladva eljut az izmok működéséért felelős alfa-neuronig. Amennyiben a potenciál eléri az ingerküszöböt, az alfa-neurontól a perifériás idegen keresztül összehúzza az alsó végtag izmait. Ez a transcranialisan kiváltott motoros potenciál. A kéregre leadott ingerlés természetesen nem csak az alsó végtagon vált ki kontrakciót. Az összehúzódás mértékét regisztrálják és hasonlítják össze a beavatkozás során az alaphelyzeti méréssel, amelyet a műtét kezdetén vettek fel.<sup>41</sup> Általában az alaphelyzeti mérés 25%-ra csökkent értékét (75%-os redukció) tekintik kórosnak.<sup>42,43</sup> A leggyakrabban használt mérési pont a m. tibialis anterior. Emellett esetenként a m. abductor hallucis is szerepelhet **(10. ábra)**.<sup>42,43</sup>

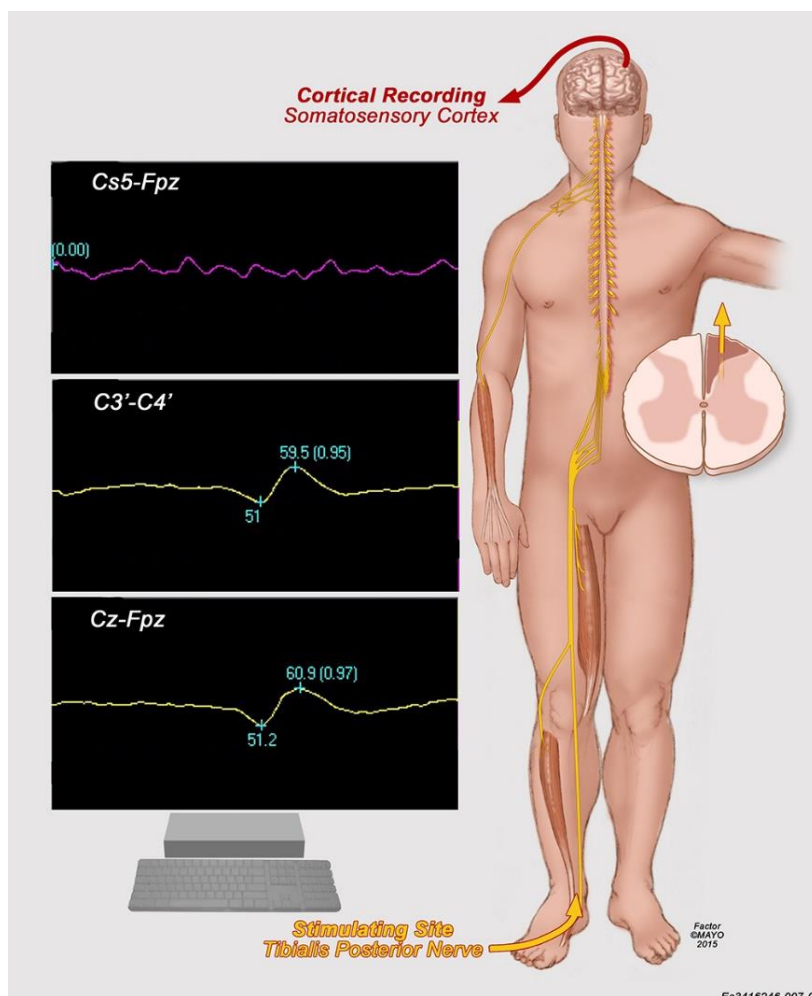


**10. ábra:** A motoros válasz kiváltása.

A koponyacsonton keresztül ingerelt mozgatókéregből a gerincvelőn áthaladó ingerület összehúzza az alsó végtag izmait. Az adott izmokon az összehúzódás mértékét mérjük. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.

Az alsó végtagi elvezetések mellett minden beállításban van felső végtagi kontroll. Ez olyan általános hatások ellenőrzésére szolgál, mint például a testhőmérséklet miatt bekövetkező változás, gyógyszer befolyása. Nyitott műtétnél relaxáns adása nehezíti a mérést, a distalis perfúzió viszont javítja, ugyanis az alsó testfél keringésének fenntartásával elkerülhető az alsó végtagi ischaemia. A szenzoros pályák vizsgálatakor általában a bokánál elhelyezett elektródán keresztül a n. tibialist ingerlik, amely ugyancsak a gerincen keresztül jut a thalamusba és onnan az agykéreghez. Az érzékelő elektródák lehetnek a gerinc lefutásának mentén, a nyakon, valamint a fejbőrben. Felső végtagi kontrollt a szenzoros kiváltott válasznál is alkalmaznak (**11. ábra**).





**11. ábra:** Szenzoros válasz kiváltása.

Az alsó végtag perifériás idegének ingerlésével létrejövő jel a gerincvelőn áthaladva a szenzoros kéregben vált ki elektromos jeleket, amelyeket a koponyacsonton keresztül regisztrálunk. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.

1.2.5.2 Neuromonitorizálás alkalmazása aortarekonstrukciók során

Kutyákon végzett kísérletek után a thoracoabdominalis aorta műtéteinél elsőként a szenzoros pályák vizsgálatával próbálták a gerincvelői integritást monitorizálni, még mielőtt a direkt motoros funkció ellenőrzésére alkalmas eljárást kifejlesztették volna.<sup>44–49</sup>

Az első próbálkozások (Crawford, 1988) nem voltak meggyőzőek, függetlenül attól, hogy volt-e distalis perfúzió, vagy sem. Közvetlen, műtét utáni paraplegia és késői paraplegia azonos számban alakult ki. A szomatoszenzoros kiváltott potenciál (SSEP) változásai nem minden esetben korreláltak az ébresztés utáni neurológiai vizsgálattal: történt SSEP-változás neurológiai esemény nélkül, és különösebb SSEP-ingadozás nélküli műtét után

is előfordult paraplegia (13%). Azoknál a betegeknél, akiknél a SSEP-változás nem javult a műtét végére, csak 32%-ban észleltek neurológiai deficitet.

Mivel a gerincvelői ischaemia predilekciós helye az elülső szarv, sokkal célszerűbb lenne a motoros pályák közvetlen vizsgálata tc-MEP-monitorizálással a szenzorossal szemben. Nyitott műtéteknél azonban szükség van relaxáns használatára, ezenfelül a halogenizált inhalációs anesztetikumok és a nitrogén-oxid csökkenti a tc-MEP-jeleket.<sup>50</sup> A neuroprotektívnek gondolt hűtés ugyancsak gyengíti a jeleket. Mindezeket együttesen figyelembe véve, nyitott rekonstrukciók során csak stabil koncentráció mellett adagolt narkotikumokkal és ügyesen egyensúlyban tartott relaxánsokkal lehetséges a pontos és megbízható neuromonitorizálás, amelynek gyakorlati kivitelezése rendkívül nehéz. Az előbbieken kívül jelentkezik még egy fontos probléma, amely a mi vizsgálatainkban is fontos kérdés volt: az alsó végtagi ischaemia befolyása a neuromonitorizálásra. Az első közlemény, természetesen nyitott TAAA-rekonstrukció kapcsán, csak 1997-ben jelent meg (*de Haan és Jacobs*).<sup>42</sup> Húsz betegnél végeztek neuromonitorizálást tc-MEP-pel. vekuróniummal történt a neuromuscularis blokádnak (relaxáció), amelynek mélységét egy adott értéken próbálták tartani, ún. Relaxograph neuromuscular transmission monitor segítségével. Ez a műszer a n. ulnarisson keresztül közvetlenül ingerelte a hypothenar izomzatát. A készülék a keletkező akciós potenciált vetette össze a műtét elején felvett értékkel: ha a csökkenés az eredeti érték 20%-a alá esett, akkor felfüggesztette az infúziós pumpán keresztül adagolt relaxáns további beadását, így automatizálva és stabilizálva műtét közben a relaxáció mértékét. Mindkét lábszáron csak a m. tibialis posterior került regisztrálásra az operációk során. A tc-MEP alapján (ha az eredeti amplitúdó 25%-a alá csökkent) két preventív manővert alkalmaztak a gerincvelői ischaemia kivédésére. Elsőként a distalis perfúziót és az artériás középnyomást emelték, a másik manőver pedig a szegmentális ágak reimplantációja volt. Ha a neuromonitorizálás alatt nem merült fel a gerincvelői ischaemia gyanúja, akkor az aorta szegmentális ágait elvarrták. A módszer abban a tekintetben szenzitív volt, hogy a műtét végén azonnali paraplegia esetén a tc-MEP-jel mindig (2 alkalom) a normáltartományon kívülre esett. A vizsgálat specifikussága azonban nem bizonyult tökéletesnek: két betegnél, akiknél nem volt distalis perfúzió, a jelek csökkenését észlelték, amelyek az aorta felengedése után – amikor az alsó testfél keringése helyreállt – visszatértek. Ennél a két esetnél feltehetően alsó végtagi ischaemia okozta a jelek amplitúdójának csökkenését.<sup>42</sup>



Hasonló eredményekről számolt be több aortacentrum is (University of Texas Medical School, Houston, TX és Mayo Clinic, Rochester, MN, USA), ahol SSEP- és tc-MEP-mérések is történtek. A tc-MEP-vizsgálat ezekben az esetekben is szenzitív volt az azonnali paraplegia – műtét végén észlelt tc-MEP-jelek viszonylatában, de a specifikussággal itt is adódtak gondok.<sup>51,52</sup> Még korábban végzett kísérletes vizsgálatok ugyancsak az aortakirekesztéssel kapcsolatos jelvesztés specifikusságának problémáját vetették fel.<sup>49</sup> Bár elvileg distalis perfúzió kapcsán nem jellemző az alsó végtag vérhiányos állapota, az erre vonatkozó specifikus vizsgálatok nélkül ez nem zárható ki teljesen.<sup>53,54</sup>

#### 1.2.5.3 Lehetséges szövődmények neuromonitorizálás kapcsán

Bár a neuromonitorizálás következtében fellépő szövődmények előfordulása ritka, leírtak néhány komplikációt.<sup>54</sup> A skalpba helyezett elektródán keresztül a fejbőr égése néha előfordulhat, ennek lehetősége mindazonáltal minimális a leírt standardok alapján, feltehetően az eszköz meghibásodása az ok.<sup>33,54,55</sup> Felléphet elektrokémiai sérülés, azaz elektrokémiai reakcióval képződő toxikus anyagok miatti károsodás is, ezt elvileg ezt 1 ms-ot meghaladó monofázisos, direkt corticalis pulzus tudná létrehozni. Az aortasebészetben is használt transcranialis ingerlés elvileg biztonságos ebből a szempontból.<sup>33,54</sup> Excitotoxicitás – azaz amikor a folyamatosan felszabaduló neurotranszmitterek miatt károsodik a neuron – elméletileg lehetséges a folyamatos ingerlés miatt. Állatkísérletekben ki tudták ugyan váltani, de csak extrém hosszúságú, többórás ingerléssorozattal.<sup>56</sup> Embereknél anterior temporalis lobectomiát megelőző napon végzett 2–5 másodperc hosszú, 50 Hz-es ingerlés után sem tudtak károsodást kimutatni.<sup>57</sup> A leggyakoribb szövődmény a harapás, 0,2%-os incidenciával. Főleg C3/C4 elektróda felhelyezése mellett fordul elő, az esetek többségében kisebb, könnyen gyógyuló ajak-, nyelv- és szájsérülések következnek be, de leírtak állkapocstörést és az endotrachealis tubus szétharapását is.<sup>33</sup> Eszméletvesztés, epilepsziás roham előfordulhat, de főleg direkt corticalis ingerlés esetén (1%). Transcranialis ingerlésnél az incidencia csupán 0,03%.<sup>33</sup> Invazív elektródafelhelyezéskor számolni kell az elektróda miatt bekövetkező sérülésekkel, vérzéssel, infekcióval. Van olyan sebészeti ág, mint például a motoros kéreg közelében végzett agyi műtétek, ahol ezek a rizikók nem jelentősek a monitorizálással nyerhető előnyökhöz képest, de akad olyan is, mint például a

szkoliózisbeébeszet vagy az aortarekonstrukciók, amelyek során az invazív, gerincvelői elektróda felhelyezése nem kifizetődő.<sup>58,59</sup> Sebészeti beavatkozás alatt a beteg mozgásából eredő sérülés még az agyi, mikrotechnikákat felvonultató műtétek alatt is ritka: a neuromonitorizálás feltételezi az összhangot a sebész és a technikusok között, hogy ne kritikus pillanatban ránduljon meg a beteg.<sup>40</sup> Az aritmia szintén rendkívül ritka, és nem pontosan ismeretes, hogy a szabályzómechanizmusok zavara miatt alakul ki, vagy a fejet és az alsó végtagot összekötő elektródák közötti direkt elektromos hatás váltja ki. Mivel előfordulása ritka, inkább az EKG-n látható zavaró jelek esetén nehéz eldönteni néha, hogy aritmia vagy csak zaj látható a monitoron.<sup>33</sup> A neuromonitorizálás relatív kontraindikációját képezi az epilepszia, a corticalis laesiók, ha a koponya nem intakt, az intracranialis klip, a sönt, vagy ha pacemaker került korábban behelyezésre. Mivel ezek veszélyességére nincs egyértelmű vizsgálat, a kérdéses helyzetekben mindig az adott eset/beteg körülményei döntenek el a neuromonitorizálással vagy az annak elhagyásával járó rizikókat. Összefoglalva, a transcranialis stimulációval járó szövődmények jelentkezése rendkívül ritka, még a viszonylag gyakrabban előforduló harapásos esetek nagy része is megelőzhető puha, harapásgátló védőeszközzel.

#### 1.2.6 Epiduralis vagy általános hűtés

Amennyiben az aorta lefogásának ideje hosszabb, nő a gerincvelői ischaemia veszélye. A testhőmérséklet csökkentésével azonban lassíthatók a gerincvelői ischaemia által okozott káros hatások: számos kísérleti és klinikai tanulmány kimutatta, hogy a thoracoabdominalis aorta kirekesztése alatt használt hűtés mérsékli a gerincvelői ischaemia előfordulásának kockázatát és a károsodás mértékét.<sup>9,52,60,61</sup> Ennek oka a feltételezések szerint az általános metabolizmus csökkenése, illetve az alacsonyabb hőmérsékletnek membránstabilizáló hatása is lehet, további védelmet biztosítva a sejteknek oxigénhiány esetén.<sup>62</sup> Reperfúzió során hypothermia mellett több hősokkfehérje termelődik, amelyek az apoptózist gátolják.<sup>63</sup> Klinikai tapasztalat a hűtés protektív hatásáról már az 1950-es évektől van (*DeBakey és mtsai*).<sup>61</sup> A hűtés formája lehet mély (20–24,9 °C) és mérsékelt (25–28 °C).

A hűtés lehet továbbá szelektív, ami az jelenti, hogy valamilyen módon közvetlenül a cerebrospinalis folyadékot érinti, illetve általános, amikor az egész test és ezzel együtt

a gerincvelő hűtése válik szükségessé. Az első klinikai vizsgálatokat szívsebészeti közleményekben tették közzé; a jótékony hatás mellett a szövődmények is gyakoriak voltak.<sup>9</sup> *Kamiya és mtsai* nem találtak lényeges különbséget szelektív hűtés során a mély és a mérsékelt hypothermia protektív hatásában, de – és ez az általános vélemény a hypothermia mellékhatásáról – több alkalommal észleltek vérzéses szövődményt mély hypothermia esetén.<sup>64</sup> Epiduralis hűtés során vékony falú, 15 G nagyságú tű segítségével a Th 11–12 között kerül bevezetésre a katéter. Már a kirekesztés előtt 4–6 °C-os fiziológiás sóoldat áramoltatása kezdődik, s a célhőmérséklet 25 °C, melyet a distalis anasztomózis felengedéséig tartanak fenn.<sup>65</sup> Kevésbé invazív – és ezzel a lehetséges szövődmények kockázata csökkenthető – az általános hűtés, amely nemcsak a gerincvelőnek, hanem más szerveknek a károsodását is megelőzheti a kirekesztéskor. Distalis perfúzió során a beteg testhőmérséklete aktívan változtatható.<sup>66–69</sup> Neuromonitorizálás esetén figyelembe kell venni a hypothermia mellett észlelt jelcsökkenést is.<sup>52</sup>

#### 1.2.7 Szakaszokra bontott kezelési stratégia (staged repair)

Ez szintén nyitott kezelési stratégia, amelynek az endovascularis megfelelője is megjelent.<sup>19,70,71</sup> Nagy kiterjedésű, főleg II-es típusú TAAA rekonstrukciója során írtak le kedvezőbb paraplegiaarányokat, ha elsőként I-es típusú TAAA, illetve nagy kiterjedésű mellkasi aortaaneurizma került rekonstrukcióra, és a distalis szakasz csak hónapokkal, évekkel később. Az előbbiekből következik egy fontos metodikai dilemma is: a gerincvelői keringést nyilvánvalóan befolyásoló korábbi aortarekonstrukciót általában nem szokták figyelembe venni az elváltozás kiterjedésének meghatározásakor. Így a több szakaszra bontás lehet tervezett, illetve a körülmények miatt nem tervezett. Ez utóbbi nemcsak a korábbi beavatkozásokra vonatkozik, hanem olyan endovascularis műtétekre is, amikor a rekonstrukciót nem sikerül egyetlen beavatkozás alatt befejezni – például az egyik visceralis ág beültetése nem volt sikeres, így a keringés továbbra is fennmarad az aortában, és csak ismételt beavatkozással sikerül a kezelést teljesen befejezni.

A szakaszokra bontott kezelési stratégia ugyancsak a collateralis rendszer adaptációjára épül. Malacokon végzett kísérletekkel bizonyították, hogy az összes szegmentális ág egyidejű lekötésével a gerincvelőt ellátó collateralis hálózatban a nyomás közel 73%-kal esett, és közel 5 napba telt, amíg ismét elérte az alapértéket. Ha azonban a lekötések

két fázisban 7 nap különbséggel történtek, a nyomás csak 30–50%-kal csökkent, és az alapértékre is gyorsabban tért vissza.<sup>72</sup> *O'Callaghan és mtsai* Clevelandből igazolták a teória helyességét klinikai körülmények között.<sup>19</sup> A vizsgálat külön értéke, hogy csak az általuk tervezetten két részre bontott beavatkozásokat vonták be, korábbi rekonstrukciókat kizárták a vizsgálatból. A több részre bontás ebben a közleményben is az aorta rekonstrukcióját jelenti, azaz az első fázis az aorta proximális részének lefedése, minél közelebb a truncus coeliacushoz. Mivel a fenesztrált sztentgraftok többsége specifikusan a beteg anatómiájához van tervezve, ezek elkészítése és szállítása 6–12 hetet vesz igénybe. Ebben a vizsgálatban – és a jelenlegi gyakorlatban is – a több szakaszra bontás nem veszélyezteti jobban a beteg életét az esetleges ruptura miatt, mivel a második szakasz ideje megegyezik az egyszakaszos műtéthez szükséges várakozási idővel.

#### 1.2.7.1 Perfúziós ág

A másik többszakaszos rekonstrukciós módszer a szegmentális ágak keringését fenntartó perfúziós ág: ez a többi visceralis fenesztrációhoz hasonlóan egy nyílás a főtesten, amely fenntartja a keringést az aneurizmászakban és így a szegmentális ágakban is. Először *Reilly és mtsai* közöltek egy sikeres esetet, amikor endovasculáris II-es típusú TAAA-rekonstrukció után „endoleak”-et (az aneurizmászakon belüli áramlást) idéztek elő, és a korábban észlelt paraplegia megszűnt. Szisztematikusan használt perfúziós ágat *Ivancev és mtsai* közöltek először.<sup>73</sup> Ez általában a sztentgraftfőtesten készített, visceralis összeköttetés nélküli ág volt, amely nyitva marad a rekonstrukció során, és pár héttel később zárják be, amikor a lefedett szegmentális ágakat ellátó collateralis rendszer megerősödik. Sajnos az általuk közölt széria paraplegiaeredményei nem jobbak a korábban közölt paraplegia-előfordulásnál. *Kasprzak* elevenítette fel ismét ezt a technikát az utóbbi időben, és közölt alacsony paraplegiaarányt (1/29) I–III-as típusú TAAA esetén.<sup>74</sup> A perfúziós ág hátránya, hogy a rekonstrukció alatt és közvetlenül utána különböző erőhatásoknak kitett aortában nem változik a nyomás, és ez esetleg ruptúrához vezethet. A perfúziós ág az egyszerűség kedvéért – vagy szükség esetén – valamelyik visceralis ág is lehet, amelyet a beavatkozás során nem vontak be a rekonstrukcióba.

### 1.2.8 Cerebrospinalis drenázs

A liquordrenázs gerincvelői protektív hatását már *Miyamoto és mtsai* (1960), valamint *Blaisdell és Cooley* (1962) fölvetette.<sup>75,76</sup> Az eljárásnak a Mayo Klinikán is komoly hagyományai vannak: 1988 óta a TAAA-rekonstrukció része, amióta *Hollier és mtsai* kísérletes bizonyítékkal szolgáltak, kutyamodellen igazolva a liquordrenázs alkalmazásának neuroprotektív hatását.<sup>77,78</sup> Ettől függetlenül a sebésztársadalom szkepticizmusa sokáig kitartott. Maga Crawford is hasztalannak minősítette még 1991-ben, és csak a saját munkacsoportjuk által bemutatott eredmények után (*Safi*, 1994) kezdte folyamatosan alkalmazni a többi nagyobb centrummal együtt.<sup>79,80</sup>

A CSF-drenázs elsődleges célja, hogy növelje a gerincvelői collateralis hálózat perfúzióját, amely függ az artériás vérnyomástól, a centrális vérnyomástól és liquor nyomásától.

A collateralis hálózatban mért nyomás nem egyenlő pontosan az artériás középnyomással (MAP): megközelítőleg annak 70%-a,<sup>72</sup> s ez a szegmentális ágak lefedésével akár 25%-ra le tud esni.<sup>72</sup> Éppen ezért fontos a vénás nyomásnak, de főleg a liquornyomásnak az alacsonyan tartása a rekonstrukció alatt és után. Posztoperatív időszakban kialakult paraplegia esetén több alkalommal sikerült spinalis drén behelyezése után visszaállítani a folyamatot.<sup>6,29,81</sup> A CSF-drenázs hasznosságának jelenleg nincs egyértelmű bizonyítéka. A használatát említő több ezer tudományos cikk közül jellemzően csak 10 volt olyan, amelyben ez a metódus szerepelt mint fő gerincvelői protektív módszer, és emellett volt kontrollcsoport, valamint a gerincvelői károsodás előfordulása egyértelműen került közlésre.<sup>82</sup> Csak három randomizált klinikai vizsgálat foglalkozott a CSF-drén hatásával. Ebből az első, a *Crawford* (1991) által bemutatott eredmények nem találtak egyértelmű hasznot a drenázs alkalmazásában, míg a két másik későbbi randomizált vizsgálat igen.<sup>79,83,84</sup> Az okok között felmerülhet, hogy a Crawfordék által használt protokoll eltért a többitől: a liquornyomást csak a betegek felénél csökkentették 10 Hgmm alá, továbbá a drenázs mennyisége nem haladta meg az 50 ml-t, így nem biztos, hogy a módszerben lévő, megfelelő perfúziót elősegítő hatás érvényesülni tudott. Ezzel szemben a *Svensson és mtsai* által vezetett vizsgálatot a helyi etikai bizottság leállította, mivel CSF-drenázzsal szignifikánsan jobbak voltak az eredmények. A vizsgálat leállítása miatt a metaanalízisben a sikeres esetekből így kevesebb lett. A metaanalízis összesített eredménye hét nyitott és három endovascularis TAAA-vizsgálatot figyelembe véve így

is szignifikáns előnyt mutatott a CSF-drenázs javára mérsékelt, de nem szignifikáns heterogenitás mellett. Az összesített NNT 14 volt 7%-os abszolútrizikó-csökkenéssel. Ezek az adatok enyhén rosszabbak, mint a *Cinà és mtsai* által készített szisztematikus összefoglaló eredményei egy évtizeddel korábbról (NNT: 11, abszolútrizikó-csökkenés: 9%).<sup>85</sup>

Az endovascularis TAA-TAAA rekonstrukciók kapcsán is nehéz elemezni a CSF-drenázs hasznát, mivel jelenleg csak három olyan cikk lelhető fel, amely kontrollcsoportot is tartalmaz. A vizsgálatok rendkívül heterogének: a *Bisdas és mtsai* által közölt vizsgálatban a szelektív használat protokollja nem volt állandó, így az általa közölt eredmény, miszerint a drenázsnak nincs védőszerpe, erősen kritizálható.<sup>86</sup> Az *Arnaoutakis és mtsai* által közölt eredmények sem bizonyították a drenázs egyértelmű sikerességét, bár közleményük szerint minden beteg, akinél paraplegia alakult ki, „jól reagált” a drenázsra, így konklúziójukban úgy vélik, hogy a drenázs használata jobb eredményt hozott.<sup>87</sup> *Hnath és mtsai* szignifikánsan alacsonyabb gerincvelői károsodást mutatnak, annak ellenére, hogy abban a csoportban, ahol drenázst használtak, több alkalommal került lefedésre az a. subclavia, és a rekonstrukciók kiterjedése is nagyobb volt.<sup>88</sup>

#### 1.2.9 Perfúziós nyomás

Nyitott műtét esetén az állandó, stabil gerincvelői perfúziót a vérnyomás kontrollja, a műtét során reimplantációra nem kerülő ágak mihamarabbi elöltése, valamint a CSF-drenázs adja.<sup>62</sup> Az endovascularis terápia során az állandó stabil vérnyomás mellett az állandó perfúziós nyomást az a. iliaca interna és az a. subclavia szükség szerinti revascularisatiója, az a. femoralis felől felvezetett sheath minél hamarabbi visszahúzása, valamint itt is a CSF-drenázs biztosíthatja.<sup>17,18</sup>

## 2 CÉLKITŰZÉSEK

A jelen dolgozatban a Mayo Klinikán a komplex endovascularis aortaműtétek kapcsán kialakított gerincvelői protektív protokollt elemezzük, különös figyelemmel a neuromonitorizálás metodikájára és a sztentgraft bevezetési módjainak lehetőségére. Vizsgálataink során a következőket szeretnénk megismerni:

1. Milyen mértékben és eredménnyel alkalmazhatók a klinikai gyakorlatban az általunk tervezett gerincvelői védelmi lépések?
2. Mennyire egyezik a neuromonitorizálás során észlelt jelek (tc-MEP/SSEP) csökkenése az ébresztést követő neurológiai vizsgálattal, azaz mennyire szenzitív és specifikus a vizsgálat?
3. Jár-e fokozott rizikóval a teljes perkután zárás – vérzés az ebből fakadó keringésmegingás és esetleges gerincvelői károsodás szempontjából?

### 3 MÓDSZEREK

#### 3.1 BETEGANYAG ÉS VIZSGÁLATI TERV

Vizsgálatainkba a Mayo Klinikán 2009 novemberétől 2014 augusztusáig aorta descendens aneurizma, I–IV-es típusú TAAA, juxta-, pararenalis és paravisceralis abdominalis aorta és aortoiliacalis aneurizma (AAA) miatt endovascularis rekonstrukción átesett páciens került be. A neuromonitorizálás elemzésébe 2011 júliusától 2014 augusztusáig, csak I–IV-es TAAA miatt terápián átesett betegeket vontunk be. Vizsgálatainkat a Mayo Klinika etikai bizottsága (Institutional Review Board [IRB]) elfogadta. Minden betegnél fenesztrált/branched endograft került beültetésre Cook eszközzel. A betegek terápiája az Amerikai Egyesült Államok Élelmiszer- és Gyógyszerengedélyeztetési Hivatala (FDA) által ellenőrzött, kezelőorvoshoz kötött vizsgálat (IDE) keretén belül történt – a ClinicalTrials.gov oldalon regisztrálva (NCT1937949 and NCT02089607). Minden beteg a beleegyezését adta a klinikai vizsgálatban való részvételhez, amelyhez hozzátartozott a kötelező felülvizsgálatokon való megjelenés is. A betegek demográfiai adatait, klinikai rizikófaktorait az Amerikai Érsebészeti Társaság (Society of Vascular Surgery) és az Amerikai Altatóorvosok Társasága (American Society of Anaesthesiologists) által kiadott pontrendszer alapján állapítottuk meg.<sup>89,90</sup> A túlsúly meghatározására BMI-t használtunk: túlsúlyosnak tekintettük a 25–30 kg/m<sup>2</sup> értéket, és elhízottnak a 30 kg/m<sup>2</sup> felettit. A betegadatokat online felületen voltak prospektívan vezetve (RAVE clinical data management system, Medidata, New York, NY, USA). A beválasztási és kizárási kritériumok az IDE-protokollon alapultak **(I. táblázat)**.



**I. táblázat.** Beválasztási és kizárási kritériumok.

---

JELLEMZŐK

---

**Bevonási kritériumok**

Aorta- vagy aortoiliacalis aneurizma >5 cm

Aorta- vagy aortoiliacalis aneurizma növekedése >0,5 cm/év

**Kizárási kritériumok**

*Általános kizárási kritériumok*

Életkor <18 év

Várható élettartam <2 év

Terhesség vagy szoptatás

Nem kíván a kontrollvizsgálatokon megjelenni

Nem tudja/akarja a vizsgálati beleegyezést elfogadni/aláírni

Kezdeti kreatinin >2,0 mg/dl

Vért kulturális vagy egyéb okból nem kaphat

Poliészter- vagy fémérzékenység

Kontrasztanyag-allergia

Rupturált aneurizma

Nem korrigálható véralvadási probléma

Bármilyen korábbi sztentimplantáció olyan zsigeri ágba, ahová kis fenesztráció kellene

*Anatómiai kizárási kritériumok*

Súlyos atherosclerosis, megtörtetés, kalcifikáció

Proximalis nyak átmérője haránt CTA-képen külső faltól külső falig >31 mm vagy <19 mm

Proximalis nyak megtörtetése >45°

Proximalis nyak átmérőjének változása a zárózóna hosszában >4 mm

Arteria iliaca átmérő, belső faltól belső falig mérve <7,5 mm

A distalis fixáció szakaszán az a. iliaca átmérője >21 mm

Az a. iliaca distalis fixáció hossza <30 mm

Nem lehet legalább egy a. hypogastricát megtartani

A. renalis szűkület >50%

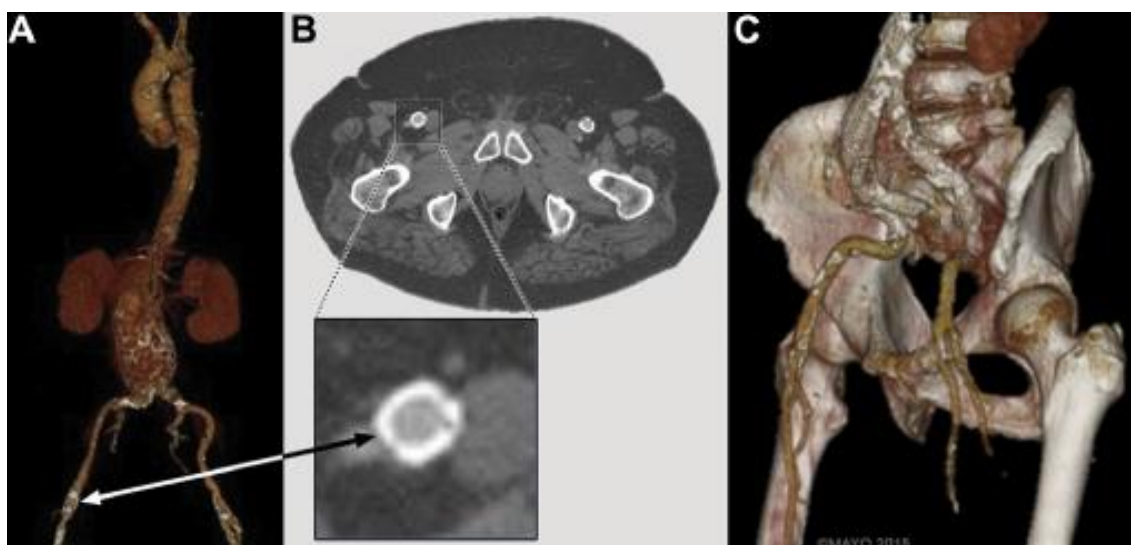
---

A beavatkozást sikeresnek vettük a sztentgraft-implantáció szempontjából, ha a sztentgraft és a visceralis sztentek minden elemét sikeresen ültettük be. Az érzárás tekintetében sikeresnek tartottuk a beavatkozást, ha a perkután záróeszköz használata után sem vérzésre, sem érelzáródásra utaló jel nem volt, illetve ha az előbbieket gyanúja miatt nem kellett a femoralis artériát sebészi úton feltárni. Korai szövődmények tekintetében minden 30 napon belüli szövődményt, illetve minden, még a beavatkozás után a kórházi kezelésen belüli esetet, az eltelt időtől függetlenül. A késői szövődményeket a kötelezően időrend szerinti kontrollokból, az ezek alapján vezetett prospektív adatbázisból, illetve a jelentett és az elektronikus kórházi rendszerben fellelhető bejegyzésekből gyűjtöttük ki. Az intézetben (Mayo Clinic, MN, USA) minden beérkező orvosi vagy egyéb releváns jelentést elektronikusan jegyeznék (megjegyzéssel, hogy a beteg nem jelent meg a vizsgálaton), képi anyagot feltöltenek, nyomtatott vagy kézzel írott feljegyzést szkennelve, elektronikusan tárolnak. A korai posztoperatív szakban bekövetkező szövődmények közül, az FDA-jelentés miatt megkülönböztettünk kiemelt hátrányos eseményt (major adverse event [MAE]). MAE a bármilyen okból bekövetkező halál, bélischaemia (amely miatt invazív beavatkozás szükséges), szívinfarktus (emelkedett biomarkerek vagy EKG-eltérés alapján), paraplegia, veseelégtelenség (dialízis szükségessége vagy 0,5 mg/dl-nél nagyobb kreatinin-szint-emelkedés), légzési elégtelenség (tüdőgyulladás vagy invazív lélegeztetés igénye 24 órán túl), stroke, és ha a becsült műtét alatti vérvesztés nagyobb, mint 1000 ml a sztentgraft-implantációnál. A késői kontrollok fizikális betegevizsgálatot, komputertomográfiai angiográfiát és a visceralis erek ultrahangvizsgálatát jelentette az elbocsátáskor, majd az után 6–8 héttel, 6 hónap múlva, ezt követően évente.

### 3.2 A PERKUTÁN ZÁRÁSRA ALKALMAS ÉR KIVÁLASZTÁSA ÉS A ZÁRÁS TECHNIKÁJA

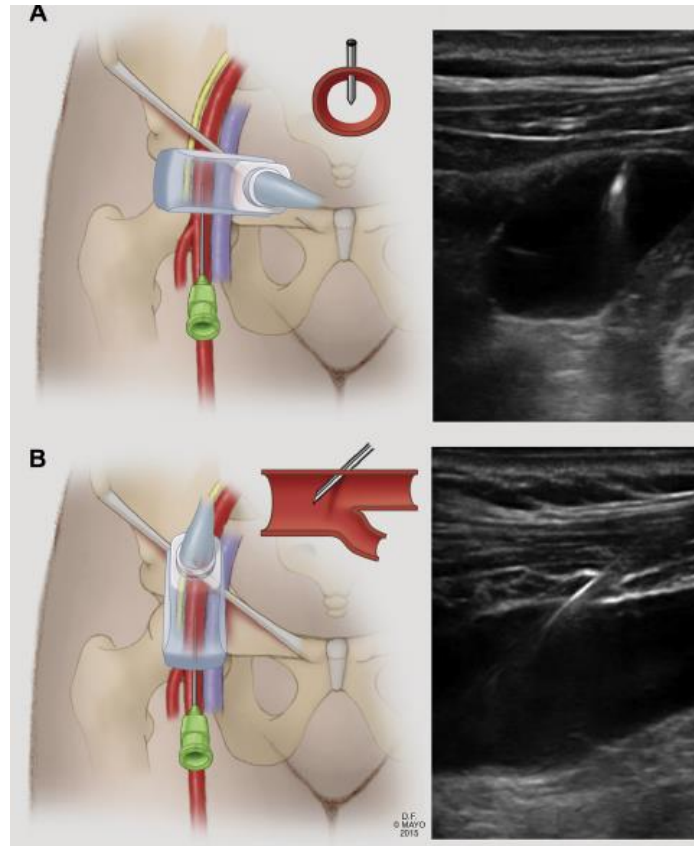
Az általunk elsőként választandó módszer a fenesztrált sztentgraft célba juttatásához: két femoralis felvezetés perkután behatolásból és egy felső végtagi, amely a bal a. brachialis feltárástól történik. A perkután femoralis behatolás kritériumai, hogy a femoralis bifurkáció legalább 2 cm-rel a ligamentum inguinale alá essen, és a verőér elülső fala ne legyen meszes, de a hátsó fal kalcifikációja se haladja meg az 50%-ot (**12. ábra**).<sup>91</sup> A

szúrás 0,018 inches mikropunkciós tűvel, ultrahangvezérléssel történt az a. femoralis communison a bifurkáció felett 1-2 cm-rel. A 0,018 inches vezetődrótot 0,035 inches vezetődróra és 6 Fr-es sheath-re cseréltük (**13. ábra**). Egy kis metszést ejtettünk a drót körül, és a dróton a szubkután szövetek tágítását végeztük, hogy a záróeszköz könnyen az érbe juttatható legyen (**14. ábra**). Mindegyik femoralis punkcióba 2 db Perclose ProGlide záróeszközt (Abbott Vascular, Santa Clara, CA, USA) nyitottunk ki 1:30 és 10:30 irányba, mielőtt a nagy átmérőjű sheath-et bevezettük volna. A rekonstrukció femoralis felől végzett szakasza után egy sima borítású (Terumo Medical Corp, Somerset, NJ, USA) 0,035 inches drótot hagytunk az érben az adekvát zárásig, hogy a kapcsolat a lumennel megmaradjon. Ha a korábban behelyezett két záróeszköz már csomózásra került, de még mindig észleltünk vérzést, akkor az ott hagyott dróton keresztül újabb Perclose eszközzel kíséreltük meg a zárást. További vérzés esetén a nagy sheath-et helyeztük vissza, és az ér feltárása és rekonstrukciója egy kis haránt tomiából történt.

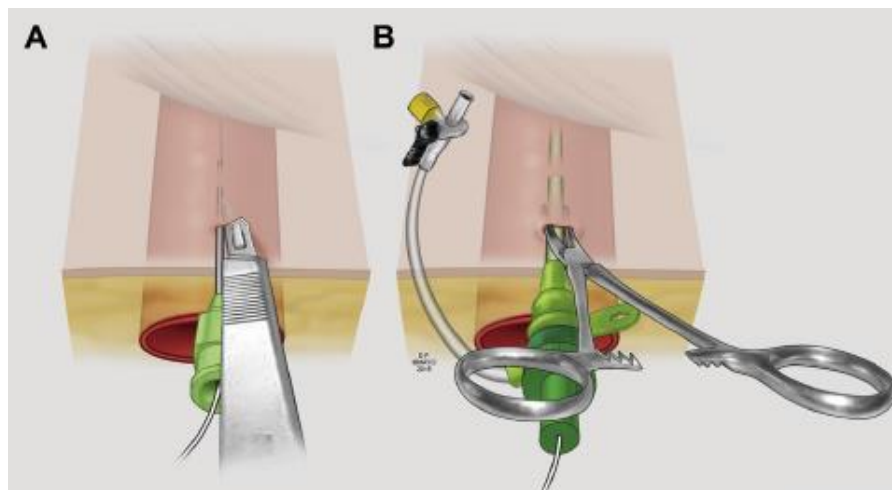


**12. ábra:** Perkután zárásra nem alkalmas femoralis artériák.

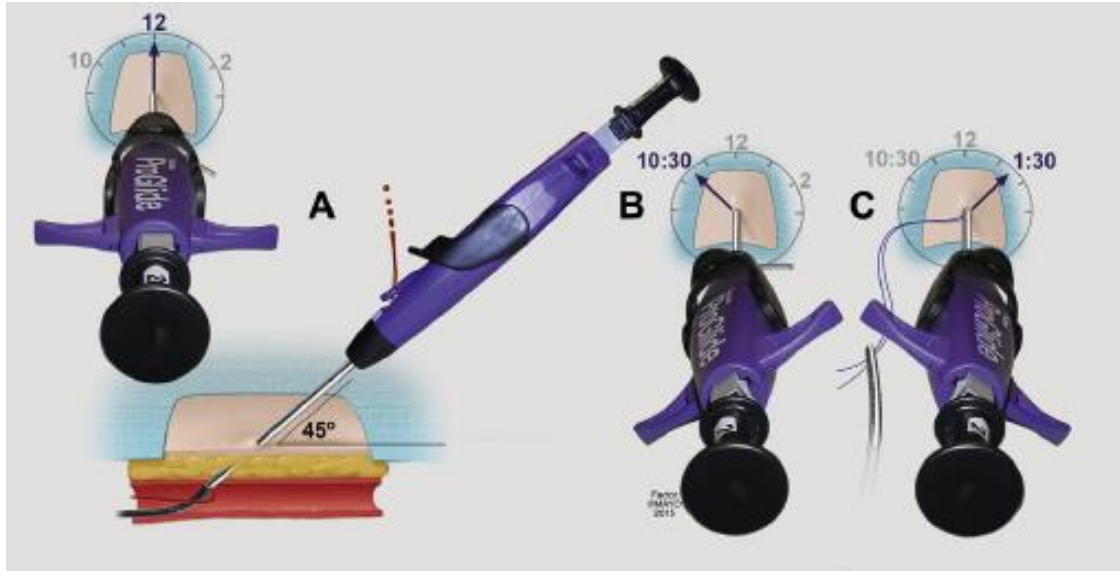
A–B, körkörös meszes verőér; C, magas a. femoralis profunda oszlás. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.



**13. ábra:** Az a. femoralis communis ultrahang-vezérelt szúrása. Merőleges (A) és hosszanti (B) nézet. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.



**14. ábra:** A záróeszköz bevezetésének előkészítése. A, a nyílás meghosszabbítása; B, a bőr alatti szövetek szétválasztása. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.



**15. ábra:** Az eszköz helyes pozíciójának beállítása.

A, a kontrollszelepen megjelenő vérzés mutatja az ér lumenének határát; B–C, széles felvezetőeszköz esetén legalább két eszköz szükséges a megfelelő záráshoz, amelyek közel 90°-t zárnak be. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.

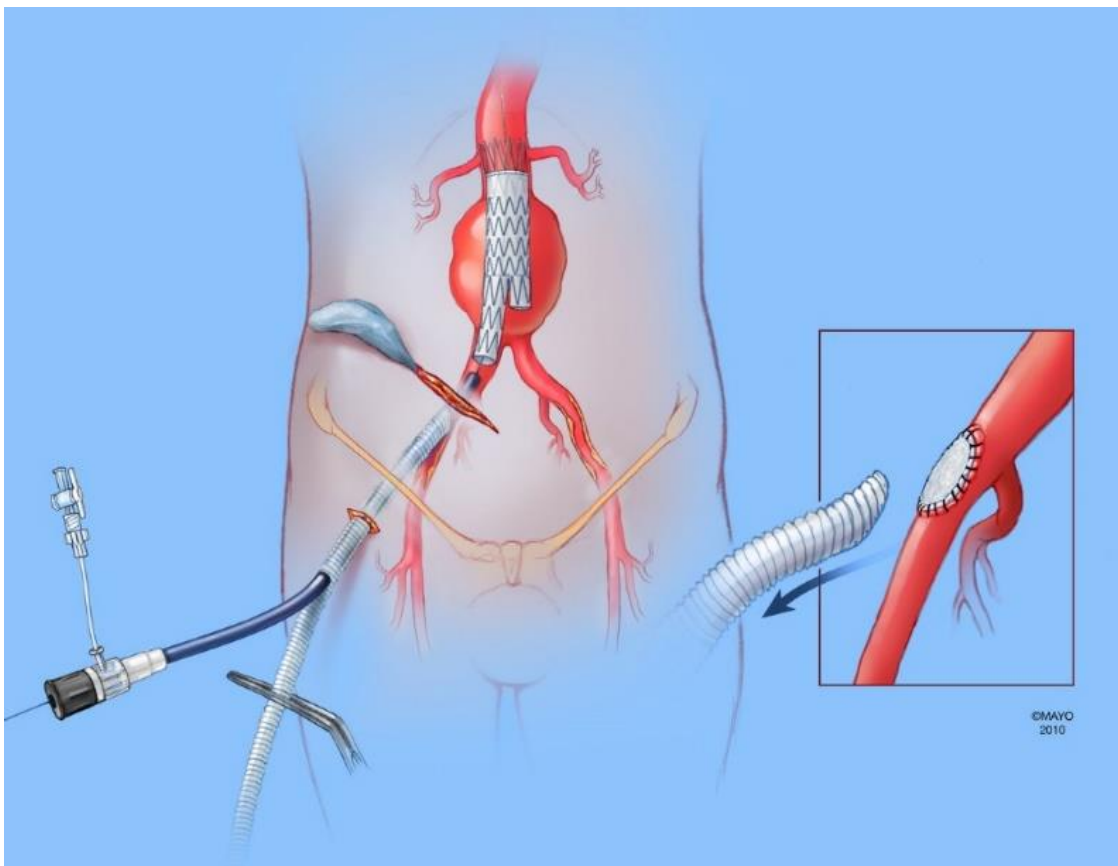
### 3.3 ÁLLANDÓ ÉS IDEIGLENES CONDUIT HASZNÁLATA

Az a. iliaca externa szűk átmérője miatt leggyakrabban használt conduit az a. iliaca communis distalis vagy az a. iliaca externa proximalis végéről induló és a femoralis artériára vitt bypass. Ez általában közel horizontális metszéből készül a m. rectus abdominisen kívül a többi izom átvágásával. A retroperitoneumban kiperarált a. iliaca communis, externa és interna heparinizáció után kirekesztésre kerül, és egy 10 mm-es Dacron graftot varrunk end-to-end az iliacáról a femoralis artériára.

#### 3.3.1 Ideiglenes conduit

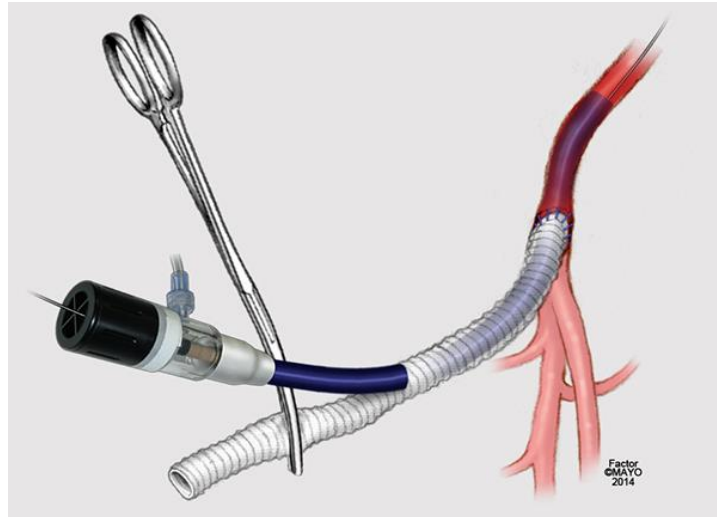
Szűk átmérő, kiterjedt alsó végtagi érszűkület vagy hosszú rekonstrukció esetén, amikor lehet számítani alsó végtagi ischaemiára, ideiglenes conduit használatát választottuk (**16. ábra**). Ez általában az a. femoralis communisra vagy akár az a. iliaca communisra varrt end-to-side 10 mm-es Dacron graft, amelynek végét lefogva a graftot megszúrva lehet a sheath-et felvezetni (**17. ábra**). A graft végén bevezetett sheath mellett gyakori a

vérzés, és kényelmetlenebb a kezelése. Amennyiben éppen nincs szükség arra, hogy a sheath az érrendszerben legyen, az könnyen visszahúzható úgy, hogy a vezetődrót a helyén marad, így nem veszítjük el a gyors visszavezetés lehetőségét **(18. ábra)**. A könnyebb kezelhetőség kedvéért az iliaca ideiglenes conduitot egy apró metszéssel és az ebből elkészített alagúton át a műtét alatt az inguinalis régió keresztül vezetjük ki a bőr fölé. A rekonstrukció végén a graftot az anasztomózis közel átvágjuk, és elvarrjuk, mintha foltplasztika készült volna, ezzel kerülve el az ér beszűkítését **(16. ábra)**.

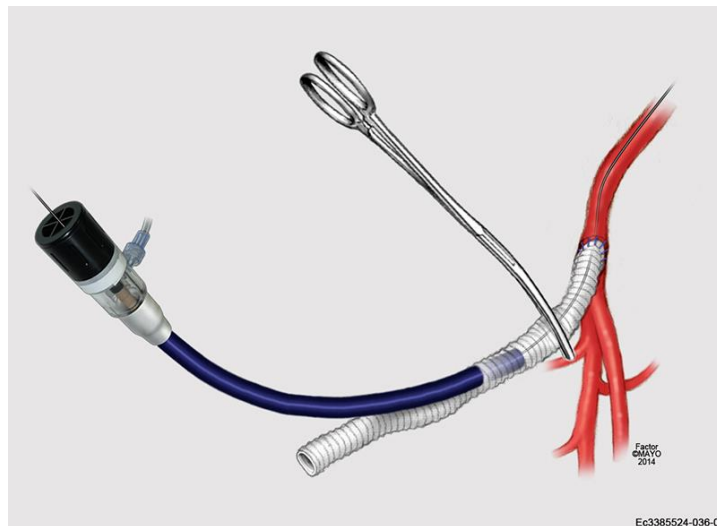


**16. ábra:** Ideiglenes iliaca conduit.

Haránt paramedialis metszés; az izomzat átvágása nélkül feltárható az a. iliaca communis. A felvarrt graftot annak meg-töretése nélkül lehet a lágyékszalag alatt a bőrre kivezetni. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.



**17. ábra:** Az ideiglenes conduiton keresztül felvezetett nagy átmérőjű sheath helyzete a beavatkozás során. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.



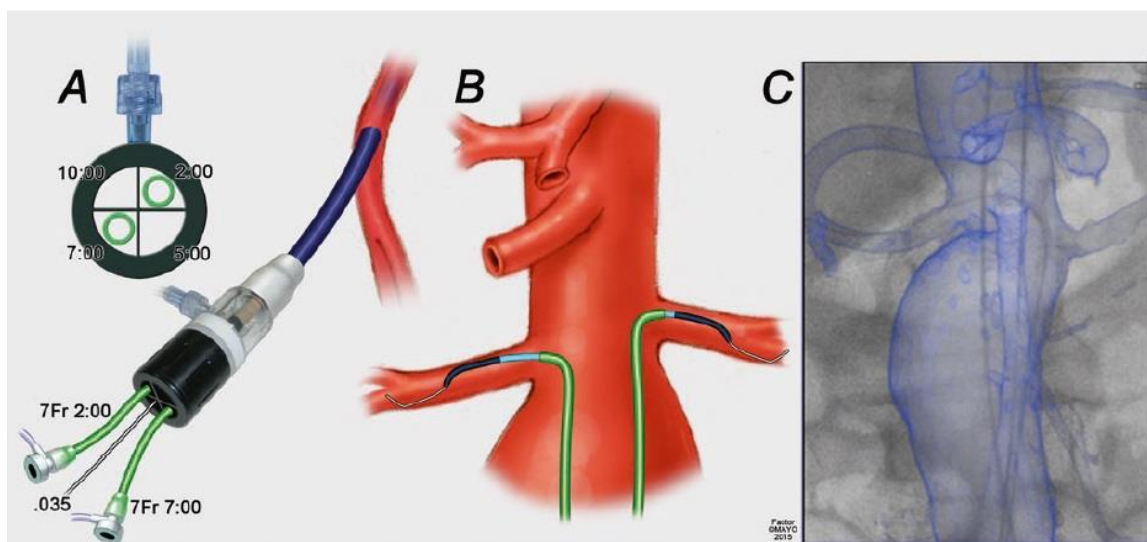
**18. ábra:** Az ideiglenes conduitba visszahúzott sheath. A sheath nem akadályozza az áramlást, a vezetődróton szükség esetén bármikor könnyen visszavezethető. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.

### 3.3.2 A felvezetés helyének és típusának kiválasztása

A felvezetés helyének és típusának kiválasztása a sztentgraft tervezésének egyik legfontosabb eleme, a sikeres rekonstrukció egyik kulcsa. Hagyományosan a két femoralis artéria a fő behatolási kapu – ilyen nagy méretű sheath-ek esetében általában feltárásból, az érbe közvetlenül bevezetve. Ez az, ami jelenleg a Mayo Klinikán szinte



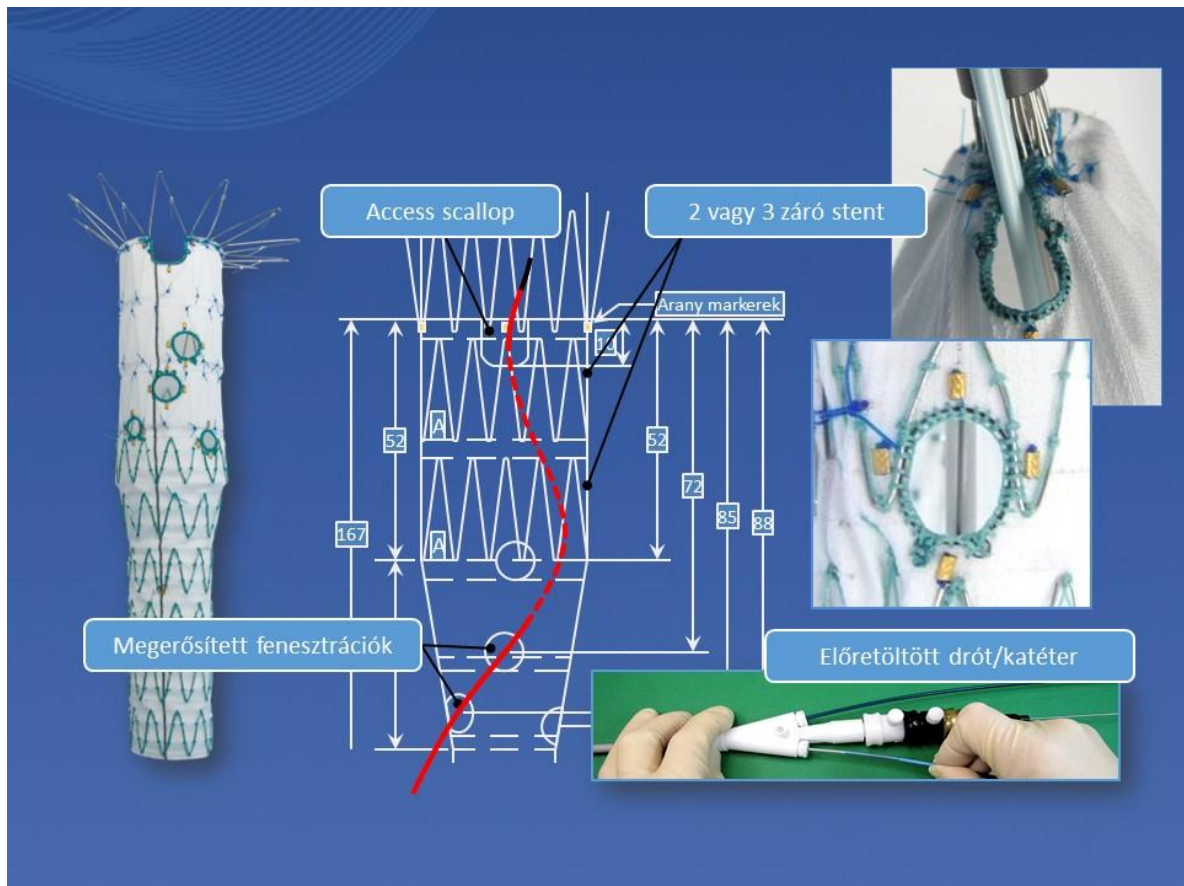
sosem történik meg. A választott behatolás az esetek többségében perkután a két femoralison, a visceralis ágak kanülálása pedig gyakran a bal brachialis artérián keresztül történik, feltárásból. A másik gyakran használt bevezetési módszer a máshol már részletesen leírt ideiglenes conduit, amelynek segítségével a keringés visszaállítható az implantáció során a nagyobb lépések között. Az általunk sokszor használt módszer lényege, hogy a truncus coeliacus és az AMS-implantáció a kari artéria felől történik. A behatolási kapuk ideális megtervezésekor figyelembe kell venni a fenesztrációk típusát, a fenesztrációk kanülálásának irányát, az aneurizma kiterjedését és az épnek ítélt proximális nyaktól számított helyét és hosszát, az iliofemorális szakasz méretét, továbbá a visceralis ágak egymáshoz viszonyított eredési pontjait. A leggyakoribb sheath-méret thoracoabdominalis aortarekonstrukció esetén az egyik femoralis artériába, ahol a főtest volt felvezetve, 20–22–24 Fr, a contralateralis oldalon legalább 14–16 Fr, de gyakrabban 20–22 Fr volt. A contralateralis oldalon bevezetett Check-Flo sheath-tel (Cook Medical Inc., Bloomington, IN, USA) lehetőség van újabb 7 Fr-es, rövid sheath-ek bevezetésére a szelep megszúrásával (**19. ábra**).



**19. ábra:** Nem csak a főtest oldalán van szükség nagy méretű sheath-re. A graft pozicionálásához és az oldalágak kanülálása miatt a contralateralis oldalon is nagy átmérőjű sheath-re van szükség. A, a sheath szelepének megszúrásával a szelepen keresztül fel lehet vezetni újabb eszközöket vérzés nélkül; B, az a. renalisokba helyezett katéterek, amelyek a navigálást segítik; C, ugyancsak a navigációt segíti a fúziós kép, amelynél a korábban készült CTA által ábrázolt aorta van pontosan rávetítve az átvilágításra. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.



A renalis artériákat a rövid, 7 Fr-es sheath-en keresztül lehetett kanulálni (2 ér esetén 20 Fr Check-Flo, 3 ág esetén 22 Fr). A főtest felvezetőrendszerének nagysága nem állandó, függ a kiválasztott fenesztráció típusától (fenesztráció vagy branch) és a főtesthez rendelt átmérőcsökkentő dróttól, az előre, a fenesztrációba betöltött dróttól (20. ábra).



**20. ábra:** Az implantációt megkönnyítő eszközök.

A fenesztrációba előre elhelyezett drót és a nyitott, átmérőt csökkentő drót miatt a főtest felvezetéséhez használt sheath mérete növekszik. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.

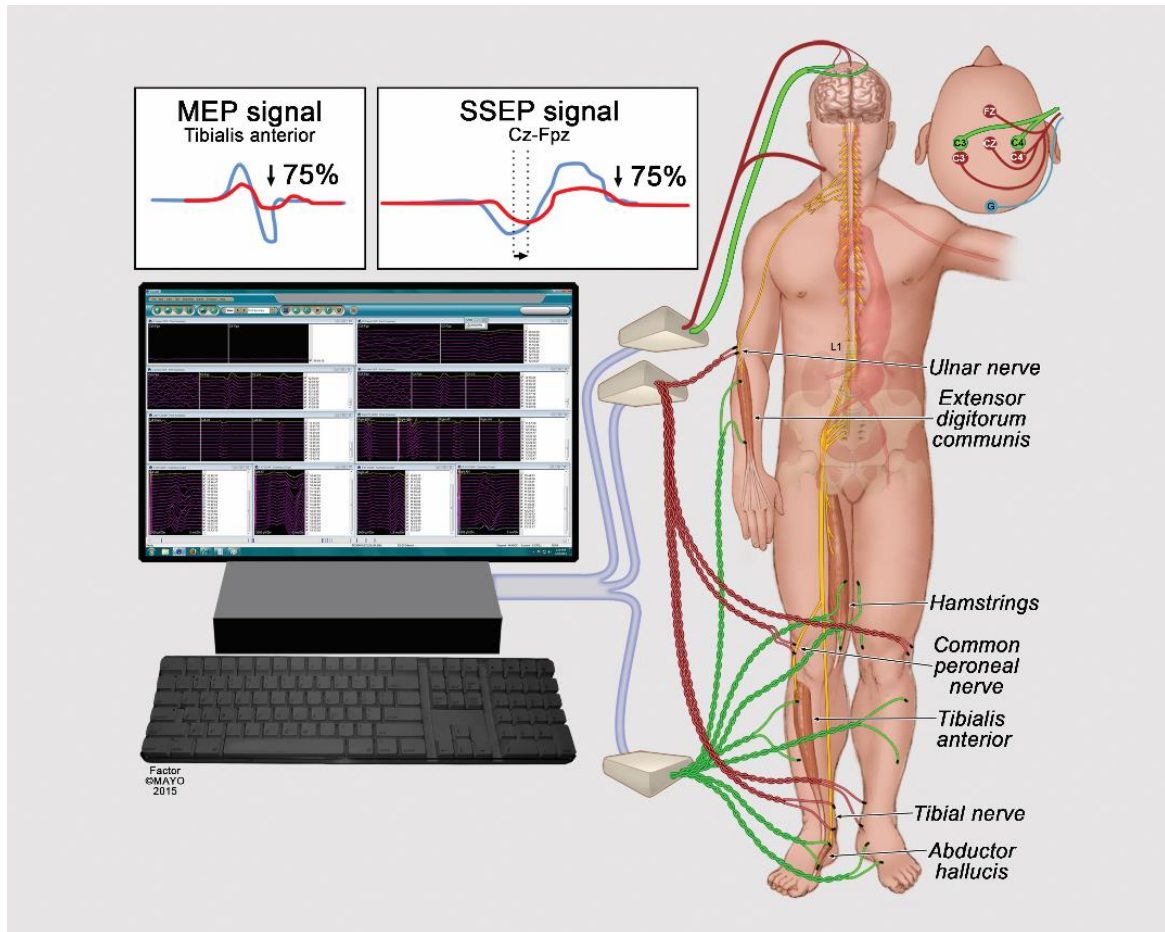
A rendelhető egységek számát és típusát a sheath-méret limitálja. A legnagyobb felvezetőrendszer 24 Fr volt: ebbe csak 2 branch fért bele, ha szükség volt előre töltött

drótra és átmérőcsökkentő drótra is (a másik kettőnek fenesztrációnak kellett lennie). Például egy nagyobb kiterjedésű TAAA esetén, amennyiben az összes ág branch, az összes fenesztráció inkorporálása megoldható a kar felől. Ebben az esetben csak 16 Fr nagyságú sheath szükséges a contralateralis oldalon. Az egyik leggyakoribb konfiguráció esetén, amikor mind a négy ág fenesztrációval van ellátva, az oldalágak katéterezése általában jobb oldalról történt, a főtest pedig bal oldalról került felvezetésre.

A jelen dolgozatnak nem célja a sztentgraft tervezésének pontos leírása, de e tényezők alapján dönt a sebész a conduit használatáról és a szükséges sheath-méretről, így ezek döntően befolyásolják a beavatkozás alatt az alsó végtag vérellátását.

### 3.1. NEUROMONITORIZÁLÁS

Intraoperatív neurofiziológiai monitorizálást (IONM) a Mayo Klinikán transcranialis motoros kiváltott potenciál (transcranial motor evoked potential [tc-MEP]) és szomatoszenzoros kiváltott potenciál (somatosensory evoked potential [SSEP]) mérésével végeztünk. A későbbiekben ez kiegészült az alsó végtagon, perifériás idegen kiváltott motoros potenciállal. Az előbb említett IONM az egyik felső végtagon és mindkét alsó végtagon történt endovascularis TAAA-rekonstrukciók során. A használt eszköz Cadwell Elite készülék volt, amely egy Cadwell TCS-4 fejegységből, Cadwell ES-IX Stimulator 2 neurostimulátorból és a Cadwell cég által készített Cascade szoftverből állt (Cadwell Laboratories, Kennewick, WA, USA). A tc-MEP filter beállításai: low frequency filter (LFF): 30 Hz; high frequency filter (HFF): 5000 Hz; sensitivity (gain): 1000  $\mu\text{V}/\text{division}$ ; pulse width: 50  $\mu\text{s}$ ; sweep: 10 ms/division. tc-MEP kiváltásakor a fejbőrön keresztül elektromos töltetet küldtünk 4–5 pulzusban, 1–2 interstimulus intervallummal (ISI) és 450–550 mA feszültséggel. A feji elektródák elhelyezése a **21. ábrán** látható, a nemzetközi EEG-beosztásnak megfelelően.<sup>92</sup>



**21. ábra:** Az eredeti mérési beállítás.

A motoros jelek regisztrációja az alsó végtagon, illetve a fejbőrön elhelyezett elektródák a motoros jel kiváltására, valamint a lábszáron ingerelt szenzoros pályák regisztrációjára. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.

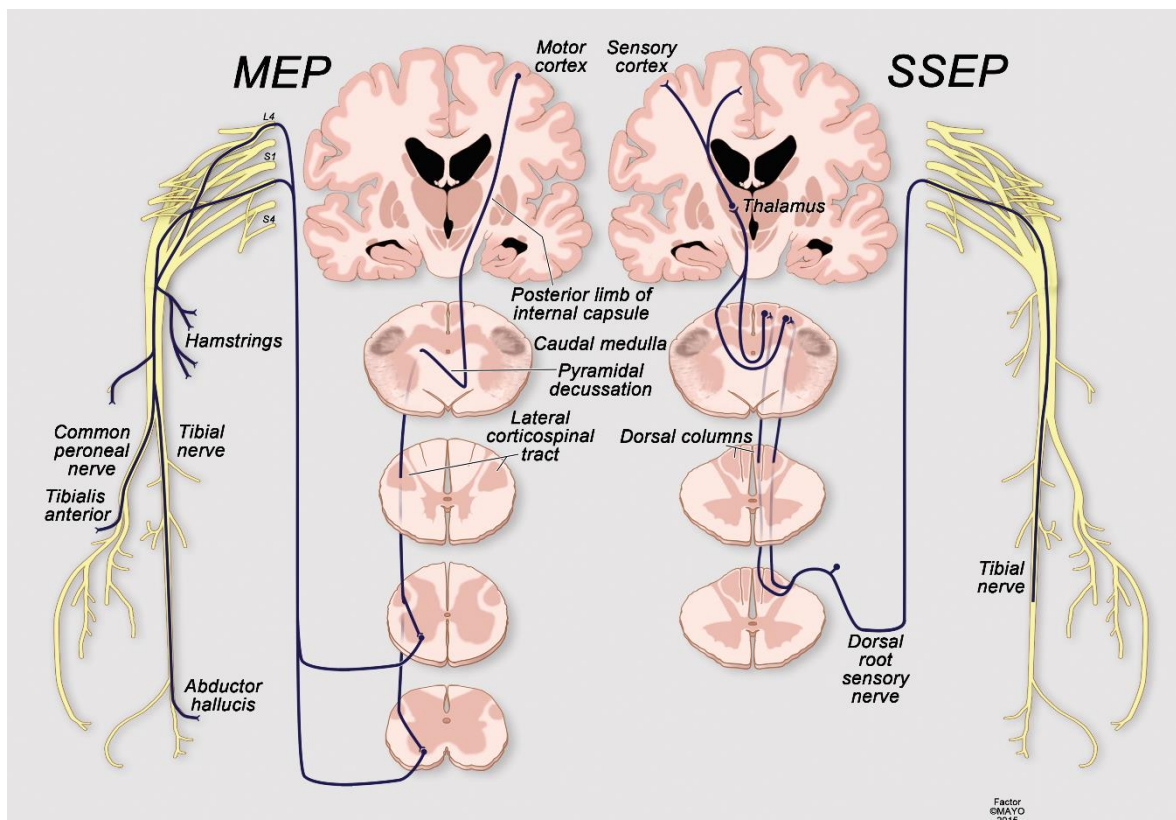
A kiváltott potenciálok három egymástól jól elkülönülő proximalis-distalis elrendezésben kerültek felvételre: a comb izmán (m. semimembranosus), a lábszáron (m. tibialis anterior) és a lábfejen (m. abductor hallucis). Az izomcsoportok kiválasztásakor elsődleges szempont volt, hogy a n. ischiadicusból a n. tibialis (vagy annak további ágai) által ellátott izomcsoportok kerüljenek be a monitorizálásba, ezzel is csökkentve a gerincvelői, perifériás ideg funkciózavar-differenciálását. A felső végtagon csak a m. extensor digitorum communis volt érzékelhető, az alsó végtagi értékek kontrolljára. A mérések közti időintervallumokra nincs kifejezett protokoll: az előkészületi fázisban az alapgörbe felvétele után 2–3 mérést végeztünk, majd a beavatkozás megkezdését

követően 10–15 percenként történt mérés. Amennyiben változást észleltünk akár a motoros, akár a szenzoros kiváltott válaszban, ennél gyakoribb, 2–5 perc is lehetett. A motoros válasznál a beteg összerándul, ezért bizonyos szituációkban, amikor finommanipuláció volt szükséges, az operátor időnként kérte a monitorizálás pillanatnyi felfüggesztését.

A SSEP kiváltásához használt stimulus 1,05 Hz–2,18 Hz és 10 mA–100 mA között volt. A SSEP-filter beállításai: low frequency filter (LFF): 30 Hz; high frequency filter (HFF): 200–250 Hz; sensitivity (gain): 10  $\mu\text{V}/\text{division}$ ; pulse width: 200–300  $\mu\text{s}$ ; sweep: 5 ms/division (n. ulnaris) and 10 ms/division (n. tibialis). Az áram erősségét a végtag állapota is befolyásolja: magasabb értékek szükségesek, ha a végtag ödémás. Az elektródákat a bokánál a n. tibialis, illetve felső végtagon kontroll céljából a n. ulnaris mellett helyeztük el. Ha valamiért nem lehet a bokánál, akkor a térd mögötti területre is vezethető az elektróda. A nyakon Csp5, a skalpon az érzékelők a 10–20 nemzetközi EEG-beosztásnak megfelelően CZ, FZ, C3' (prime) és C4' (prime) helyzetben voltak. A n. ulnaris specifikus helye a Csp5/FZ, FZ/C4' (vagy FZ/C3'). A n. tibialis specifikus szenzoros rekord helye a Csp5/FZ, CZ/FZ és C3'/C4'. A SSEP-görbét közel 200 különböző hullámból átlagolja a szoftver.

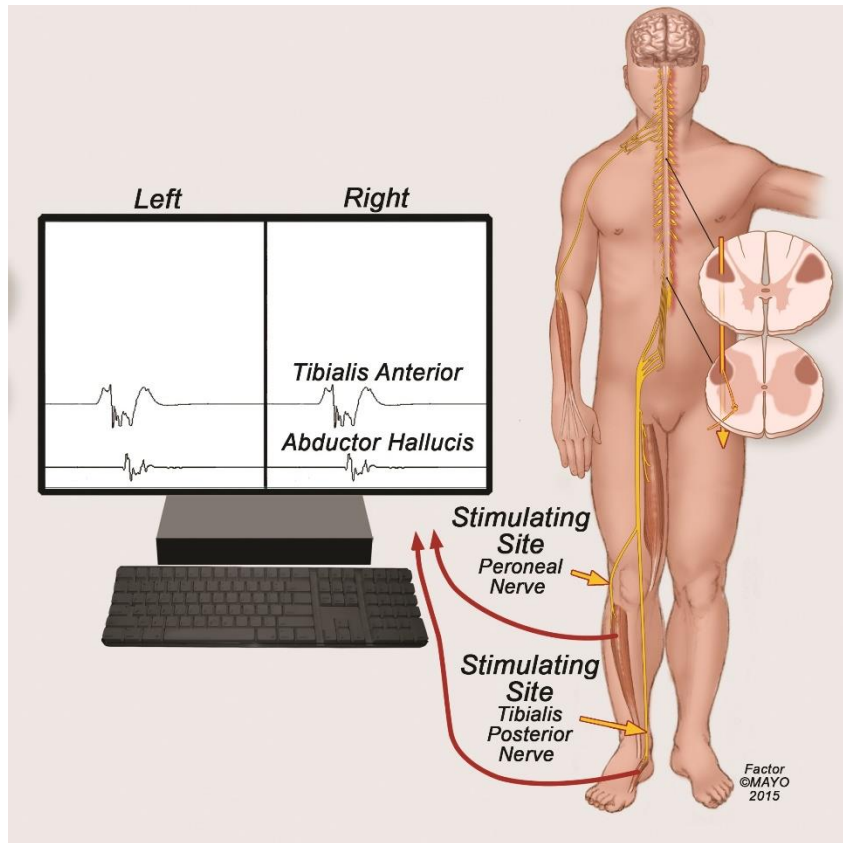
A tc-MEP transcranialisan kiváltott stimulus, amely a motoros kéregben jelet generál. Ez nagyjából lejut a nyúltvelőig (medulla oblongata), ahol kereszteződik, és így az ellenoldali oldalsó kötegben a tractus corticospinalison keresztül ér el az elülső szarvban elhelyezkedő  $\alpha$ -motoros neuronig. Innen a motoros gyökér rostjain át a perifériás ideg szállítja az ingerületet az izmokhoz.

A szenzoros jel a kiváltása után elsődlegesen A-béta-rostokon keresztül – a szenzoros (hátsó) gyökéren át – jut a gerinc fehérállományába átkapcsolás nélkül. Az azonos oldali hátsó columnán keresztül ér a medulla caudalis részébe, itt kapcsolódik át, kereszteződik, és a thalamuson keresztül végződik a gyrus postcentralisban (**22. ábra**).



**22. ábra:** A fontosabb motoros és szenzoros pályák. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.

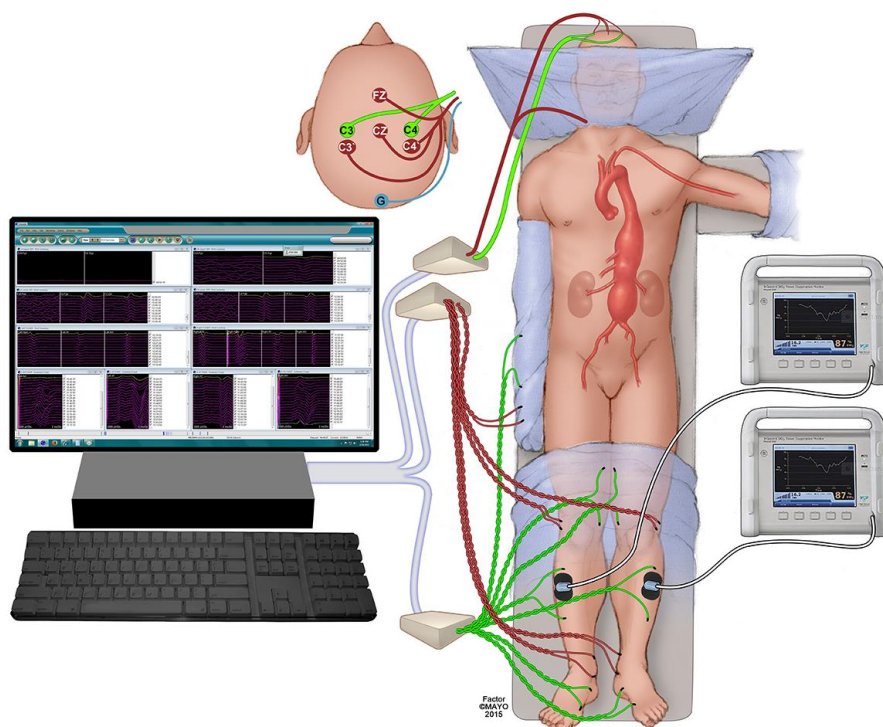
Az IONM a folyamatos fejlesztés révén kiegészült további MEP-mérésekkel, de ezek perifériás idegek közvetlen ingerlésével kiváltott izom-összehúzódások (peripheral compound muscle action potential [pCMAP]), amelyek fontosak a perifériás neuromuscularis egység ischaemia miatt létrejövő funkciózavarainak monitorizálásához és egy esetlegesen bekövetkező gerincvelői ischaemia elkülönítéséhez. A n. fibularis (peroneus) ingerlésével a m. tibialis anterior, míg a n. tibialis posterior ingerlésével a m. abductor hallucis monitorizálása vált lehetővé mindkét végtagon (**23. ábra**).



**23. ábra:** Perifériás, összetett motoros potenciál.

A n. fibularis (peroneus) és a n. tibialis posterioron kiváltott m. tibialis anterior és m. abductor hallucis regisztrációja. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.





**24. ábra:** A korábbi mérési összeállítás kiegészítése az InSpectra™ StO<sub>2</sub>-monitorral és a perifériás motoros potenciál mérésével. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.

### 3.4 AZ OXIGÉNSZATURÁCIÓ MÉRÉSE

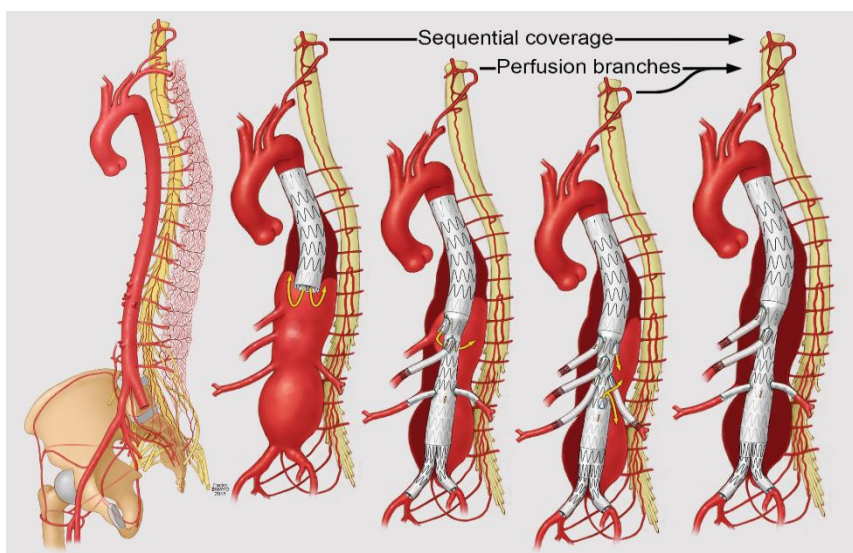
A közeli infravörös spektroszkópia (near-infrared spectroscopy [NIRS]) noninvazív technika a szövetek oxigenizációjának megítélésére, az oxi- és deoxihemoglobin szintjének meghatározásával, spektroszkópiai méréssel. Mindkét alsó végtagon a m. tibialis anterior fölött helyeztük fel a szenzorokat, és folyamatos mérést végeztünk (2 mp-es intervallumokkal) az egész beavatkozás során (InSpectra™ StO<sub>2</sub>-monitor, Hutchinson Technology, Hutchinson, MN, USA) **(24. ábra)**. A méréseket a gép ún. Tissue Hemoglobin Index (THI) mérésével hitelesítette, amely az átvilágított szövet hemoglobintelítettségét mérte. Ez az index önmagában nem alkalmas az oxigéntelítettség meghatározására, de egy adott érték alatt a mért StO<sub>2</sub> nem hiteles. Ezért a vizsgálatba csak azokat az eseteket vettük be, ahol az index 6,0 felett volt.

### 3.5 A GERINCVELŐI KÁROSODÁST MEGELŐZŐ PROTOKOLL

Minden olyan beteg esetében, akin endovascularis TAAA-rekonstrukciót hajtottak végre, standard protokoll került bevezetésre. A beavatkozásokat állandó team végezte, ennek vezetője és az összes beavatkozás operátora dr. Gustavo S. Oderich volt. A protokoll része a rekonstrukciók több részre osztása, műtéti előkészítés – például vérnyomásprotokoll, spinalis drén behelyezése – és a műtét közbeni lépések, amelyek a gerincvelői perfúziót hivatottak megfelelő szinten tartani. A műtétet követően is előfordulhat gerincvelői károsodás, amelynek a megelőzésére tett lépések szintén a protokoll részei.

#### 3.5.1 A beavatkozás több részre bontása (staging)

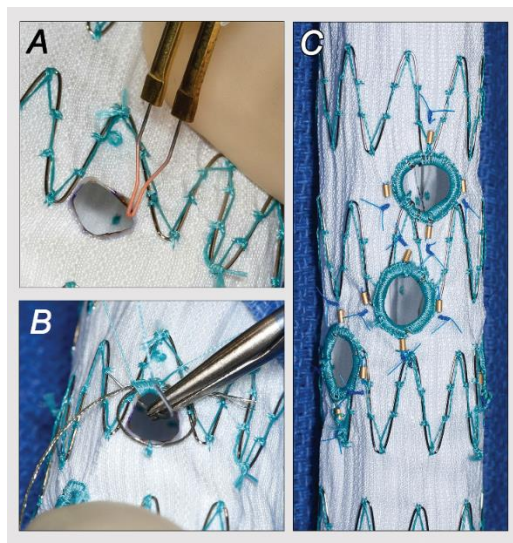
Kiterjedt, I–II-es típusú TAAA esetén a beavatkozást több részre osztottuk. Bár ennek különböző változatai is lehetségesek, az általunk használt eljárás során az első beavatkozáskor a proximalis landing (rögzítési) zónától a truncus coeliacusig került egy vagy több sztentgraft implantációra (**25. ábra**). A beavatkozást 6–8 hét múlva folytattuk. Ha sürgős rekonstrukcióra volt szükség, az operációhoz tervezett egyedi gyártású eszköz helyett általános branched sztentgraftot (t-branch) használtunk, vagy a sebész által készített eszközzel fejeztük be a rekonstrukciót (**26. ábra**).



**25. ábra:** A több szakaszban végzett rekonstrukció.

Lehetőseget ad a collateralisok megerősödésére és a paraspinalis izomzatban lévő collateralis hálózat ágainak adaptációjára. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.





**26. ábra:** A sebész által készített fenesztrált sztentgraft.

A, szemészeti kauterrel; B, a fenesztrációt erősítő nitinolgyűrű felvarrása; C, a fenesztráció 4 arany markerének felvarrása. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.

A másik többszakaszos műtéti terv a perfúziós ág használata. Ez csak 2012 előtt volt általános, a jelenlegi dolgozatban szereplő esetek közül csak egyszer alkalmazták. Ilyenkor a rekonstrukció közel teljes, mindössze egy perfúziós ág marad nyitva, s a második fázisban ennek zárása történik Amplatzer záróeszközzel (plug). A második beavatkozást helyi érzéstelenítésben végzik: a beteg heparinhatásban marad, és a plug a felvezetőrendszerhez rögzül, amíg meg nem győződnek arról, hogy nincs neurológiai szövődmény. Ha a beteg állapotában nincs változás, a plug leválasztható, és a heparin felfüggeszthető. Az aneurizmásákban a keringést fenn lehet tartani úgy is, hogy az ellenoldali iliacasztentgraft-darabot nem ültetik be, vagy valamelyik visceralis összekötő sztent nincs behelyezve (pl. a tr. coeliacusba). A bevezetőben is említett lehetséges szövődmények miatt perfúziós ágot csak abban az esetben alkalmaztunk volna, ha a neuromonitorizálás alapján gerincvelői ischaemiára gyanús jeleket észlelünk.

### 3.5.2 A vérnyomás beállításai

A gyógyszerek közül a kalciumcsatorna-blokkolókat és az angiotenzin-inhibitorokat egy héttel a beavatkozás előtt felfüggesztettük, és a műtét után 4–6 hétig nem is adtuk vissza, hacsak a vérnyomás meg nem haladta a 160 Hgmm-es értéket. A beavatkozás során és az első 72 posztoperatív órában a célérték a 80 Hgmm körüli középnyomás volt. A kívánt

vérnyomásértékek pontos meghatározásában a műtét alatti neuromonitorizálás és a gerincvelői ischaemiára vonatkozó posztoperatív vizsgálatok voltak mérvadók. Szükség esetén a középvérnyomás 100 Hgmm-ig emelhető volt. Ezenkívül megkezdtük vér és egyéb plazmapótló szerek adását, ha a hemoglobinszint 10 mg/dl alá esett.

### 3.5.3 Cerebrospinalis drenázs

Rutin cerebrospinalis drenázst (CSD) alkalmaztunk minden olyan betegnél, akinél a sztentgraft fedett része a truncus coeliacus fölött 4 cm-rel ért véget (ez 2 sztent sor hossza) – ez a minimális lefedettség IV-es típusú AAA esetében. A CSD kontraindikációi között szerepel a perioperatív időszakban is zajló antikoagulációs terápia, intracranialis térfoglaló folyamat vagy vérzés, a drenázs behelyezésének helyén infekció. A drenázs alapvető célja a gerincvelő perfúziójának optimalizálása. A drén bevezetése általában a műtőben történik általános monitorizálás mellett, még az altatás megkezdése előtt, hogy a páciens megfelelő visszajelzést tudjon adni.

A drenázshoz Integra- (Integra LifeSciences, Plainsboro, NJ, USA) vagy Codman- (DePuy Synthes, Raynham, MA, USA) szettet használtunk, 0,7 mm-es drénmérettel. Steril körülmények között, 17 gauge nagyságú epiduralis tű használatával, a leggyakrabban az L 4–5-ös (alternatíván L 3–4-es vagy L 5–S 1-es) csigolyaközbe került bevezetésre a drén. A liquornyomás 0 értékét a külső hallójárat szintjében határoztuk meg, majd a nyomás alapértékét 10 Hgmm-re állítottuk be. A lebocsátott liquor-mennyiséget maximum 10 ml/h-ban, neuromonitorozás során észlelt változások esetén 20 ml/h-ban, a napi maximumot 130–150 ml-ben állapítottuk meg **(27. ábra)**.



**27. ábra:** A cerebrospinalis folyadék mérésének kalibrálása.

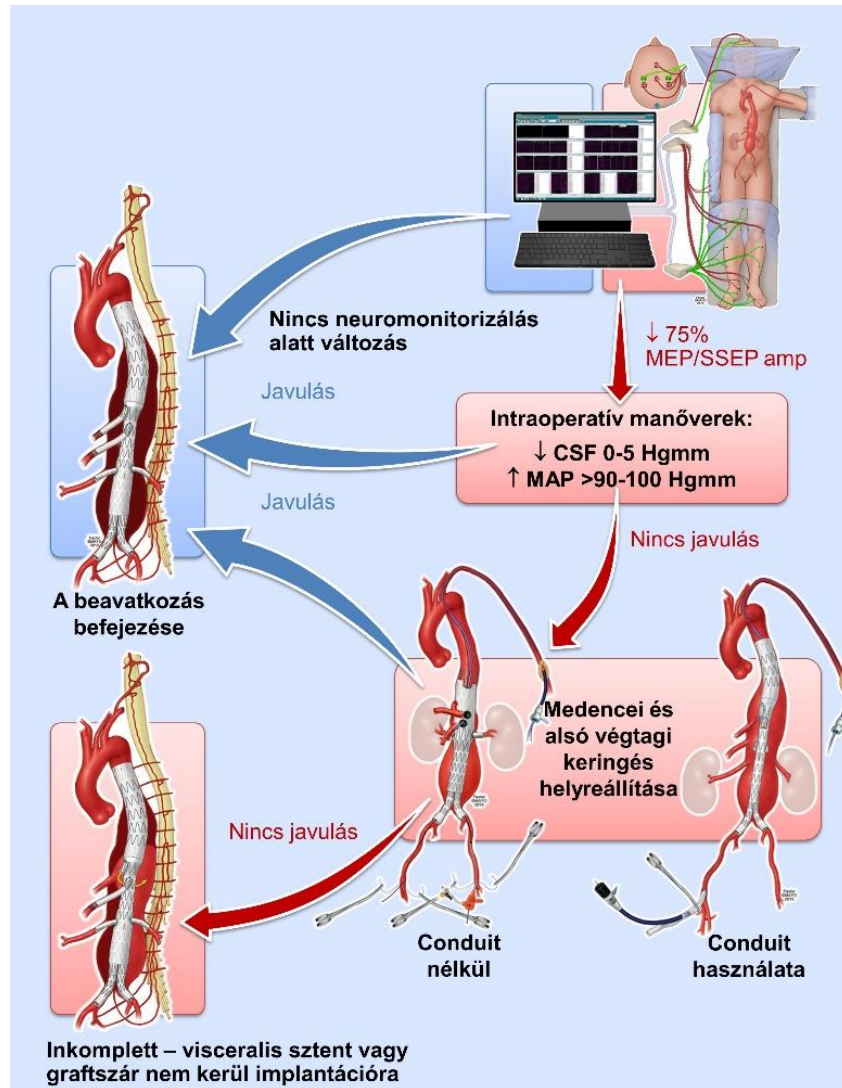
A nullapont a külső hallójáratnak megfelelő magasság. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.

Ha a neuromonitorizálásban vagy a neurológiai vizsgálat alapján bármilyen változás adódott, a CSF nyomását 5 vagy 0 Hgmm-re állítottuk át, amennyiben pedig a paraméterek javultak, a nyomást ismét 10 Hgmm-re állítottuk vissza. A drén 24 óráig maradt bent IV-es típusú TAAA esetén, és 48–72 óráig I–III-as típusú TAAA esetén. A drén a posztoperatív időszakban óránként 15 percig volt nyitva, az előbb említett összértékek megtartása mellett. A spinalis drén eltávolítása csak normál koagulációs paraméterek esetén történt meg, ha 6 óras lezárás után sem volt a betegnek semmilyen tünete.

#### 3.5.4 A műtét menete, intraoperatív neuroprotektív stratégia

A műtétek általános anesztéziában történtek intravénás altatószer (propofol és fentanil) adásával. A neuromonitorizálás miatt izomrelaxánst a bevezetőfázison kívül nem használtunk. A spinalis drén, a neuromonitorizálásra használt elektródák, majd a későbbiekben az oxigénszaturáció mérésére használt érzékelők felhelyezése után a műtéti terület steril lemosásra, majd izolálásra került. A bal a. brachialis feltárása után az érbe 7-es sheath-et, utána általában mindkét femoralisba 20–24 Fr-es sheath-et vezetünk be. A beavatkozás kezdetén 80 Hgmm-es középnyomás és 10 Hgmm-es CSD-nyomást

állítottunk be. Amennyiben a neuromonitorizálás során, a műtét kezdetén felvett tc-MEP- vagy SSEP-alapérték 75%-kal csökkent, standardizált protokoll alapján preventív manővereket kezdtünk **(28. ábra)**. A középnyomást 100 Hgmm fölé emeltük, a CSD-nyomást pedig 0 Hgmm-re vittük le. Ha ezen manőverek alapján a MEP/SSEP visszatért az eredeti értékére, a műtétet a szokásos formában fejeztük be. Abban az esetben, ha a vérnyomás emelése és a CSD-nyomás csökkentése nem érte el a kívánt eredményt, megpróbáltuk minél hamarabb visszaállítani az alsó végtagi keringést. Az alsó végtagi keringés helyreállításának lehetőségei a sztentgraft konfigurációjától függenek, de alapvetően az alábbiak voltak érvényesek: amennyiben ideiglenes conduiton keresztül volt fölvezetve a sztentgraft, a sheath visszahúzásával, a drót bennhagyása mellett könnyen vissza tudtuk állítani az alsó végtagi keringést, akár a különböző lépések között **(28. ábra)**; ha perkután módszerrel volt az eszköz fölvezetve, általában elsőként a két renalis fenesztráció került implantációra, majd a truncus coeliacus és a mesenterica superior fenesztrációit a kar felől lehetett befejezni az a. femoralis szűrés zárása után. A drót ebben az esetben is visszahagyható, ha szükség lenne később a femoralis artéria felől valamelyik lépést elvégezni. Ha az áramlás visszaállítása után sem rendeződnek a kiváltott potenciálok, akkor az implantációt nem fejezzük be, hanem valamelyik fenesztráció vagy a contralateralis szár beültetése helyett az áramlást meghagyjuk az aneurizmazsákban. A megtartott szegmentális keringés csökkenti a permanens paraplegia kialakulásának veszélyét. Fontos a lehető leggyorsabb ébresztés is a neurológiai funkciók ellenőrzésére.



**28. ábra:** Standardizált gerincvelői protektív lépések.

A motoros kiváltott potenciál (tc-MEP) és a szenzoros kiváltott potenciál (SSEP) csökkenésekor standardizált protokoll alapján elvégzett manőverek folyamatábrája. CSF, cerebrospinalis folyadék; MAP, mean arterial pressure – artériás közép-nyomás. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.

### 3.5.5 Posztoperatív intézkedések

Mivel a késői gerincvelői károsodás nem ritka, rendkívül fontos a megfelelő perfúzió fenntartása a műtét utáni időszakban is. A gyakorlatban ez a vérnyomás szoros kontrollja (középnomás 80–100 Hgmm), nagyobb vérvesztés esetén a transzfúzió gyors elvégzése és a cerebrospinalis drenázs fenntartása 24–48 óráig. *Safi és kollégái* kidolgoztak egy késői neurológiai deficit esetén használandó ún. COPS-protokollt, amelyet a Mayo Klinikán is használnak szükség esetén: a CSD ellenőrzése, annak bármilyen működési

zavara esetén a drenázs cseréje, a nyomás 5 Hgmm alatt tartása és ennek fenntartása 7 napig. A protokoll további része az oxigénellátás optimalizálása: az O<sub>2</sub>-szaturáció 90% felett tartása, a hemoglobin 12 mg/dl feletti szinten tartása, valamint a páciens szoros klinikai kontrollja, és bármilyen cardialis, szeptikus vagy légzőszervi eltérés gyors korrekciója lehetőség szerint.

### 3.6 STATISZTIKAI ELEMZÉS

Az endovascularis beavatkozással kapcsolatos eredmények elemzésekor a Society for Vascular Surgery szabványát követtük, a főbb komplikációk elemzésénél pedig az FDA által meghatározott kritériumokat tekintettük mérvadónak.<sup>93-95</sup> A vérnyomás és a CSF-drenázs változásainál az elektronikusan rögzített görbék amplitúdójának módosulásait elemeztük, a lehetséges műtermékek figyelembevételével. A gerincvelői károsodás és a stroke mértékét az American Spinal Injury Association skálája és a National Institutes of Health módosított stroke-skálája alapján mértük fel.<sup>96,97</sup> Az aorta lefedettségét abszolút és relatív mértékben (cm, illetve az adott betegnél a bal a. subclavia és az aortabifurkáció közötti szakasz hosszához viszonyítva [%]) közép vonal elkészítése után az Aquarius iNtuition; TeraRecon szoftverével (Foster City, CA, USA) határoztuk meg. Az eredményeket a kategorikus változó esetében az előfordulás mértékében (százalékban), folyamatos változók esetében pedig átlag  $\pm$  standard deviáció (normáloszlás esetén) vagy medián, valamint interkvartilis tartománnyal (IQR) adtuk meg. A csoportok összehasonlítására Fisher-egzakt tesztet vagy Pearson-féle khi-négyzet-próbát, valamint 2 mintás *t*-próbát használtunk. Logisztikus regressziót alkalmaztunk a sheath nagyságának, az aortalefedettség mértékének és a beavatkozással kapcsolatos időtartamoknak a tc-MEP-SSEP változások kiváltásában játszott szerepének meghatározásához. A statisztikai szignifikancia határának a  $p < 0,05$  értéket vettük. Az adatok elemzéséhez a SAS Institute (Cary, NC, USA) JMP szoftverének 11 Pro verzióját használtuk.

## 4 EREDMÉNYEK

### 4.1 A TELJES PERKUTÁN ZÁRÁS VIZSGÁLATA

#### 4.1.1 Beteganyag

A vizsgálat ideje alatt 102 betegnél (77 férfi, 25 nő; átlagéletkor:  $75 \pm 8$  év) történt perkután endovascularis aortarekonstrukció (PEVAR). A leggyakoribb cardiovascularis rizikófaktorok a következők voltak: hipertenzió, 89 beteg (87%); dohányzás, 84 (82%); és hyperlipidaemia, 78 (76%). Nyolcvankét (80%) beteg volt elhízott vagy túlsúlyos, 44-nél (43%) állt fenn krónikus veseelégtelenség (III–V. fokozat), és 21 (21%) betegnél szenvedett perifériás verőérbetegségben (**II. táblázat**). Hetvenöt (73%) beteg került rekonstrukcióra pararenalis aortaaneurizma –TAAA, 19 (19%) TAA és 8 (8%) aortoiliacalis aneurizma miatt.

#### 4.1.2 Perkután zárás

Összesen 170 a. femoralis communisba helyeztünk záróeszközzel öltést a sztentgraft bevezetését megelőzően. Hatvannyolc esetben mindkét oldal, 34 esetben csak az egyik oldal zárása történt. A sheath-méreték a következők voltak: 20 Fr, 117 (69%); 22 Fr, 40 (24%); 24 Fr, 6 (4%); 18 Fr, 6 (4%); és végül 16 Fr, 1 (1%) alkalommal. Ennél kisebb sheath (5 Fr vagy 6 Fr) 23 betegnél volt (23%) a contralateralis oldalon diagnosztikus angiográfia céljából. Nyolc (8%) betegnél csak az egyik oldal felől vezettünk fel sheath-et, és 3 (3%) betegnél került az ellenoldali ér feltárássra tervezetten, anatómiai okok miatt.

**II. táblázat.** A teljes perkután zárás betegeinek demográfiai adatai, cardiovascularis rizikófaktorai és a zárás lehetséges kockázatai.

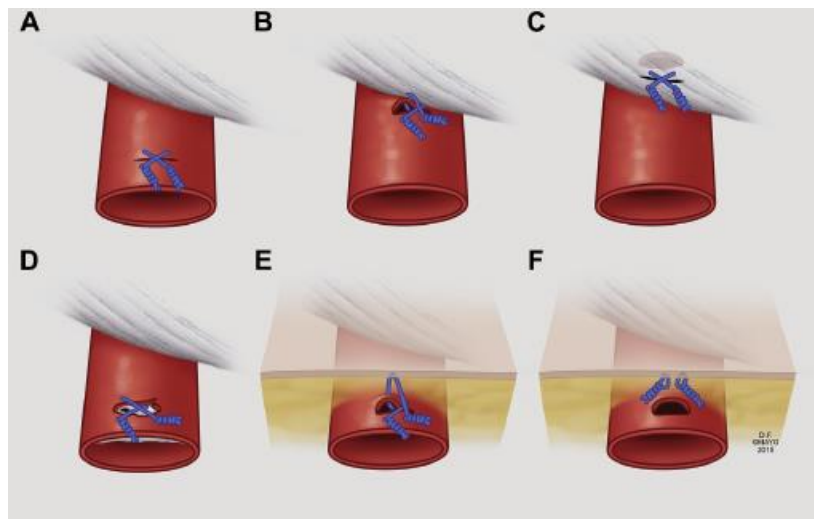
| <i>Változók (N = 102 beteg, 170 ér)</i>               | <i>Eredmény</i> |
|---|-----------------|
| Életkor, átlag $\pm$ SD (év)                          | 75,1 $\pm$ 8,3  |
| Nem, db (%)   |                 |
| Férfi   | 77 (75)         |
| Nő  | 25 (25)         |
| Cardiovascularis rizikófaktorok, db (%)               |                 |
| Hipertenzió   | 89 (87)         |
| Dohányzás   | 84 (82)         |
| Hyperlipidaemia                                       | 78 (76)         |
| Koronáriabetegség                                     | 59 (58)         |
| Krónikus veseelégtelenség (III–V.)                    | 44 (43)         |
| Perifériás verőérbetegség                             | 21 (21)         |
| Diabétesz   | 14 (14)         |
| BMI, átlag $\pm$ SD, kg/m <sup>2</sup>                | 29,3 $\pm$ 5,5  |
| Elhízás, db (%)                                       | 43 (43)         |
| Túlsúly, db (%)                                       | 39 (39)         |
| Jelentősebb AFC-meszesedés, db (%), erekhez számítva) | 62 (37)         |
| Korábbi AFC-feltárás, db (%), erekhez számítva)       | 19 (11)         |
| AFC-átmérő, átlag $\pm$ SD, mm                        | 10,1 $\pm$ 1,9  |

AFC – a. femoralis communis; BMI – Body Mass Index (testtömegindex); SD – standard deviáció



#### 4.1.3 Perkután zárás konverziója nyitott arteria femoralis rekonstrukcióvá

A 170 AFC-zárásból 161 (95%) bizonyult technikailag sikeresnek, ez 94 (92%) betegnél jelentett sikeres zárást. Nem találtunk olyan tényezőt, amely előrevetítette volna a sikertelen zárást ( $p > 0,05$ ), úgymint életkor, nem, BMI, elhízás mértéke, AFC-átmérő, korábbi femoralis feltárás, mész az AFC-n (a beválasztási kritériumoknak megfelelő érstatuson belül), sheath nagysága. Mind a 9 sikertelen zárás 20 Fr-es eszköz esetén történt. Bár a zárást közvetlenül meghatározó tényezők nem voltak prospektíven gyűjtve, alacsony számuk miatt pontosan meghatározhatók: magas szűrés, amely áthatol a ligamentum inguinale; meszes plakk kiszakadása az AFC-ből; nem sikerül a csomót levinni az érhez heg vagy helytelenül elvégzett drót melletti bemetszés miatt (**29. ábra**).



**29. ábra:** Perkután záráskor az eszközzel végzett csomózás után.

A, sikeres zárás; B–E, sikertelen zárás; B–C, magas punkció esetén: a ligamentum inguinale nem engedi a csomót a verőérig; D, laza csomó meszes érfal miatt; E–F, subcutisba helyezett csomó. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.

Minden technikai hibát közvetlenül a zárási kísérlet után felismert a műtétet vezető sebész, és azonnal konverzió, femoralis feltárás történt. A szűrés helye 6 alkalommal direkt varrattal, 5/0-s Prolene (Ethicon, Somerville, NJ, USA) került zárásra. Két alkalommal készült Dacron interpozitum, egy alkalommal pedig foltplasztika

bovinfolttal. Egyetlen esetben sem fordult elő kontroll nélküli vérzés, amely vérnyomásesést okozhatott volna.

#### 4.1.4 Korai szövődmények

Öt betegnél (5%) lépett fel a szűrés helyén komplikáció. Ebből artériás trombózis 3 (3%), retroperitonealis haematoma 1 (1%), és álaneurizma szintén 1 (1%) alkalommal alakult ki. Nem találtunk olyan tényezőt, amely összefüggésben lett volna a szűréssel kapcsolatos komplikációk előfordulásával ( $p > 0,5$ ), úgymint életkor, nem, BMI, elhízás mértéke, AFC-átmérő, korábbi femoralis feltárás, mész az AFC-n, sheath nagysága.

A három AFC-elzáródást kétszer a 7., illetve egyszer a 16. posztoperatív napon észleltük. Az első beteg tünetmentes AFC-elzáródását és a lokális dissectiót a posztoperatív kontroll-CTA-n fedeztük fel. Ennél a betegnél thrombectomia, endarterectomia és foltplasztika történt. Később feltárássra és sebészi szöveteltávolításra (debridement) volt szükség sebgyógyulási zavar, infekció miatt. A második beteg, akinek AFC-elzáródása lett, akut végtagi ischaemiával jelentkezett, miután saját kocsját vezette több mint 2 órán keresztül a 7. posztoperatív napon. A feltárás során észleltük, hogy a Perclose varrata a femoralis artéria mellett az inguinalis szalagot is érintette, és ez feltehetően megtörte az eret ülés közben. A betegnél thrombectomia és foltplasztika történt, eseménytelen további posztoperatív időszakkal. Az utolsó betegnél claudicatio alakult ki 16 nappal a beavatkozás után – az iliofemoralis okklúzió hátterében kifejezetten a behatolási kapuval kapcsolatos eltérést nem észleltünk, a sztentgraft szára volt megtörve. Thrombectomia és iliacasztent-implantáció történt. Egy betegnél retroperitonealis haematoma miatt végeztünk feltárást az 1. posztoperatív napon. Egy másik esetben szintén az első posztoperatív napon észleltünk femoralis álaneurizmát, amelyet thrombininjekcióval zártunk sikeresen.

#### 4.1.5 Késői eredmények

Harminc napon túl nem fordult elő további, behatolási kapuval kapcsolatos szövődmény. A medián követési idő 13 hónap volt (IQR, 6–21 hónap). A használt ereket figyelembe véve a szövődménymentes behatolási kapu aránya  $97 \pm 1\%$  volt 30 nap és 1 év esetén is. A sikertelen zárás nem jelentett további rizikót további behatolási kapuval kapcsolatos

késői szövődmény szempontjából ( $p = 0,048$ ). Az egyéves túlélés  $91 \pm 3\%$  volt ebben a betegcsoportban, ezt nem befolyásolta a sikertelen zárás ( $p = 0,67$ ) és a behatolási kapuval kapcsolatos szövődmények előfordulása sem ( $p = 0,77$ ).

## 4.2 NEUROMONITORIZÁLÁS, CEREBROSPINALIS DRENÁZS ÉS ILIOFEMORALIS CONDUITOK HASZNÁLATA

### 4.2.1 Beteganyag, rizikótényezők

A kezdeti vizsgálatba 2011. július 1-jétől 2014. augusztus 30-ig kerültek be olyan betegek, akiknél nagy kiterjedésű aorta descendens aneurizma és I–IV-es típusú thoracoabdominalis aortaaneurizma miatt endovascularis rekonstrukció történt – ezek során neuromonitorizálást végeztünk. A demográfiai adatok és az anatómiai jellemzők a **III. táblázatban** láthatók. Negyvenkilenc beteg adatait dolgoztuk fel. Az átlagéletkor  $75 \pm 8$  év volt (47–86 év; 38 férfi). Öt beteg TAA-val, 44 pedig TAAA-val került ellátásra (23 db IV-es típusú, 11 db III-as típusú, 8 db II-es típusú és 2 db I-es típusú TAAA). Az aneurizmák átlagos átmérője  $65 \pm 10$  mm volt. Öt beteg hasi tünetek jelentkeztek a műtét elvégzése előtt, és közülük egyenél B-típusú dissectio és ruptura is volt. Az aneurizma etiológiája 42 esetben (86%) degeneratív, 7 (14%) esetben dissectio volt.

### 4.2.2 A gerincvelői keringést befolyásoló tényezők

Huszonhét (55%) betegnél került sor aortarekonstrukcióra a műtét előtt – akadt, akinél több is (15 infrarenalis, 11 mellkasi, 3 aortaív). Az a. iliaca interna 44 (92%) esetben volt nyitott mindkét oldalon. Tizenöt betegnél legalább az egyik oldalon volt szignifikáns ( $>50\%$ ) a. iliaca interna (AII) stenosis. Öt betegnél záródott el az egyik vagy mindkét AII. Kétoldali vertebralis elzáródás egy betegnél sem alakult ki az implantáció idején, 2 (4%) betegnél történt egyoldali a. vertebralis elzáródás egyszer a jobb, egyszer a bal oldalon, és csak egy betegnél lépett fel 50%-ot meghaladó szűkület az egyik a. vertebralison.

### 4.2.3 Többszakaszú műtétek

Az operációt megelőzően 8 betegnél történt bal a. subclavia revascularisatio, mert a sztentgraft proximalis felfekvő szakasza az aortaív Z2 szakaszára kellett, hogy érkezzon.

Négy betegnél került fel végleges iliacaconduit, egy fedett sztent és 3 poliészter graft beültetésével. Ideiglenes iliofemorális conduitot 16 végtagnál használtunk 14 betegen, és 5 iliaca- és 11 femoralis conduit került beültetésre ideiglenesen.

#### 4.2.4 A beavatkozás eredményei

Minden betegen általános érzéstelenítésben történt a sztentgraft-implantáció. Műtétet megelőzően 47 (96%) betegnél sikerült a CSD behelyezése. Többszöri próbálkozás ellenére 2 betegnél nem sikerült a drént a spinalis térbe juttatni.

Az aorta lefedett szakasza  $286 \pm 89$  mm (138–492 mm), ami a teljes hossz arányában (a bal a. subclaviától az aortabifurkációig)  $64 \pm 18\%$  (33–100%) volt. A teljes műtéti hossz átlagosan  $290 \pm 94$  perc, az endovascularis szakasz hossza  $175 \pm 37$  perc volt. A medián becsült vérveszteség 450 ml (IQR 200–1151 ml) volt.

**III. táblázat.** Demográfiai adatok és az anatómiai jellemzők 49 betegnél, akik thoracalis aortaaneurizma (TAA) vagy thoracoabdominalis aortaaneurizma (TAAA) miatt kerültek endovascularis rekonstrukcióra.

| Változók   | <i>n</i> = 49 | %         |
|--|---------------|-----------|
| Férfi  | 38            | 78        |
| Életkor (év), közép ± SD                           |               | 75 ± 8    |
| <b><i>Cardiovascularis rizikófaktorok</i></b>      |               |           |
| Hipertenzió  | 43            | 88        |
| Dohányzás  | 42            | 86        |
| Hyperlipidaemia                                    | 40            | 82        |
| Koronáriabetegség                                  | 32            | 65        |
| Krónikus tüdőbetegség                              | 21            | 43        |
| Krónikus vesebetegség (IIIb–V)                     | 18            | 37        |
| Perifériás verőérbetegség                          | 12            | 24        |
| Diabétesz  | 9             | 18        |
| Stroke/TIA   | 4             | 8         |
| <b><i>Az aneurizma anatómiai jellemzői</i></b>     |               |           |
| TAA  | 5             | 10        |
| TAAA   | 44            | 90        |
| I-es típus   | 2             | 4         |
| II-es típus  | 8             | 16        |
| III-es típus                                       | 11            | 22        |
| IV-es típus  | 23            | 47        |
| Maximális aortaátmérő (közép ± SD)                 |               | 65 ± 10   |
| Visceralis ágak száma ág/beteg (közép ± SD)        |               | 3,9 ± 0,6 |
| <b><i>Többszakaszú endo-TAAA-rekonstrukció</i></b> |               |           |
| Korábbi TAA-rekonstrukció                          | 11            | 22        |
| Nytott korábbi TAA-rekonstrukció                   | 6             | 12        |
| TEVAR  | 5             | 10        |
| Perfúziós ág                                       | 5             | 10        |
| <b><i>Aortaív- vagy cervicalis debranching</i></b> |               |           |
|  | 3             | 6         |
| <b><i>Conduitok</i></b>                            |               |           |
| Állandó conduitok                                  | 5             | 10        |
| Iliofemoralis bypass                               | 4             | 8         |
| Endovascularis conduit                             | 1             | 2         |
| Ideiglenes conduitok                               | 14            | 28        |
| a. iliaca conduit                                  | 5             | 10        |
| a. femoralis conduit                               | 9             | 18        |

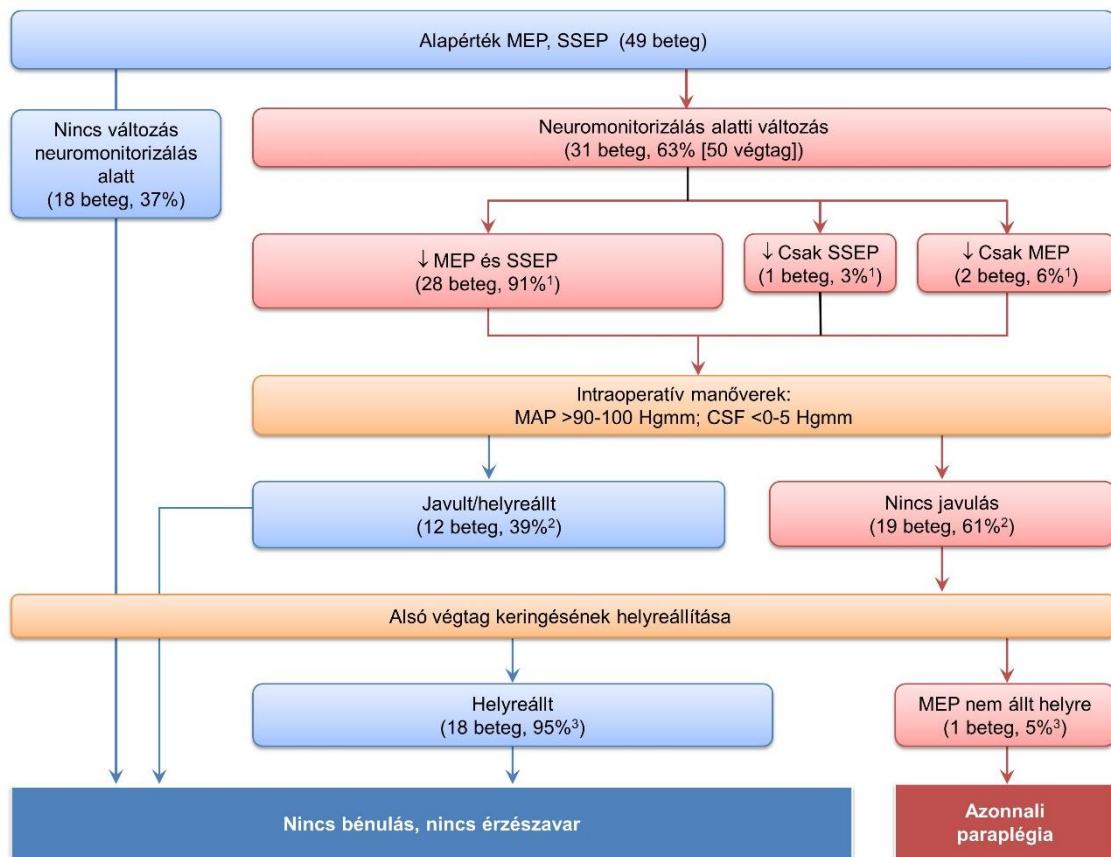
SD, standard deviáció; TIA, tranzienis ischaemiás attack; TEVAR, thoracalis endovascularis rekonstrukció

#### 4.2.5 A neuromonitorizálás eredményei

Minden betegnél sikerült stabil tc-MEP/SSEP-t elérni és az alapértéket felvenni. Neuromonitorizálással kapcsolatos specifikus szövődmény (harapási sérülés, roham, ritmuszavar) nem történt. Harmincegy betegnél 50 végtagon volt tc-MEP- vagy SSEP-változás. A tc-MEP/SSEP változások az első sheath behelyezését követően  $62 \pm 27$  és  $77 \pm 29$  perccel kezdődtek. Általánosságban, a SSEP-monitorizáláskor a jelek amplitúdójának csökkenését a jelek késése előzte meg **(21. és 31. ábra)**. A tc-MEP esetében amplitúdócsökkenés jellemezte a változásokat **(21 és 32. ábra)**. Minden tc-MEP-változás először a distalis izmokon jelentkezett, és két eset kivételével csak egyoldaliak voltak. Intraoperatív manőverek, mint a vérnyomás emelése, 12 (39%) betegnél visszaállították a neuromonitorizált értékeket. Azokban az esetekben, amikor az intraoperatív manőverek nem segítettek, az alsó végtagi áramlás helyreállítása után 5 percen belül minden alkalommal rendeződtek a tc-MEP értékek, kivéve egy alkalommal. Ennél az egy betegnél alakult csak ki azonnali gerincvelői ischaemia; a SSEP-értékek is közel normális tartományba kerültek vissza, 7 esetben azonban nem volt minden csatornán teljes a visszatérés, annak ellenére, hogy a későbbiekben elvégzett neurológiai vizsgálat során nem észleltünk szenzoros funkciózavarra utaló tünetet **(30. ábra)**.

Ideiglenes conduitok használatával rövidebb ideig tartó szignálás volt megfigyelhető, bár ez nem érte el a szignifikáns szintet az alacsony elemszám és a nagy standard deviáció miatt ( $38,5 \pm 35$  perc conduit használatával és  $86 \pm 81$  perc conduit nélkül).

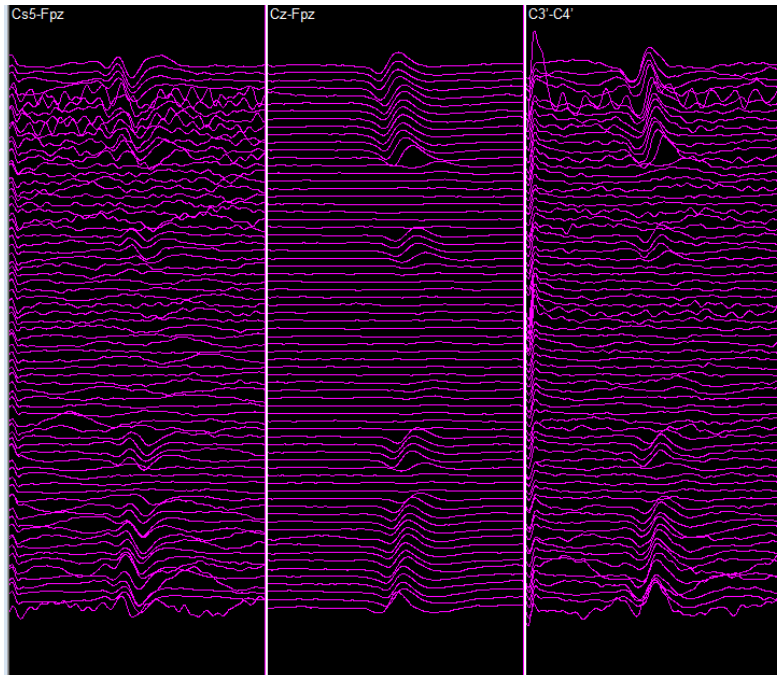
Univariáns analízissel a nem, az életkor, az iliacaokklúzió és az aorta lefedettségének mértéke nem mutatott összefüggést a tc-MEP/SSEP változásokkal. Azon 5 betegnél, akinél csak a mellkasi szakasz rekonstrukciója történt C-típusú TAA miatt, egyetlen alkalommal sem változott a tc-MEP/SSEP szignál.



**30. ábra:** Neuromonitorizálás során észlelt jelváltozások és az azokra adott intraoperatív manőverek eredménye.

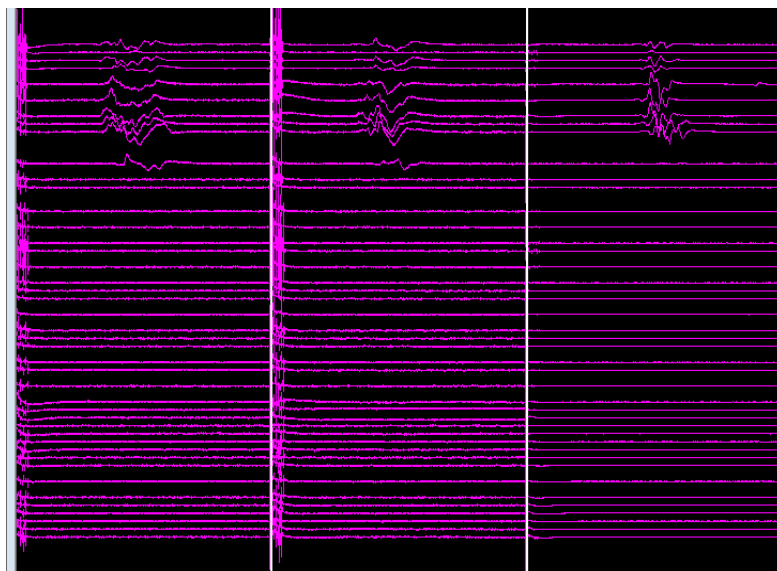
A százalékban megadott érték mindig a felette lévő állapot-változás utáni populációra számolva: 1, a neuromonitorizálás során észlelt jelváltozás után; 2, az intraoperatív manőverek után; 3, a keringés helyreállítása után. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.

Annál a két betegnél, akiknek a combján a legproximalisabban is kialakult tc-MEP-változás, mindkét esetben fellépett gerincvelői károsodás. Egyikükön már a sztentgraft nyitásakor tc-MEP/SSEP változást lehetett észlelni, amikor még az aneurizmzásokban az áramlás megtartott volt, a szegmentális ágak telődtek. A műtét végén, az alsó végtagi keringés visszaállítása után a SSEP visszatért, de a tc-MEP-jelek nem (31–32. ábra).



**31. ábra:** SSEP-görbék a műtét során gerincvelői károsodást szenvedett beteg vizsgálatából.

A szenzoros jelek a műtét végére helyreálltak. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.



**32. ábra:** tc-MEP-görbék a műtét során gerincvelői károsodást szenvedett beteg vizsgálatából.

A motoros jelek elvesztek a műtét során, és nem is jelentkeztek ismét a műtét folyamán. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.



A másik betegnél mindkét oldalon tc-MEP-változások léptek fel, de ezek helyreálltak a műtét végére, és a páciensnek ébresztéskor nem volt semmilyen neurológiai tünete. A 2. posztoperatív napon a betegnél szívmegállás, retrográd A-típusú dissectio alakult ki, amely miatt akut szívműtét történt, extracorporalis keringéssel. Ennek a műtétnek a végére alakult ki paraplegia.

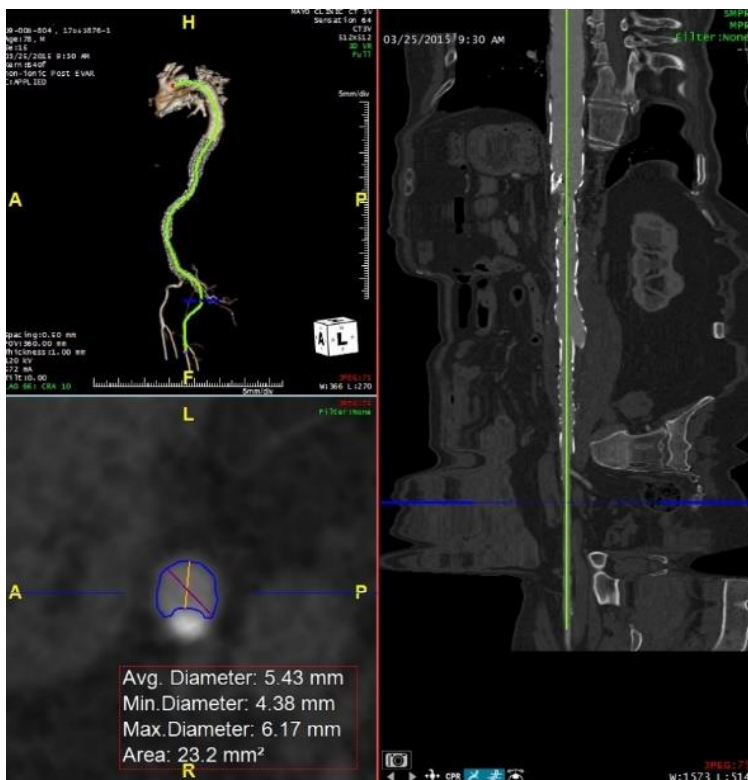
#### 4.2.6 Korai szövődmények és halálozás

Két beteg halt meg a kórházban vagy 30 napon belül. Mindkét esetben sürgős műtétet követően hunyt el a beteg. Az első egy 81 éves nőbeteg volt számos kísérőbetegséggel, akinél B-típusú dissectio–intramuralis haematoma–tartott ruptura miatt volt szükség sürgős beavatkozásra. Az a. subclavia magasságában lévő proximalis berepedést le lehetett fedni egy mellkasi sztentgrafttal a truncus coeliacusig, de a distalis berepedésnél Ib endoleak megmaradt, és a beteg ruptura következtében elhunyt a 2. posztoperatív napon. A másik beteg egy 75 éves férfi volt, akinél gyorsan növekvő II-es típusú TAAA miatt sebész által módosított 4 eres fenesztrációjú sztentgraft került beültetésre. A posztoperatív szakban a betegnek szívinfarktusa alakult ki, majd a páciens stroke következményeként hunyt el, feltehetően aortaívből történő embolisatio miatt. Kiemelt hátrányos eseményt, azaz komolyabb szövődményt 17 (35%) betegnél észleltünk, a leggyakoribb ezek közül az 1000 ml feletti becsült vérvesztés volt. A kórházi bennfekvés mediánja 4 nap (IQR 3–7 nap) volt. Összesen 3 betegnél alakult ki gerincvelői ischaemia. A már korábban említett két betegből az elsőnél a tünetek jelentősen javultak, a 3. hónapos kontroll idejére önálló járásra képes lett, a lábfej minimális mozgászavarán kívül komolyabb tünete nem volt. Ekkor diagnosztizáltak nála kissejtes tüdőtumort, amely miatt az aorta műtétét követő 9. hónapban meghalt. A másik beteg, akin retrográd dissectio miatt kellett akut műtétet végrehajtani, egy rövid rehabilitációs kezelést követően otthonába távozott a műtét utáni 25. napon, majd aspirációs pneumónia miatt halt meg a 38. posztoperatív napon. Ezeken kívül volt egy eset, ahol késői, mindkét alsó végtagot érintő paraesthesia alakult ki. Ennél a betegnél hipotónia lépett fel a gyógyszerei hibás átállítása utáni 14. posztoperatív napon. Sürgősséggel került felvételre, spinalis drént kapott, melynek nyomását 0 Hgmm körül tartottuk; antihipertenzív szereit elhagytuk, volumenpótlás történt. Tünetei 24 órán belül teljesen regrediáltak.

Cerebrospinalis drén használata után 2 alkalommal fordult elő fejfájás, az egyik betegnél vértapasz (blood-patch) segítségével sikerült a tüneteket megállítani.

#### 4.3 PERIFÉRIÁS NEUROMONITORIZÁLÁS, A SZÖVETI OXIGÉNSZATURÁCIÓ MÉRÉSE

A neuromonitorizálás 2015. február 12-től 13 betegnél a korábbiakhoz képest kiegészült a periférián kiváltott potenciál mérésével, valamint ezen belül 9 alkalommal sikerült az endovasculáris TAAA-rekonstrukció alatt 2 másodpercenként  $StO_2$ -t regisztrálni és ennek adatait elmenteni, feldolgozni. Egy betegnél az egyik végtagon korábbi perifériás idegsérülés miatt nem lehetett SSEP-t felvenni, ezen kívül és a tc-MEP és pCMAP tekintetében mind a tizenhárom betegnél sikeres neuromonitorizálás történt. A 13 beteg közül csak 3 betegnél adódott a neuromonitorizálás során 75%-nál nagyobb tc-MEP/SSEP változás. A 3 beteg közül 2-nél mindkét alsó végtagon lehetett változást észlelni. Az öt végtagi változásnál csupán 1 alkalommal volt érintett a combon mért tc-MEP; a négy esetben a m. tibialis anterior és a m. abductor hallucis volt érintett, s csupán egyszer lehetett csak a m. abductor hallucison mérni változást. A periférián kiváltott potenciál *minden* esetben követte a transcorticalisan kiváltott MEP-változásokat. SSEP-változás csak olyan végtagon fordult elő, ahol tc-MEP/pCMAP változást is lehetett regisztrálni. A kilenc  $StO_2$ -mérés és -regisztrálás eredményéből látható volt, hogy csak olyan végtagon történt tc-MEP/SSEP/pCMAP változás, ahol az  $StO_2$  jelentősen és tartósan csökkent. A leggyakrabban használt sheath-méret a 22 Fr volt (8 alkalommal a 26-ból). A 8 esetből 3 alkalommal történt tc-MEP-változás. Mind a 8 végtagonál CTA-rekonstrukciót készítettünk a középvonal felvételével, hogy a legkisebb átmérő pontosan meghatározható legyen (**33. ábra**). Az átmérők átlaga abban a csoportban, ahol a változások mérhetőek voltak, szignifikánsan alacsonyabb volt, mint ott, ahol nem; 7,5 mm (6,9–8,2 mm), illetve 9,6 mm (8,8–10,8 mm),  $P = 0,036$ .



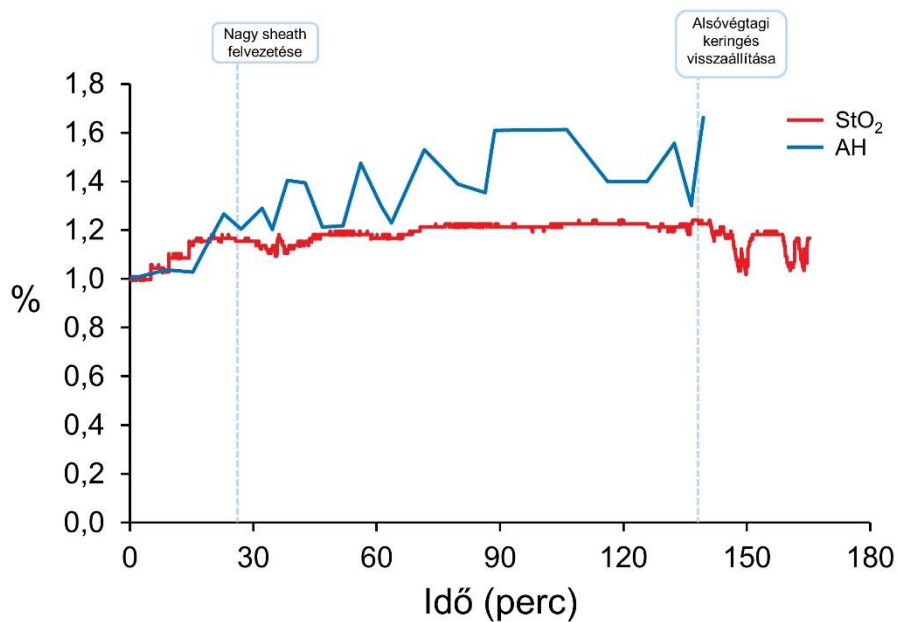
**33. ábra:** A legkisebb a. iliaca átmérő meghatározása.

Középvonal elkészítése után az artériának pontosan a haránt metszetében lehet elvégezni a mérést. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.

#### 4.3.1 Az StO<sub>2</sub> és a MEP változása

Abban az esetben, amikor az StO<sub>2</sub> stabil volt, nem történt változás a kiváltott motoros potenciálban sem (**34. ábra**). Ha nagyobb sheath került behelyezésre, az oxigénszaturáció esett, és bizonyos idő után a kiváltott potenciál is megszűnt. Egyes esetekben a vérnyomás emelésével bár a szaturáció javult, ez nem volt elég a tc-MEP helyreállításához (**35. ábra**). Máskor a sheath behelyezését követő ischaemia miatt észleltük a tc-MEP csökkenését, emiatt protokoll szerint megemelték a vérnyomást, s ennek hatására az StO<sub>2</sub> is emelkedett, így a tc-MEP is helyreállt. Ahogy a MEP visszatért az alapérték közelébe, a vérnyomást hagyták az eredeti zónába visszaesni, ezzel azonban ismét romlani kezdett a szaturáció. Mivel ez már a beavatkozás vége felé történt, a keringés helyreállítása megelőzte a tc-MEP jelentős romlását (**36. ábra**). A következő példa az ideiglenes conduit használatának célját mutatja meg. A conduitba a nagy sheath visszahúzható az implantáció lépései között, így a keringés ismételen helyreáll. A beavatkozás során a

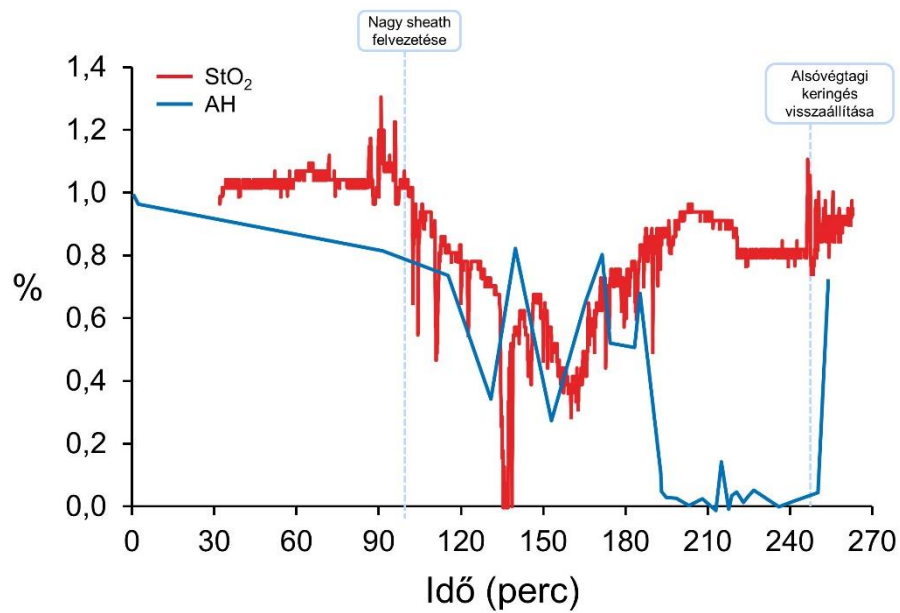
szaturáció ingadozása mellett a MEP-értékek sem voltak stabilak, de nem következett be jelentős potenciálgyengülés (**37. ábra**). Amikor a 20 Fr feletti sheath az iliofemorális szakaszt részben elzárta, viszonylag kisebb vérnyomás-ingadozás is a szaturáció jelentős csökkenéséhez vezetett (**38. ábra**). A gyors korrekció mellett, az 5–6 percig tartó ischaemia nem járt potenciálváltozással.



©2015 MFMR | 3444377-2

#### 34. ábra: Stabil StO<sub>2</sub>

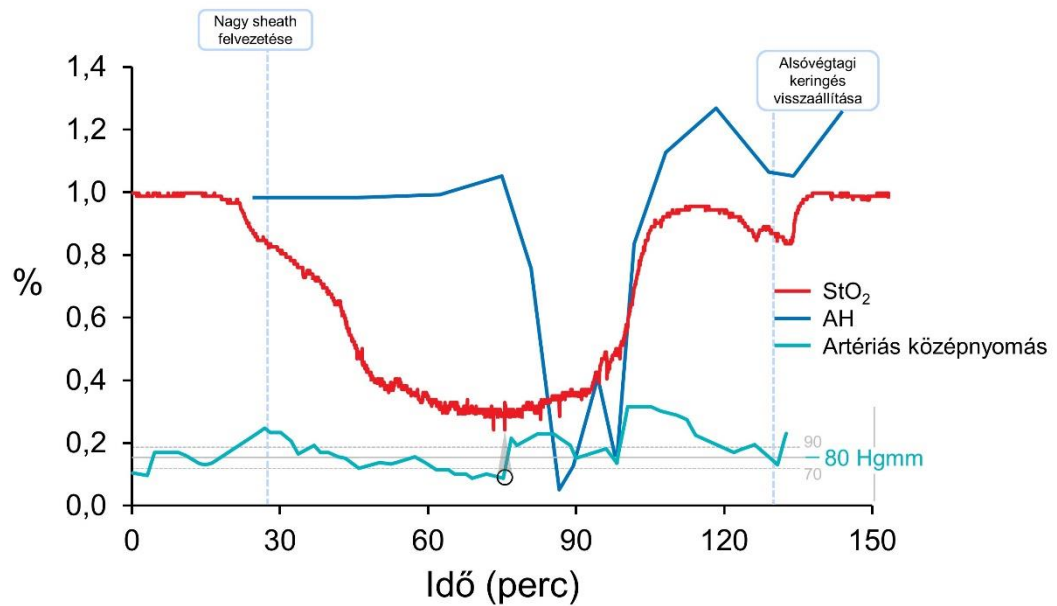
Stabil StO<sub>2</sub> esetén (StO<sub>2</sub> – a tibialis anterior felett mért érték) a m. abductor hallucis tc-MEP- (AH-) aránya a kezdeti értékhez képest nem változott jelentős mértékben. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.



©2015 MFMR | 3444377-1

### 35. ábra: Az StO<sub>2</sub> esése.

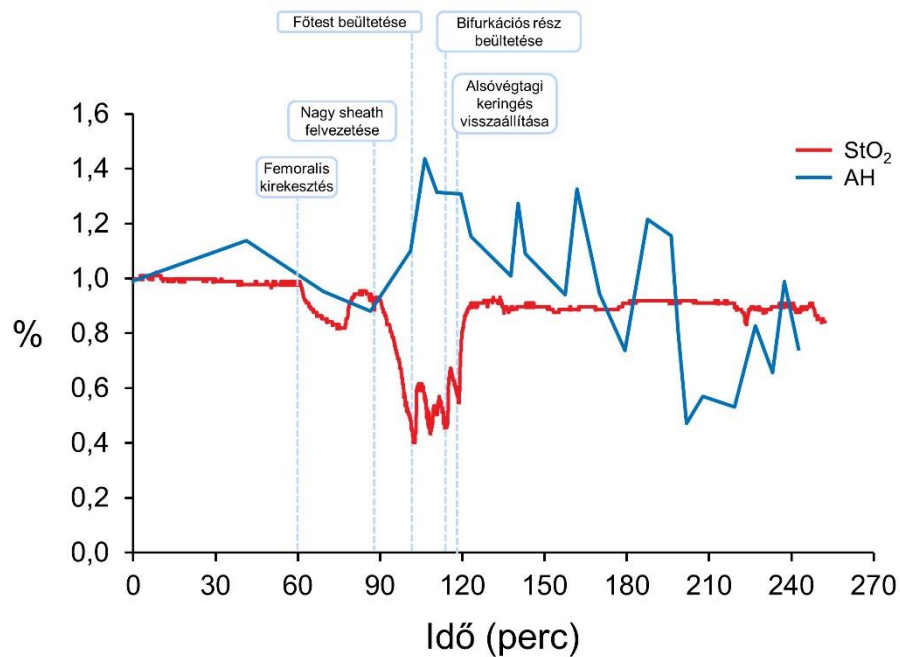
Az oxigén szaturáció esésével összhangban a m. abductor hallucis tc-MEP- (AH-) értéke is csökkenni kezdett. A 130. perc környékén a sebészt értesítették a gyengülő jelekről, aki a vérnyomás emelését kérte, ez azonban nem volt teljesen elegendő a szaturáció helyreállításához, így a MEP sem állt helyre. A motoros potenciál csak a keringés helyreállításakor rendeződött. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.



©2015 MPMER | 3444377-3

**36. ábra:** Az StO<sub>2</sub> esését követő vérnyomásemeléssel hatása.

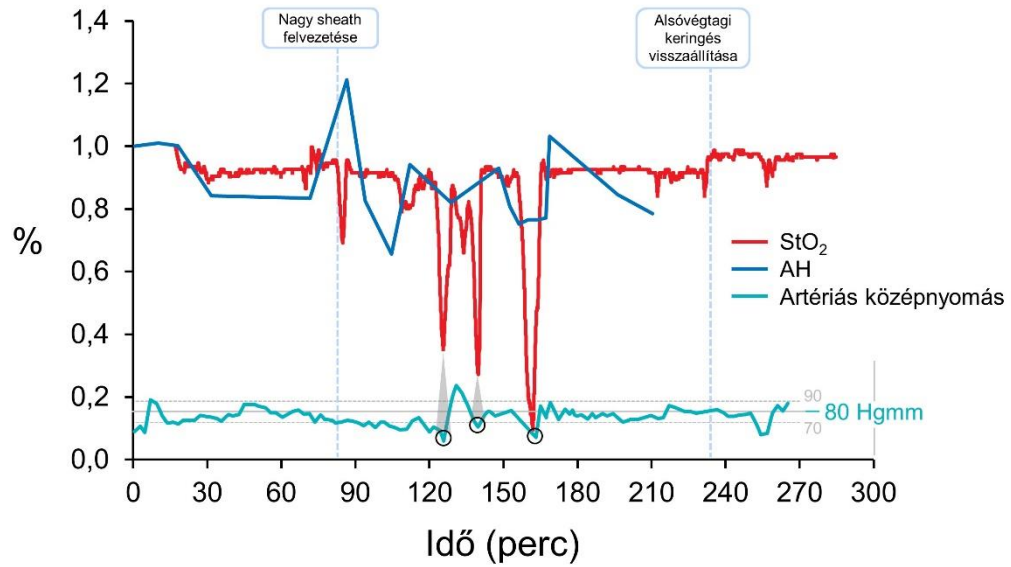
A sheath behelyezése után esett a szaturáció, ami miatt a m. abductor hallucis tc-MEP (AH) is lecsökkent. Az erre megkezdett protokoll szerinti vérnyomásemeléssel elég volt a szaturáció emelkedéséhez, ezzel a MEP is helyreállt. A MEP rendeződésével csökkentették a vérnyomást. Ez a nyomás azonban ismét kevés volt az StO<sub>2</sub> szinten tartásához, ám mielőtt komolyabb ischaemia alakult volna ki, a keringést a műtét végeztével helyreállították. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.



©2015 MPMER | 3444377-5

**37. ábra:** A conduit hatása a végtag vérellátására.

A conduit felvarrásakor kirekesztett femoralis artéria miatt, majd a nagy sheath behelyezésére elkezdett esni az StO<sub>2</sub>. A conduit használata során a sheath visszahúzásával a különböző lépések között a szaturáció emelkedett, s ez elég volt ahhoz, hogy ne essen a m. abductor hallucis tc-MEP (AH). Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.



©2015 MPMER | 3444377-4

**38. ábra:** Rövid ideig tartó vérnyomásesés.

A gyors vérnyomás-korrekció mellett az StO<sub>2</sub> csökkenése még látható, azonban a m. abductor hallucis tc-MEP- (AH-) jelek kisebb ingadozások mellett megtartottak voltak. Az ábra a Mayo Alapítvány támogatásával készült.



## 5 MEGBESZÉLÉS

Az 1950-es években *DeBakey* által végzett első komplex aortaműtétek óta jelentős fejlődésen ment át a TAAA-rekonstrukciók technikája és eredményei is. A kezdeti homograft-implantációkat felváltották a műérrel végzett rekonstrukciók, majd *Crawford* kialakította a jelenleg is használt intraaorticus graftvezetési módot.<sup>2,4,20</sup> Ennek az időszaknak mind a műtéti számban, mind a technikai felkészültségben *Crawford* a meghatározó alakja. Az általa és munkatársai által közölt széria, amely abszolút mérce a korai TAAA-ellátásban, 1960 és 1991 között 1500 műtéttel még 16%-os paraplegiát jelentett. Az esetek közel fele tartós és jelentős életminőség-romlással járó eset volt.<sup>2</sup> A 2000-es évek elejére ugyanabban az intézetben – de máshol is – 10% alatti paraplegiaarányt sikerült elérni, ekkor még distalis perfúzió nélkül.<sup>60,98,99</sup> Mára már közöltek nyitott TAAA-ellátásban 0–1%-os paraplegiaarányt felmutató szériát is distalis perfúzióval, neuromonitorizálás mellett.<sup>51,100</sup> Olyan intézetekben azonban, ahol nincs kifejezett protokoll a gerincvelői ischaemia elkerülésére, a II-es típusú TAAA nyitott rekonstrukciója során még napjainkban is akár 25% lehet a gerincvelői károsodás aránya.<sup>101</sup>

A thoracoabdominalis aortaaneurizmák endovascularis terápiája az elmúlt időszakban óriási változáson esett át. Az elváltozás előfordulása miatt nem kifejezetten széles körben, de Európában és az Egyesült Államokban is kialakult pár centrum, ahol rendkívül jó hatékonysággal, azaz alacsony korai morbiditási és mortalitási (5–9%) mutatókkal képesek elvégezni a rekonstrukciókat.<sup>11,18,81</sup> Ezek a mutatók, annak ellenére, hogy még mindig javulnak, mára felveszik a versenyt a nyitott rekonstrukciókat végző centrumok eredményeivel, pedig ezeken a helyeken többbezes műtéti számok kellő tapasztalatot adnak.<sup>10</sup> A rendkívül jó mortalitási mutatók mellett a gerincvelői ischaemia megelőzése még mindig az egyik megoldatlan kérdés. Ezt bizonyítja, hogy van olyan centrum, ahol 37%-os gerincvelői károsodást figyeltek meg endograftbeültetés során.<sup>102</sup> A Mayo Klinikán kidolgozásra került egy gerincvelő védelmi protokoll, amelynek része a beavatkozások lehetőség szerint több szakaszra bontása, a gerincvelői folyadék nyomásának szabályozása, szoros vérnyomáskontroll és a végtagok vérellátásának minél hamarabbi visszaállítása. A dolgozatban is bemutatott eredmények bizonyítják, hogy lehetséges, még a nagy kiterjedésű endovascularis aortarekonstrukciók esetében is,

rendkívül alacsony perioperatív paraplegiaarányt elérni. Az általunk közölt alacsony műtéti gerincvelői károsodáshoz hasonló eredményeket is közölnek (4%), de vannak ennél természetesen rosszabb eredmények is (9–37%).<sup>102,103</sup> A protokollt alkotó elemek részben a nyitott rekonstrukciókból lettek átvéve, részben más intézetben kifejlesztett, speciálisan az endovascularis terápia kapcsán hatékonynak gondolt eljárásokból állnak.<sup>18,74</sup>

A nyitott műtétek során a reimplantációra kerülő szegmentális ágak meghatározására használják a motoros és szenzoros pályák vizsgálatára épülő neuromonitorizálást. Feneztrált endograftbeültetés alatt végzett neuromonitorizálásról azonban egyáltalán nem voltak tapasztalatok. Kevés közlemény lelhető fel csupán endovascularis terápia kapcsán végzett neuromonitorizálásról, de ezek többsége nem komplex TAAA-rekonstrukció, hanem csak a mellkasi szakaszon végzett sztentgraft-implantáció.<sup>104</sup> Némelyik közlemény értelmezhetetlen, vegyesen szerepelnek nyitott és endovascularis esetek, nem derül ki pontosan a rekonstrukció típusa, nem egységes az anesztézia, és még a monitorizálás kezdeti hibái is megtalálhatók, például az egyik közleményben még a MEP/SSEP alapértékeket sem sikerült minden esetben felvenni a halogénezzett inhalációs altatógáz miatt.<sup>105</sup>

A Mayo Klinikán adott volt a gerincműtétek során használt neuromonitorizálás, s az elsődleges feladatunk az volt, hogy ezt az endovascularis terápia igényeihez alakítsuk. Endovascularis aortarekonstrukció esetén, mivel nincs szükség izomrelaxáns adására, könnyebben végezhető IONM, mint nyitott műtétek során. A technikusoknak és a vizsgálat után a kiértékelést végző neurológusnak azonban nem volt ismerete az endograft-implantációról, nem voltak tisztában a gerincvelői ischaemia szempontjából kritikus lépésekkel. Munkánk fontos része volt, bár ez természetesen nem publikálható eredmény, a neuromonitorizálást végző technikusi és neurológusi csapat, valamint az érsebészeti csapat közti tudásmegosztás, képzés. A cél olyan neuromonitorizálás kialakítása volt, amely jelzi a gerincvelő funkciójának csökkenését, s ezzel lehetőséget ad olyan lépések elvégzésére, amelyek a gerincvelői perfúzió növelésével az ischaemiát csökkentik. A kezdeti időszakban a MEP/SSEP jel minden csökkenését gerincvelői funkciózavarnak gondolták. Mivel az alsó végtagi keringés helyreállításakor rendkívül gyorsan, általában 5 percen belül rendeződtek a MEP/SSEP jelek, hamar felmerült, hogy a nagyméretű sheath miatt az alsó végtag ischaemiája okozza a jelek gyengülését. Tehát

a MEP/SSEP jelek önmagukban rossz specificitással mutatták a gerincvelői károsodást: 31 beteg közül, akiknek volt MEP- vagy SSEP-jel-csökkenésük, csak egy alkalommal lépett fel paraplegia közvetlenül a műtét után. Ahogy a kezdetekben nálunk is, úgy más intézetekben is egy végtagon maximum egy vagy két izomcsoportot figyeltek a beavatkozás alatt. Ezt a metodikát fejlesztettük a többszintűre kiegészített (comb-lábszár-lábfej) vizsgálattal. Ezzel a módszerrel indirekt sejtésünk lehetett arról, hogy valóban alsó végtagi ischaemia okozza-e a jelek változását, ami valószínűbb, ha csak a distalis izomcsoport jelei változnak. Azon az elven, hogy mindegyik vizsgált izom egy ideg lefutásának mentén legyen proximalis-distalis irányba felfűzve, a választás a combon lévő m. semimembranosusra esett, amely a m. tibialis anteriorral és az abductor hallucissal a n. ischiadicus–n. tibialis–n. fibularis ellátási csoportjába tartozik. Ezzel elkerülhetővé vált egy esetleges új faktor bevonása a már így is épp elég ismeretlent tartalmazó IONM elemzésébe. Mindazonáltal lehet, hogy ez a választás nem eléggé megalapozott, mert talán a n. femoris ellátási területén belül van olyan izom, amely kevésbé lenne érzékeny az ischaemiára, viszont egy esetleges gerincvelői károsodást szenzitíven tudna jelezni. Azt tudjuk, hogy a jelek változását alsó végtagi ischaemia okozza, de nincs pontosan tisztázva még az sem, hogy izom- vagy idegischaemia miatt van-e kiesés. Ennek meghatározására nem a MEP a legjobb módszer, hanem a vezetési vizsgálatok. Az izomischaemia is korán jelentkezik, akár ez is okozhatja a jelvesztést.<sup>106</sup> A mi vizsgálataink során azonban a MEP- és a SSEP-jelek elvesztése szinte mindig egyszerre jelentkezett, és egyszerre is tértek vissza a keringés helyreállításakor. Ezért úgy gondoljuk, hogy a jelvesztés oka inkább a perifériás idegek ischaemiája. Ezt a feltételezést (ti. hogy végtagi ischaemia esetén a perifériás idegek funkciózavara okozza elsődlegesen a bénulást) megerősíti a szakirodalomból ismert kísérletes vizsgálat is, például egy disznómodellen végzett kísérletsorozat.<sup>49</sup> A combon is mért MEP rendkívül ritkán csökkent (összesen két alkalommal, ebből egyszer adódott gerincvelői károsodás), ezekben az esetekben azonban még mindig lehet alsó végtagi ischaemia és akár gerincvelői ischaemia is a háttérben. Sőt a csupán distalis MEP-csökkenés sem zárja ki a gerincvelői eredetet. A kezdeti vizsgálatokat követően, az intraoperatív monitorizálás előbb megbeszélte fázisában még nem tudhattuk biztosan, hogy valóban alsó végtagi ischaemiával állunk-e szemben. Annak érdekében, hogy legalább ezt tudjuk igazolni, perifériás ingerlésű potenciált vezettünk be (peripheral compound muscle action

potential, pCMAP). A már meglévő elrendezéshez egyedül egy elektródát kellett a térdhajlathoz tenni, amelyen keresztül a n. fibularis (peroneus) ingerlésével a m. tibialis anterior volt ingerelhető. A meglévő SSEP kiváltásához használt elektródával a n. tibialis posterioron keresztül a m. abductor hallucis monitorizálása vált lehetővé. Vizsgálataink igazolták, hogy minden MEP-változással közel egy időben pCMAP-változás is történt minden esetben, kivétel nélkül. Korábban nem sikerült egyértelmű összefüggést találni az a. iliaca átmérője és a felvezetőrendszer nagysága, illetve az ischaemia között. Ezért most a lehető legpontosabb metodikát alkalmazva csak a leggyakoribb sheath-méretet figyeltük (22 Fr). Minden olyan iliofemorális szakasz esetében, ahol ezeket az eszközöket felvezettük, középvonalszerkesztés után minden pozícióban a merőleges metszetet mérve határoztuk meg a legszűkebb pontokat. Így már egyértelmű összefüggést kaptunk: 8,2 mm és annál kisebb átmérő esetén mindig (3 eset) fellépett ischaemia, a többi 5 esetben pedig, ahol még ezt a 22 Fr sheath-méretet alkalmaztuk, a legkisebb átmérő 8,8 mm volt. A vizsgálatot kiegészítettük szöveti oxigénszaturáció mérésével azért, hogy egy, az előzőtől eltérő és független módszerrel tudjuk bizonyítani a jelvesztés okaként a végtagi ischaemiát. Bár statisztikailag rendkívül nehéz lenne az StO<sub>2</sub>-görbék és a tc-MEP/SSEP változások közötti összefüggést elemezni, az mindenképpen egyértelmű, hogy stabil StO<sub>2</sub>-görbe mellett nem volt tc-MEP/SSEP változás, viszont minden tc-MEP/SSEP változást megelőzően egy oxigénhiányos állapot. Az StO<sub>2</sub>-görbék további elemzése fontos információkat adott a megfelelő végtagi perfúziót biztosító körülmények tisztázásához. A sheath és az iliacarendszer nagysága, az ischaemia hossza, a vérnyomás mind befolyásolja a tc-MEP/SSEP jelek változását.

Szerencsére (bár a vizsgálat szempontjából sajnós) nem volt lehetőségünk széles körű tapasztalatokat szerezni paraplegia esetén a neuromonitorizálásról. Abban az egyetlen esetben, ahol azonnali gerincvelői károsodás lépett fel, mindkét végtagon jelentkezett tc-MEP-kiesés, és a műtét végén, az alsó végtagi keringés helyreállítása után sem tért vissza a normáltartományba. Ezzel szemben a SSEP-jelek rendeződtek, míg más esetben a műtét végén is kórosnak tűnő jelek mögött nem volt klinikai relevancia. Összességében tehát feltételezhetjük, hogy a tc-MEP-neuromonitorizálás a mi vizsgálatainkban alkalmasabbnak tűnt a gerincvelői ischaemia detektálására, mint a SSEP-monitorizálás. Bár tapasztalatunk nincs, a fent említett tc-MEP-jelek mintázatából következtetni lehetett arra, hogy mikor áll fenn csak alsó végtagi ischaemia – ha csak egy végtagon, csak a

lábszár és a láb területén, azaz distalisán van jelkiesés. Amikor tc-MEP-változás jelentkezett, az ilyenkor beindított lépések – mint a vérnyomás emelése – gyakran önmagukban is elégségesek voltak a megfelelő perfúzió fenntartására. Amennyiben a vérnyomás emelése mégsem volt elegendő az IONM értékeinek visszatéréséhez, a sebész megpróbálta minél hamarabb helyreállítani az alsó végtagi keringést. Az alsó végtagi keringés helyreállításával, azonkívül, hogy nő a gerincvelői collateralis hálózatban az áramlás – s így az esetleges gerincvelő-károsodás is –, az IONM is inkább gerincvelői monitorizálássá válik, és specificitása a gerincvelői ischaemia szempontjából nő. Ha az IONM szenzitivitását csak visszaállított alsó végtagi keringés esetén vizsgáljuk, akkor a mi esetünkben a 30 betegből 29-nél állt helyre a MEP-jel, és csak abban az egy esetben nem javult a szignál, amikor a paraplegia történt, tehát ilyenkor magas szenzitivitás és specificitás jellemzi az INOM-ot – tekintettel arra, hogy ezen az egy eseten kívül nem volt más paraplegia. Ha a keringés az alsó végtagon helyreáll, de még mindig csökkent MEP-jelek vannak, a sebész még ekkor is dönthet úgy, hogy a rekonstrukciót nem fejezi be, ezzel ugyanis fenntartható a keringés a szegmentális ágak egy részében (fenntartott endoleak). Ha az ébresztés után végzett neurológiai vizsgálat szerint nincs paraplegia, a rekonstrukció egy későbbi időpontban, akár helyi érzéstelenítésben is befejezhető. Összességében elmondható, hogy önmagában a MEP/SSEP mérésen alapuló IONM specificitása a gerincvelői ischaemia szempontjából az alsó végtagi ischaemia miatt rossz, rendezett alsó végtagi keringés esetén azonban jó. A bevezetett pCMAP-méréssel legalább tudjuk, hogy mikor nem megbízható az IONM.

Azt feltételezve, hogy csupán alsó végtagi ischaemiát jelez a neuromonitorizálás, felmerül, hogy jogos-e elindítani egy preventív protokollt, amelynek több eleme is jelenthet rizikót: pl. a magasabb vérnyomás vérzéses stroke, szívelégtelenség, esetleg szívinfarktus lehetőségét veti fel. A CSF-drenázs is járhat negatív következményekkel, amelyek közül a fejfájás a legenyhébb. A közelmúltban igazolt collateralis hálózat, amely a gerincvelői keringés fontos része, alkalmas arra, hogy megfelelő perfúzió mellett a szegmentális ágak nélkül is megfelelő gerincvelői keringést biztosítson. Ezt nemcsak kísérletes módon bizonyították, hanem klinikai tapasztalatok is megerősítik. *Haulon és mtsai*, illetve a clevelandi munkacsoport igazolta az a. iliaca interna és az alsó végtagi keringés fontosságát a gerincvelői keringés integritásának megőrzéséhez.<sup>17,18</sup> Ezért attól

függetlenül, hogy a jelek akár csak az alsó végtagi ischaemiát jelzik, lehet, hogy ezzel még korábbi fázisban megelőzhető a gerincvelői károsodás.

A fentiek alapján úgy gondoljuk, hogy a Mayo Klinikán kialakított, a gerincvelői károsodást megelőző protokoll hatásos. A protokoll kihasználja, hogy az endovascularis beavatkozás során nincs aortakirekesztés. A preventív lépések egy része, mint az előzetes vérnyomás-beállítás, az a. vertebralis és szükség esetén az a. iliaca interna revascularisatiója a collateralis rendszer előkészítését szolgálja. A protokoll többi eleme elsődlegesen a neuromonitorizálásra hagyatkozva a collateralis rendszer optimális perfúzióját hivatott biztosítani a műtét alatt. Amennyiben a tc-MEP/SSEP jelek csökkennek, standardizált manőverekkel minél gyorsabban megpróbáljuk visszaállítani a keringést a medence és az alsó végtag verőerei felé, a vérnyomás emelésével, az a. iliacát elzáró nagyméretű sheath visszahúzásával/eltávolításával. A jelenlegi beállítások mellett nagy valószínűséggel tudjuk, hogy alsó végtagi ischaemia áll fenn.

A collateralis hálózat miatt a beültetett eszközök felvezetésének módja is fontos. Jelenleg is vita tárgya a legoptimálisabb megoldás. A perkután módszer ellen azt az érvet szokták felhozni, hogy zárás után, ha valami történik, nem lehet felvezetni az eszközt, és az újabb preparálás egy adott szituációban (pl. ruptura) túl sokáig tartana. A másik ellenérv a bizonytalan zárás és egy esetleges vérzésekör fellépő hemodinamikai instabilitás miatti gerincvelői ischaemia lehetősége. Nagyméretű sheath-tel végzett műtétekről nem jelent még meg publikáció. A módszer miatt nem volt kontrollálatlan vérzés, amely hemodinamikai instabilitást okozhatott volna. A behatolási kaput a zárás miatt nem feltétlenül veszítjük el. A drót bennhagyásával a két korábban behelyezett öltés zárható volt, így amikor a végtagi keringést még a rekonstrukció befejezése előtt vissza kívántuk állítani, az könnyen megtehető volt. Ha valamiért ismételtten kellett volna használni a bezárt femoralis behatolási kaput (erre nem volt példa), a bennhagyott dróton keresztül egy sheath könnyen felvezethető lett volna. Jelenlegi vizsgálatunk alapján ezzel a módszerrel biztonságosan lehet a rekonstrukciót elvégezni, nem jár a fokozott gerincvelői károsodás rizikójával.

Azokban az esetekben, amikor a beavatkozást végző sebész szubjektív véleménye szerint magas volt a gerincvelői károsodás lehetősége, vagy az iliacarendszert alkalmasnak találta ugyan a sztentgraft felvezetésére, de az feltehetően hosszabb távra blokkolta volna

az alsó végtagi keringést, ideiglenes conduitot használt. Ennek a módszernek a használatáról sem rendelkezünk korábban ismeretekkel. Conduitok használata mellett a tc-MEP/SSEP jelek később jelentkeztek és rövidebb ideig tartottak, mint conduit nélküli jelcsökkenések esetén. Az oxigénszaturáció mérése megmutatta, hogy a keringés ideiglenes visszaállítása gyorsan javítja a szövetek oxigenizáltságát. Ez nemcsak a neuro-monitorizálás során előzheti meg a tc-MEP/SSEP jelek csökkentését, hanem a gerincvelői ischaemiát is csökkentheti a collateralis rendszer perfúziójának segítségével.

Az StO<sub>2</sub>-ábrákon (**34–38. ábra**) látható, hogy miért fontos a magasabb vérnyomás, illetve a stabil vérnyomás tartása. A vérnyomás esése bizonyos szituációkban kritikus lehet. Amikor a sheath közel teljesen vagy ténylegesen elzárja a csípőtáji vagy combtáji verőeret, a középnyomás emelése akár 10–15 Hgmm-rel is jelentős oxigénellátásbeli különbséget hozhat.

Azokban a centrumokban, ahol a komplexebb aortaaneurizmák endovascularis ellátása a kezdeti lépéseket készülő megtenni, rendkívül megterhelő a technikai részleteken túl olyan ellátást nyújtani, mint az eddigiekben ismertett módszer. Ezek az eljárások csak kiforrott csapatmunka esetén járnak jó eredményekkel. A legfontosabb lépés, és ez szintén az StO<sub>2</sub>-ábrákon volt látható, az állandó jó perfúziót adó stabil vérnyomás biztosítása, aminek teljesítéséhez szinte minden aortacentrumban adottak a feltételek. Hazánkban az első komplex ellátást közlő intézet a Semmelweis Egyetem volt:<sup>107</sup> két juxtarenalis aortaaneurizma kezelése történt neurológiai szövődmény nélkül.

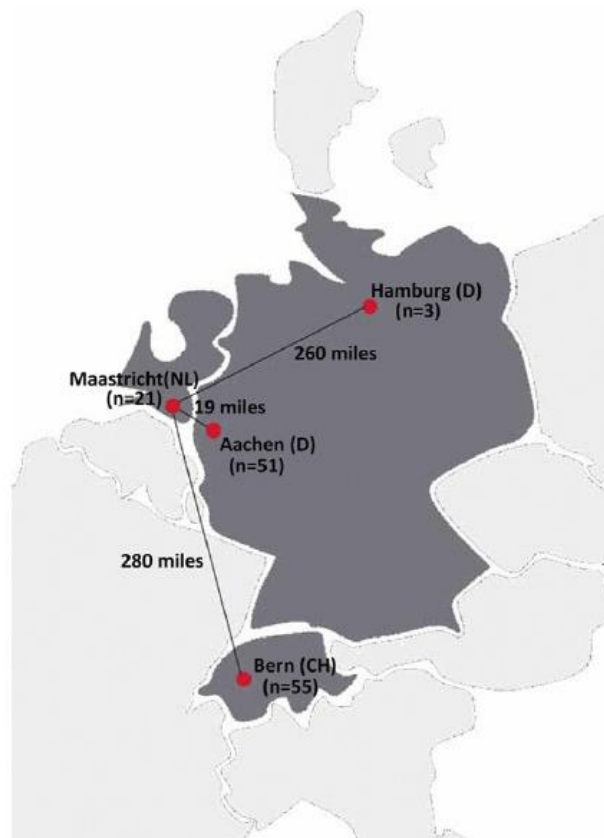
Azokban az intézetekben, ahol még a distalis perfúzió bevezetése előtt alkalmaztak túlnyomórészt SSEP-monitorizálást, kiábrándító tapasztalatokat szereztek.<sup>44,49,54</sup> Számos centrum azonban a neuromonitorizálásra alapozza gerincvelői védelmi protokollját.<sup>7,41,51</sup> A szenzoros-motoros funkciók közül a szenzoros pályák vizsgálata a korábbi. A SSEP-t már a 1970-es évektől használják a gerincvelő vizsgálatára. A szenzoros funkció monitorizálása a gerincvelő hátsó részének (posterior column) integritását vizsgálja, amelynek vérellátása sem egyezik meg a motoros magok és pályák vérellátásával. Ennek megfelelően az aortasebészetben használt SSEP-vizsgálat egyes közlemények alapján kiábrándító, magas fals negatív (13%) és fals pozitív (67%) arányokkal.<sup>44</sup> Ezek miatt több centrum inkább a motoros pályákat vizsgálja.<sup>7,41</sup> A két módszer együttes alkalmazása azonban semmilyen pluszmegterheléssel, -költséggel nem jár. A SSEP-monitorizálás a

beteg számára még azt a minimális rizikót sem jelenti, mint amit a tc-MEP-vizsgálatnál esetleg fellépő sérülések jelenthetnek. A SSEP-vizsgálat a beavatkozás bármely pillanatában elvégezhető, akár kisebb szünetekkel is, a sebészt nem zavarja kritikus pillanatokban a beteg megmozdulása.

A neuromonitorizálás egyik legnagyobb hibája, hogy nagyon speciális. Nem is csak az eszközigénye miatt, hanem olyan szakmai háttérrel igényel, amelynek technikus és neurológus tagjai értik az endovascularis rekonstrukció kérdéseit, lépéseit, tisztában vannak a fent említett rizikók mértékével. A sebészek részéről is fontos tudni a monitorizálás feltételeit, határait, a technikusok részéről pedig van egy jelentős betanulási időszak. Erre a problémára érdekes és mindenképpen előremutató megoldás az az elképzelés, amelyet a Maastricht University Medical Center (Hollandia) vezetésével alakítottak ki. Négy különböző távolságra lévő nagy aortacentrum (Németország, Hollandia és Svájc területén) nyitott TAAA-rekonstrukciója alatt végzett IONM jeleit egy Maastrichtban lévő neurofiziológus értékeli ki azonos időben (**39. ábra**).

A jelen vizsgálatunk nem alkalmas a gerincvelői ischaemia monitorizálásának effektivitását és szenzitivitását pontosan megítélni az alacsony paraplegiaarány miatt. Egy esetben a tc-MEP-jelek esése permanens volt, így feltételezhetjük, hogy az IONM tc-MEP-része szenzitív. Ugyancsak az alacsony gerincvelői ischaemia aránya miatt nem alkalmas ez a vizsgálat az azt kiváltó rizikófaktorok elemzésére. Fontos lenne tudni, hogy a jelek csökkenése mindig alsó végtagi ischaemiával kezdődik-e. Például ha a főtest nyitása közben, még telődő aneurizmazsák mellett alakulna ki gerincvelői károsodás, az inkább embolisációra utalna! Ha ezekre a kérdésekre lenne válasz, talán sokkal jobban tudnánk felkészülni, védekezni a paraplegia ellen.





**39. ábra:** Egységes neurofiziológiai kiértékelés több helyről egy központban.

Aachen, Bern, Hamburg és Maastricht aorta-centrumában végzett neuromonitorizálás során, azonos időben, internetkapcsolattal Maastrichtben történik a jelek kiértékelése. Greiner A, Mess WH, Schmidli J, Debus ES, Grommes J, Dick F, Jacobs MJ. (2012) Cyber medicine enables remote neuromonitoring during aortic surgery. *J Vasc Surg*, 55: 1227–32

Nincs egységes, minden centrumra érvényes altatási protokoll, a különböző altatószerek, narkotikumok, transzfúziós és volumenpótlási szokások döntően befolyásolhatják a gerincvelői áramlást. Mindezekon túl a különböző kiterjedésű aneurizmák sebészete során a gerincvelői károsodásnak a rizikója is jelentősen eltér. A fentiekből látható, hogy a napjaink evidence-based (bizonyítékokon alapuló) medicinájának korszakában igényelt módszertanilag pontos klinikai kutatás, de akár csupán eredményközlés is nehézkes. Annak lehetősége, hogy egy új eljárás bevezetésének alapja egy multicentrikus randomizált klinikai kutatás legyen, szinte kizárt. Ennek megfelelően mind a nyitott, mind az endovascularis rekonstrukció kapcsán leírt eljárásokban hemzsegnek a metodikai hibák. Az esetek nagy részében a retrospektív vizsgálatok, a bevezetett eljárás és a

kontroll időben elválnak, azaz az új eljárás bevezetése után nincs időben megegyező kontroll, sokszor egyszerre több preventívnek gondolt technika is bevezetésre kerül, így nem lehet tudni, hogy melyik az igazán hatásos, és egyáltalán hatásos-e.<sup>17,18,87</sup> A különböző leírások adatainak elemzése sem mindig könnyű, mivel az eredményekben közölt gerincvelői károsodás lehet motoros és szenzoros deficit, és lehet átmeneti és permanens is. A kifejezetten gerincvelői károsodással kapcsolatos cikkekben a fentiek elkülönítése szinte kötelező, ám a nagyobb szériákat bemutató közlemények erre vonatkozó adatai nem mindig egyértelműek. Mindezek ellenére bizonyos eljárások széles körben elfogadottá váltak, mint például a distalis perfúzió és a cerebrospinalis drenázs (CSF-drenázs).<sup>5,83,108</sup>

Célszerű lenne egységes jelentési rendszert kialakítani, és fontos volna, hogy a gerincvelői ischaemiával kapcsolatos vizsgálatok és későbbiekben a közlemények is egységes elvek, fogalmak alapján készüljenek. Esetleg centralizált adatgyűjtés vagy a fentiek alapján centralizált intraoperatív vizsgálatok adhatnának elegendő információt egy bizonyítékon nyugvó, folyamatosan fejlődő védelmi protokollhoz. Ebben a protokollban mindenképpen helye van a neuromonitorizálásnak, amely neurológusok aktívabb részvétele mellett még specifikusabb eljárás lenne.

## 6 KÖVETKEZTETÉSEK

1. Az általunk használt gerincvelői védelmi protokoll műtét alatti lépéseit az intraoperatív neuromonitorizálás vezérli. Az IONM-jelek csökkenésekor, ami elvileg gerincvelői ischaemiát jelentene, a vérnyomás emelésével és a cerebrospinalis folyadék nyomásának csökkentésével a gerincvelői keringést kívántuk támogatni. Vizsgálataink során észleltük, hogy a jelek csökkenése mögött gyakran alsó végtagi ischaemia áll. Mivel több vizsgálat is igazolta az alsó végtagi ischaemia és a gerincvelői ischaemia közötti összefüggést, protokollunk fontos elemévé vált a jelek csökkenésekor az alsó végtagi keringés minél hamarabbi helyreállítása. Az általunk alkalmazott gerincvelői védelmi lépések sikerességét mutatja, hogy csupán egy alkalommal észleltünk a műtét után közvetlenül gerincvelői károsodást. Az egyes lépések közül többnek a hatásosságát is nehéz megítélni, azonban a vérnyomás stabilitásának, a vérnyomás emelésének, valamint az ideiglenes conduitok használatának pozitív szerepét az alsó végtagi oxigénszaturáció mérése igazolta. Az alacsony gerincvelői károsodás mellett a protokoll egyes elemei – mint például az aneurizmászák perfúziójának meghagyása – nem voltak vizsgálhatók.

2. Az alsó végtagi ischaemia elfedi az agy–gerincvelő–alsó végtag tengelyen végigfutó monitorizálás jeleinek gyengülését. Ezért IONM-vizsgálatainkba bevezettük a periférián kiváltott motoros potenciál (CMAP) mérését, amely szelektíven jelzi az alsó végtagi ischaemiát, ezzel kissé megkönnyítve az IONM-változások értelmezését. A periférián kiváltott motoros potenciál méréssel azt feltehetően tudjuk, hogy mikor lép fel alsó végtagi ischaemia, de egy együttes gerincvelői és alsó végtagi ischaemia lehetőségét nem tudjuk kizárni. Amennyiben az IONM-jelek az alkalmazott lépések ellenére nem rendeződtek, a lehető leg-gyorsabban megpróbáltuk helyreállítani a keringést. Ezzel részben, feltételezésünk szerint, nemcsak az alsó végtag ischaemiáját, hanem a gerincvelői károsodás rizikóját is csökkentettük. Másrészt a keringés helyreállításával, mivel az alsó végtagi ischaemia megszűnik, az IONM feltehetően valóban csak a gerincvelői funkciót monitorizálja. Ezt támasztja alá, hogy csupán annak az egy betegnek nem rendeződött a motoros kiváltott potenciálja, akinél a gerincvelői károsodást észleltük. Az IONM segíti a gerincvelői keringésre veszélyes állapotok felismerését, amilyen valószínűleg az alsó végtagi ischaemia is. Jelenleg ez az egyetlen

ismert módszer, amellyel a műtét során információt nyerhetünk a gerincvelő állapotáról és a károsodás egyes mechanizmusairól.

3. A perkután zárás a komplex endovascularis aortarekonstrukciók során is – amikor nagyméretű felvezetőrendszert kell használni – biztonságos. Ez a minimálinvazív behatolás nem jár több, nem kontrollált helyzetben kialakult vérzéssel, amely gerincvelői károsodáshoz vezethetne.

## 7 ÖSSZEFOGLALÁS

Thoracoabdominalis aortaaneurizmák (TAAA) rekonstrukciója kapcsán az egyik súlyosabb szövődmény a gerincvelő ischaemiás károsodása miatt kialakuló paraplegia. Az endovascularis terápia napjainkra, az eszközök fejlődésével, valós alternatíváját adja a nyitott műtéteknek. Az endovascularis rekonstrukció során azonban nem lehet az apró szegmentális ágakat bevonni a rekonstrukcióba. Az endovascularis rekonstrukciók gerincvelői protektív eljárásainak az áttörést a gerincvelői collateralis hálózat felfedezése adta. Ez az érhálózat a paraspinalis izomzat apró artériáinak rendkívül kiterjedt és adaptációra képes összeköttetéseit jelenti. A gerincvelői ischaemia elkerülését szolgáló endovascularis mechanizmusok ennek a collateralis hálózatnak az optimalizálását szolgálják. Korábban nem született átfogó vizsgálat endovascularis TAAA-rekonstrukciók során végzett intraoperatív neuromonitorizálásról (IONM). Az általunk használt gerincvelői védelmi protokoll műtét alatti lépéseit az IONM vezérli. Az IONM-jelek csökkenésekor, ami elvileg gerincvelői ischaemiát jelentene, a vérnyomás emelésével és a cerebrospinalis folyadék nyomásának csökkentésével a gerincvelői keringést kívántuk támogatni. Vizsgálataink során észleltük, hogy a jelek csökkenése mögött gyakran alsó végtagi ischaemia áll. Mivel több vizsgálat is igazolta az alsó végtagi ischaemia és a gerincvelői ischaemia közötti összefüggést, protokollunk fontos elemévé vált az alsó végtagi keringés minél hamarabbi helyreállítása. A vérnyomás emelésének hatására gyakran a jelek is visszaálltak az alapértékre. Abban az esetben, ha nem, megkíséreltük minél hamarabb visszaállítani az alsó végtagi keringést. Az alsó végtagi keringés helyreállításakor az IONM feltehetően nagyobb specificitással mutatja a gerincvelői keringés problémáit. Vizsgálataink során egy esetben nem rendeződtek az IONM-jelek rendezett alsó végtagi keringés mellett, ez volt a rekonstrukció alatt kialakult egyetlen paraplegia. Mivel az IONM-jelek csökkenése nem specifikus a gerincvelői ischaemiára, bevezettük a periférián kiváltott motoros potenciál (CMAP) mérését, amely szelektíven jelzi az alsó végtagi ischaemiát, ezzel kissé megkönnyítve az IONM-változások értelmezését. Az IONM segíti a gerincvelői keringésre veszélyes állapotok felismerését, amilyen valószínűleg az alsó végtagi ischaemia is. Jelenleg ez az egyetlen ismert módszer, amellyel a műtét során információt nyerhetünk a gerincvelő állapotáról és a károsodás egyes mechanizmusairól.

## 8 SUMMARY

Spinal cord ischemia (SCI) is one of the most devastating complications for the thoracoabdominal aortic aneurysm (TAAA) reconstructions. The neurological outcome of open TAAA repair has improved remarkably with the introduction of several neuroprotective adjuncts. One of the most important adjuncts is the reimplantation of the segmental arteries. During endovascular treatment, small branches like the segmental arteries cannot be included in the reconstruction. The finding of the spinal cord collateral network helped to improve spinal cord preventive measures. This collateral network is an extensive reticulation of vessels extending into the paraspinal muscles. The network is interconnected with the segmental arteries and with major arteries. Several studies highlight the importance of the different collaterals like the iliac, subclavian and even lower limb arteries. Endovascular neuroprotective measures are based on enhancing the existing collaterals. Our spinal cord injury prevention protocol is unique as our intraoperative adjuncts based on intraoperative neuromonitoring (IONM). A decrease in the IONM signals triggers the introduction of sequential standardized maneuvers to optimize tissue blood perfusion, including blood pressure raise along with a simultaneous decrease in the cerebrospinal fluid (CSF) drain pressure. The IONM changes should be related with spinal cord dysfunction, but we observed lower limb ischemia mostly. As lower limb and spinal cord ischemia relation is shown in some studies, we highlighted our prevention protocol to decrease lower limb ischemia duration. We saw an improvement in the IONM signals after maneuvers most of the time. When changes persisted, the flow was restored to the pelvis and lower extremities as fast as possible. After lower limb flow restoration, IONM should show clearly spinal cord dysfunction. In our studies only one patient had immediate permanent paraplegia. His IONM signals were lost even after the flow had been restored. In addition, a peripheral compound muscle action potential (CMAP) monitoring was added to the original IONM setup to help distinguish lower limb ischemia from SCI. Nowadays the IONM is the most promising way to monitor intraoperative changes which probably carries a risk for spinal cord injury. The total percutaneous technique can be safely performed with a high technical success, without uncontrolled bleeding which would compromise the spinal cord blood flow. The IONM can be a helpful tool to monitor spinal cord function during endovascular TAAA repair.

## 9 IRODALOMJEGYZÉK

1. Cambria RA, Gloviczki P, Stanson AW, Cherry KJ, Jr., Bower TC, Hallett JW, Jr., Pairolero PC. (1995) Outcome and expansion rate of 57 thoracoabdominal aortic aneurysms managed nonoperatively. *Am J Surg*, 170: 213–217.
2. Svensson LG, Crawford ES, Hess KR, Coselli JS, Safi HJ. (1993) Experience with 1509 patients undergoing thoracoabdominal aortic operations. *J Vasc Surg*, 17: 357–370.
3. Conrad MF, Ye JY, Chung TK, Davison JK, Cambria RP. (2008) Spinal cord complications after thoracic aortic surgery: long-term survival and functional status varies with deficit severity. *J Vasc Surg*, 48: 47–53.
4. DeBakey ME, Creech O, Jr., Morris GC, Jr. (1956) Aneurysm of thoracoabdominal aorta involving the celiac, superior mesenteric, and renal arteries; report of four cases treated by resection and homograft replacement. *Ann Surg*, 144: 549–573.
5. Patel VI, Lancaster RT, Conrad MF, Cambria RP. (2012) Open surgical repair of thoracoabdominal aneurysms – the Massachusetts General Hospital experience. *Ann Cardiothorac Surg*, 1: 320–324.
6. Safi HJ, Miller CC, 3rd, Azizzadeh A, Iliopoulos DC. (1997) Observations on delayed neurologic deficit after thoracoabdominal aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg*, 26: 616–622.
7. Lancaster RT, Conrad MF, Patel VI, Cambria MR, Ergul EA, Cambria RP. (2013) Further experience with distal aortic perfusion and motor-evoked potential monitoring in the management of extent I–III thoracoabdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg*, 58: 283–290.
8. Acher CW, Wynn MM, Mell MW, Tefera G, Hoch JR. (2008) A quantitative assessment of the impact of intercostal artery reimplantation on paralysis risk in thoracoabdominal aortic aneurysm repair. *Ann Surg*, 248: 529–540.
9. Ahmad FU, Wang MY, Levi AD. (2014) Hypothermia for acute spinal cord injury – a review. *World Neurosurg*, 82: 207–214.

10. Coselli JS, Bozinovski J, LeMaire SA. (2007) Open surgical repair of 2286 thoracoabdominal aortic aneurysms. *Ann Thorac Surg*, 83: S862–864; discussion S890–862.
11. Eagleton MJ, Follansbee M, Wolski K, Mastracci T, Kuramochi Y. (2016) Fenestrated and branched endovascular aneurysm repair outcomes for type II and III thoracoabdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg*, 63: 930–942.
12. Oderich GS, Ribeiro M, Reis de Souza L, Hofer J, Wigham J, Cha S. (2017) Endovascular repair of thoracoabdominal aortic aneurysms using fenestrated and branched endografts. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 153: S32–S41
13. Griep EB, Di Luozzo G, Schray D, Stefanovic A, Geisbusch S, Griep RB. (2012) The anatomy of the spinal cord collateral circulation. *Ann Cardiothorac Surg*, 1: 350–357.
14. Bicknell CD, Riga CV, Wolfe JH. (2009) Prevention of paraplegia during thoracoabdominal aortic aneurysm repair. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 37: 654–660.
15. Griep EB, Griep RB. (2010) The collateral network concept: minimizing paraplegia secondary to thoracoabdominal aortic aneurysm resection. *Texas Heart Institute Journal*, 37: 672–674.
16. Etz CD, Kari FA, Mueller CS, Brenner RM, Lin HM, Griep RB. (2011) The collateral network concept: remodeling of the arterial collateral network after experimental segmental artery sacrifice. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 141: 1029–1036.
17. Eagleton MJ, Shah S, Petkosevek D, Mastracci TM, Greenberg RK. (2014) Hypogastric and subclavian artery patency affects onset and recovery of spinal cord ischemia associated with aortic endografting. *J Vasc Surg*, 59: 89–94.
18. Maurel B, Delclaux N, Sobocinski J, Hertault A, Martin-Gonzalez T, Moussa M, Spear R, Le Roux M, Azzaoui R, Tyrrell M, Haulon S. (2015) The impact of early pelvic and lower limb reperfusion and attentive peri-operative management on the incidence of spinal cord ischemia during thoracoabdominal aortic aneurysm endovascular repair. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 49: 248–254.



19. O'Callaghan A, Eagleton MJ, Mastracci TM, Bena J. (2015) Staged endovascular repair of thoracoabdominal aortic aneurysms limits incidence and severity of spinal cord ischemia. *J Vasc Surg*, 61: 347–354.
20. DeBakey ME, Crawford ES, Garrett HE, Beall AC, Jr., Howell JF. (1965) Surgical considerations in the treatment of aneurysms of the thoraco-abdominal aorta. *Ann Surg*, 162: 650–662.
21. Etheredge SN, Yee J, Smith JV, Schonberger S, Goldman MJ. (1955) Successful resection of a large aneurysm of the upper abdominal aorta and replacement with homograft. *Surgery*, 38: 1071–1081.
22. Duhaylongsod FG, Glower DD, Wolfe WG. (1992) Acute traumatic aortic aneurysm: the Duke experience from 1970 to 1990. *J Vasc Surg*, 15: 331–342; discussion 342–333.
23. Hilgenberg AD, Logan DL, Akins CW, Buckley MJ, Daggett WM, Vlahakes GJ, Torchiana DF. (1992) Blunt injuries of the thoracic aorta. *Ann Thorac Surg*, 53: 233–238; discussion 238–239.
24. Cambria RP, Giglia JS. (1998) Prevention of spinal cord ischaemic complications after thoracoabdominal aortic surgery. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 15: 96–109.
25. Molina JE, Cogordan J, Einzig S, Bianco RW, Rasmussen T, Clack RM, Borgwardt B. (1985) Adequacy of ascending aorta-descending aorta shunt during cross-clamping of the thoracic aorta for prevention of spinal cord injury. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 90: 126–136.
26. Safi HJ, Campbell MP, Miller CC, 3rd, Iliopoulos DC, Khoynezhad A, Letsou GV, Asimacopoulos PJ. (1997) Cerebral spinal fluid drainage and distal aortic perfusion decrease the incidence of neurological deficit: the results of 343 descending and thoracoabdominal aortic aneurysm repairs. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 14: 118–124.
27. Hsu CC, Kwan GN, van Driel ML, Rophael JA. (2012) Distal aortic perfusion during thoracoabdominal aneurysm repair for prevention of paraplegia. *Cochrane Database Syst Rev*, 3: CD008197.

28. Yamashita C. (1990) [1989 clinical experience with biomedicus centrifugal pump in the operation of the thoracoabdominal and thoracic aneurysm – assessment from the point of renal function]. *Nihon Geka Gakkai Zasshi*, 91: 1623–1627.
29. Banga PV, Oderich GS, Reis de Souza L, Hofer J, Cazares Gonzalez ML, Pulido JN, Cha S, Gloviczki P. (2016) Neuromonitoring, Cerebrospinal Fluid Drainage, and Selective Use of Iliofemoral Conduits to Minimize Risk of Spinal Cord Injury During Complex Endovascular Aortic Repair. *J Endovasc Ther*, 23: 139–149.
30. Oderich GS, Picada-Correa M, Pereira AA. (2012) Open surgical and endovascular conduits for difficult access during endovascular aortic aneurysm repair. *Ann Vasc Surg*, 26: 1022–1029.
31. Adams HD, Van Geertruyden HH. (1956) Neurologic complications of aortic surgery. *Ann Surg*, 144: 574–610.
32. Svensson LG, Hess KR, Coselli JS, Safi HJ. (1994) Influence of segmental arteries, extent, and atriiofemoral bypass on postoperative paraplegia after thoracoabdominal aortic operations. *J Vasc Surg* 1994, 20: 255–262.
33. Macdonald DB, Skinner S, Shils J, Yingling C. (2013) Intraoperative motor evoked potential monitoring – a position statement by the American Society of Neurophysiological Monitoring. *Clin Neurophysiol*, 124: 2291–2316.
34. Penfield W, Jasper H. (1954) *Epilepsy and the Functional Anatomy of the Human Brain*. *South Med J*, 47: 704.
35. Patton HD, Amassian VE. (1954) Single and multiple-unit analysis of cortical stage of pyramidal tract activation. *J Neurophysiol*, 17: 345–363.
36. Merton PA, Morton HB. (1980) Stimulation of the cerebral cortex in the intact human subject. *Nature*, 285: 227.
37. Boyd SG, Rothwell JC, Cowan JM, Webb PJ, Morley T, Asselman P, Marsden CD. (1986) A method of monitoring function in corticospinal pathways during scoliosis surgery with a note on motor conduction velocities. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 49: 251–257.

38. Taniguchi M, Cedzich C, Schramm J. (1993) Modification of cortical stimulation for motor evoked potentials under general anesthesia: technical description. *Neurosurgery*, 32: 219–226.
39. Jones SJ, Harrison R, Koh KF, Mendoza N, Crockard HA. (1996) Motor evoked potential monitoring during spinal surgery: responses of distal limb muscles to transcranial cortical stimulation with pulse trains. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 100: 375–383.
40. Szelenyi A, Langer D, Kothbauer K, De Camargo AB, Flamm ES, Deletis V. (2006) Monitoring of muscle motor evoked potentials during cerebral aneurysm surgery: intra-operative changes and postoperative outcome. *J Neurosurg*, 105: 675–681.
41. Koepfel TA, Mess WH, Jacobs MJ. (2010) Motor evoked potentials in thoracoabdominal aortic surgery: PRO. *Cardiol Clin*, 28: 351–360.
42. de Haan P, Kalkman CJ, de Mol BA, Ubags LH, Veldman DJ, Jacobs MJ. (1997) Efficacy of transcranial motor-evoked myogenic potentials to detect spinal cord ischemia during operations for thoracoabdominal aneurysms. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 113: 87–100; discussion 100–101.
43. Horiuchi T, Kawaguchi M, Inoue S, Hayashi H, Abe R, Tabayashi N, Taniguchi S, Furuya H. (2011) Assessment of intraoperative motor evoked potentials for predicting postoperative paraplegia in thoracic and thoracoabdominal aortic aneurysm repair. *J Anesth*, 25: 18–28.
44. Crawford ES, Mizrahi EM, Hess KR, Coselli JS, Safi HJ, Patel VM. (1988) The impact of distal aortic perfusion and somatosensory evoked potential monitoring on prevention of paraplegia after aortic aneurysm operation. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 95: 357–367.
45. Cunningham JN, Jr., Laschinger JC, Spencer FC. (1987) Monitoring of somatosensory evoked potentials during surgical procedures on the thoracoabdominal aorta. IV. Clinical observations and results. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 94: 275–285.
46. Laschinger JC, Cunningham JN, Jr., Baumann FG, Cooper MM, Krieger KH, Spencer FC. (1987) Monitoring of somatosensory evoked potentials during surgical

procedures on the thoracoabdominal aorta. III. Intraoperative identification of vessels critical to spinal cord blood supply. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 94: 271–274.

47. Laschinger JC, Cunningham JN, Jr., Baumann FG, Isom OW, Spencer FC. (1987) Monitoring of somatosensory evoked potentials during surgical procedures on the thoracoabdominal aorta. II. Use of somatosensory evoked potentials to assess adequacy of distal aortic bypass and perfusion after thoracic aortic cross-clamping. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 94: 266–270.

48. Laschinger JC, Cunningham JN, Jr., Cooper MM, Baumann FG, Spencer FC. (1987) Monitoring of somatosensory evoked potentials during surgical procedures on the thoraco-abdominal aorta. I. Relationship of aortic cross-clamp duration, changes in somatosensory evoked potentials, and incidence of neurologic dysfunction. *J Thorac Cardiovasc Sur*, 94: 260–265.

49. Elmore JR, Gloviczki P, Harper CM, Pairolero PC, Murray MJ, Bouchier RG, Bower TC, Daube JR. (1991) Failure of motor evoked potentials to predict neurologic outcome in experimental thoracic aortic occlusion. *J Vasc Surg*, 14: 131–139.

50. Wang AC, Than KD, Etame AB, La Marca F, Park P. (2009) Impact of anesthesia on transcranial electric motor evoked potential monitoring during spine surgery: a review of the literature. *Neurosurg Focus*, 27: 7.

51. Estrera AL, Sheinbaum R, Miller CC, 3rd, Harrison R, Safi HJ. (2010) Neuromonitor-guided repair of thoracoabdominal aortic aneurysms. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 140: S131–135; discussion S142–S146.

52. Shine TS, Harrison BA, De Ruyter ML, Crook JE, Heckman M, Daube JR, Stapelfeldt WH, Cherry KJ, Gloviczki P, Bower TC, Murray MJ. (2008) Motor and somatosensory evoked potentials: their role in predicting spinal cord ischemia in patients undergoing thoracoabdominal aortic aneurysm repair with regional lumbar epidural cooling. *Anesthesiology*, 108: 580–587.

53. Jacobs MJ, Meylaerts SA, de Haan P, de Mol BA, Kalkman CJ. (1999) Strategies to prevent neurologic deficit based on motor-evoked potentials in type I and II thoracoabdominal aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg*, 29: 48–57.

54. Coselli JS, Tsai PI. Motor evoked potentials in thoracoabdominal aortic surgery: CON. (2010) *Cardiol Clin*, 28: 361–368.
55. Russell MJ, Gaetz M. (2004) Intraoperative electrode burns. *J Clin Monit Comput*, 18: 25–32.
56. McCreery DB, Agnew WF, Yuen TG, Bullara L. (1991) Charge density and charge per phase as cofactors in neural injury induced by electrical stimulation. *IEEE Trans Biomed Eng*, 37: 996–1001.
57. Gordon B, Lesser RP, Rance NE, Hart J, Jr., Webber R, Uematsu S, Fisher RS. (1990) Parameters for direct cortical electrical stimulation in the human: histopathologic confirmation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 75: 371–377.
58. Sala F, Lanteri P. (2003) Brain surgery in motor areas: the invaluable assistance of intraoperative neurophysiological monitoring. *J Neurosurg Sci*, 47: 79–88.
59. Ulkatan S, Neuwirth M, Bitan F, Minardi C, Kokoszka A, Deletis V. (2006) Monitoring of scoliosis surgery with epidurally recorded motor evoked potentials (D wave) revealed false results. *Clin Neurophysiol*, 117: 2093–2101.
60. Cambria RP, Davison JK, Carter C, Brewster DC, Chang Y, Clark KA, Atamian S. (2000) Epidural cooling for spinal cord protection during thoracoabdominal aneurysm repair: A five-year experience. *J Vasc Surg*, 31: 1093–1102.
61. Pontius RG, Brockman HL, Hardy EG, Cooley DA, DeBakey ME. (1954) The use of hypothermia in the prevention of paraplegia following temporary aortic occlusion: experimental observations. *Surgery*, 36: 33–38.
62. Etz CD, Weigang E, Hartert M, Lonn L, Mestres CA, Di Bartolomeo R, Bachet JE, Carrel TP, Grabenwoger M, Schepens MA, Czerny M. (2015) Contemporary spinal cord protection during thoracic and thoracoabdominal aortic surgery and endovascular aortic repair: a position paper of the vascular domain of the European Association for Cardio-Thoracic Surgery. *Eur J Cardiothorac Surg*, 47: 943–957.
63. Motoyoshi N, Sakurai M, Hayashi T, Aoki M, Abe K, Itoyama Y, Tabayashi K. (2001) Establishment of a local cooling model against spinal cord ischemia representing prolonged induction of heat shock protein. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 122: 351–357.

64. Kamiya H, Hagl C, Kropivnitskaya I, Böthig D, Kallenbach K, Khaladj N, Martens A, Haverich A, Karck M. (2007) The safety of moderate hypothermic lower body circulatory arrest with selective cerebral perfusion: a propensity score analysis. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 133: 501–509.
65. Davison JK, Cambria RP, Vierra DJ, Columbia MA, Koustas G. (1994) Epidural cooling for regional spinal cord hypothermia during thoracoabdominal aneurysm repair. *J Vasc Surg*, 20: 304–310.
66. Tabayashi K. (2005) Spinal cord protection during thoracoabdominal aneurysm repair. *Surg Today*, 35: 1–6.
67. Rokkas CK, Kouchoukos NT. (1998) Profound hypothermia for spinal cord protection in operations on the descending thoracic and thoracoabdominal aorta. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*, 10: 57–60.
68. Cambria RP, Clouse WD, Davison JK, Dunn PF, Corey M, Dorer D. (2002) Thoraco-abdominal aneurysm repair: results with 337 operations performed over a 15-year interval. *Ann Surg*, 236: 471–479.
69. Coselli JS, LeMaire SA, Preventza O, de la Cruz KI, Cooley DA, Price MD, Stolz AP, Green SY, Arredondo CN, Rosengart TK. (2016) Outcomes of 3309 thoracoabdominal aortic aneurysm repairs. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 151: 1323–1337.
70. Etz CD, Zoli S, Mueller CS, Bodian CA, Di Luozzo G, Lazala R, Plestis KA, Griep RB. (2010) Staged repair significantly reduces paraplegia rate after extensive thoraco-abdominal aortic aneurysm repair. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 139: 1464–1472.
71. Kari FA, Brenner RM, Muller CS, Griep RB, Bischoff MS. (2013) [The staged approach – an overview on a strategy to reduce spinal cord injury in thoracoabdominal aortic aneurysm repair]. *Zentralbl Chir*, 138: 521–529.
72. Etz CD, Zoli S, Bischoff MS, Bodian C, Di Luozzo G, Griep RB. (2010) Measuring the collateral network pressure to minimize paraplegia risk in thoracoabdominal aneurysm resection. *J Thorac Cardiovasc*, 140: S125–130.
73. Reilly LM, Chuter TA. (2010) Reversal of fortune: induced endoleak to resolve neurological deficit after endovascular repair of thoracoabdominal aortic aneurysm. *J Endovasc Ther*, 17: 21–29.

74. Kasprzak PM, Gallis K, Cucuruz B, Pfister K, Janotta M, Kopp R. (2014) Temporary aneurysm sac perfusion as an adjunct for prevention of spinal cord ischemia after branched endovascular repair of thoracoabdominal aneurysms. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 48: 258–265.
75. Miyamoto K, Ueno A, Wada T, Kimoto S. (1960) A new and simple method of preventing spinal cord damage following temporary occlusion of the thoracic aorta by draining the cerebrospinal fluid. *J Cardiovasc Surg (Torino)*, 1: 188–197.
76. Blaisdell FW, Cooley DA. (1962) The mechanism of paraplegia after temporary thoracic aortic occlusion and its relationship to spinal fluid pressure. *Surgery*, 51: 351–355.
77. Bower TC, Murray MJ, Glociczki P, Yaksh TL, Hollier LH, Pairolero PC. (1989) Effects of thoracic aortic occlusion and cerebrospinal fluid drainage on regional spinal cord blood flow in dogs: correlation with neurologic outcome. *J Vasc Surg*, 9: 135–144.
78. McCullough JL, Hollier LH, Nugent M. (1988) Paraplegia after thoracic aortic occlusion: influence of cerebrospinal fluid drainage. Experimental and early clinical results. *J Vasc Surg*, 7: 153–160.
79. Crawford ES, Svensson LG, Hess KR, Shenaq SS, Coselli JS, Safi HJ, Mohindra PK, Rivera V. (1991) A prospective randomized study of cerebrospinal fluid drainage to prevent paraplegia after high-risk surgery on the thoracoabdominal aorta. *J Vasc Surg*, 13: 36–45.
80. Safi HJ, Bartoli S, Hess KR, Shenaq SS, Viets JR, Butt GR, Sheinbaum R, Doerr HK, Maulsby R, Rivera VM. (1994) Neurologic deficit in patients at high risk with thoracoabdominal aortic aneurysms: the role of cerebral spinal fluid drainage and distal aortic perfusion. *J Vasc Surg*, 20: 434–444.
81. Verhoeven EL, Tielliu IF, Bos WT, Zeebregts CJ. (2009) Present and future of branched stent grafts in thoraco-abdominal aortic aneurysm repair: a single-centre experience. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 38: 155–161.
82. Khan NR, Smalley Z, Nesvick CL, Lee SL, Michael LM, 2nd. (2016) The use of lumbar drains in preventing spinal cord injury following thoracoabdominal aortic

aneurysm repair: an updated systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg Spine*, 25: 383–393.

83. Coselli JS, LeMaire SA, Koksoy C, Schmittling ZC, Curling PE. (2002) Cerebrospinal fluid drainage reduces paraplegia after thoracoabdominal aortic aneurysm repair: results of a randomized clinical trial. *J Vasc Surg*, 35: 631–639.

84. Svensson LG, Hess KR, D'Agostino RS, Entrup MH, Hreib K, Kimmel WA, Nadolny E, Shahian DM. (1998) Reduction of neurologic injury after high-risk thoracoabdominal aortic operation. *Ann Thorac Surg*, 66: 132–138.

85. Cina CS, Abouzahr L, Arena GO, Lagana A, Devereaux PJ, Farrokhyar F. (2004) Cerebrospinal fluid drainage to prevent paraplegia during thoracic and thoracoabdominal aortic aneurysm surgery: a systematic review and meta-analysis. *J Vasc Surg*, 40: 36–44.

86. Bisdas T, Panuccio G, Sugimoto M, Torsello G, Austermann M. (2015) Risk factors for spinal cord ischemia after endovascular repair of thoracoabdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg*, 61: 1408–1416.

87. Arnaoutakis DJ, Arnaoutakis GJ, Beaulieu RJ, Abularrage CJ, Lum YW, Black JH, 3rd. (2014) Results of adjunctive spinal drainage and/or left subclavian artery bypass in thoracic endovascular aortic repair. *Ann Vasc Surg*, 28: 65–73.

88. Hnath JC, Mehta M, Taggart JB, Sternbach Y, Roddy SP, Kreienberg PB, Ozsvath KJ, Chang BB, Shah DM, Darling RC, 3rd. (2008) Strategies to improve spinal cord ischemia in endovascular thoracic aortic repair: Outcomes of a prospective cerebrospinal fluid drainage protocol. *J Vasc Surg*, 48: 836–840.

89. Daabiss M. American Society of Anaesthesiologists physical status classification. (2011) *Indian J Anaesth* 55: 111–115.

90. Chaikof EL, Fillinger MF, Matsumura JS, Rutherford RB, White GH, Blankensteijn JD, Bernhard VM, Harris PL, Kent KC, May J, Veith FJ, Zarins CK. (2002) Identifying and grading factors that modify the outcome of endovascular aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg*, 35: 1061–1066.

91. Manunga JM, Gloviczki P, Oderich GS, Kalra M, Duncan AA, Fleming MD, Bower TC. (2013) Femoral artery calcification as a determinant of success for



percutaneous access for endovascular abdominal aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg*, 58: 1208–1212.

92. Jeffrey AS. Motor Evoked Potentials. In: Daube JR, Rubin DI (szerk.), *Clinical Neurophysiology*. Oxford University Press, New York, 2002:385-397

93. Chaikof EL, Blankensteijn JD, Harris PL, White GH, Zarins CK, Bernhard VM, Matsumura JS, May J, Veith FJ, Fillinger MF, Rutherford RB, Kent KC. (2002) Reporting standards for endovascular aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg*, 35: 1048–1060.

94. Oderich GS, Greenberg RK, Farber M, Lyden S, Sanchez L, Fairman R, Jia F, Bharadwaj P. (2014) Results of the United States multicenter prospective study evaluating the Zenith fenestrated endovascular graft for treatment of juxtarenal abdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg*, 60: 1420–8.

95. Fillinger MF, Greenberg RK, McKinsey JF, Chaikof EL. (2010) Reporting standards for thoracic endovascular aortic repair (TEVAR). *J Vasc Surg*, 52: 1022–1033.

96. Maynard FM, Jr., Bracken MB, Creasey G, Ditunno JF, Jr., Donovan WH, Ducker TB, Garber SL, Marino RJ, Stover SL, Tator CH, Waters RL, Wilberger JE, Young W. (1997) International Standards for Neurological and Functional Classification of Spinal Cord Injury. American Spinal Injury Association. *Spinal Cord*, 35: 266–274.

97. Meyer BC, Hemmen TM, Jackson CM, Lyden PD. (2002) Modified National Institutes of Health Stroke Scale for use in stroke clinical trials: prospective reliability and validity. *Stroke*, 33: 1261–1266.

98. Coselli JS, LeMaire SA, Miller CC, 3rd, Schmittling ZC, Köksoy C, Pagan J, Curling PE. (2000) Mortality and paraplegia after thoracoabdominal aortic aneurysm repair: a risk factor analysis. *Ann Thorac Surg*, 69: 409–414.

99. Schepens MA, Defauw JJ, Hamerlijnck RP, De Geest R, Vermeulen FE. Surgical treatment of thoracoabdominal aortic aneurysms by simple crossclamping. Risk factors and late results. (1994) *J Thorac Cardiovasc Surg*, 107: 134–142.

100. Conrad MF, Ergul EA, Patel VI, Cambria MR, Lamuraglia GM, Simon M, Cambria RP. (2011) Evolution of operative strategies in open thoracoabdominal aneurysm repair. *J Vasc Surg*, 53: 1195–1201.

101. Jacobs MJ, Mommertz G, Koeppel TA, Langer S, Nijenhuis RJ, Mess WH, Schurink GW. (2007) Surgical repair of thoracoabdominal aortic aneurysms. *J Cardiovasc Surg (Torino)*, 48: 49–58.
102. Hiramoto JS, Fernandez C, Gasper W, Vartanian S, Reilly L, Chuter T. (2017) Lower extremity weakness is associated with elevated blood and cerebrospinal fluid glucose levels following multibranched endovascular aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg* 65: 311–317.
103. Verhoeven EL, Katsargyris A, Bekkema F, Oikonomou K, Zeebregts CJ, Ritter W, Tielliu IF. (2015) Editor's Choice – Ten-year Experience with Endovascular Repair of Thoraco-abdominal Aortic Aneurysms: Results from 166 Consecutive Patients. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 49: 524–531.
104. Weigang E, Hartert M, Siegenthaler MP, Beckmann NA, Sircar R, Szabó G, Etz CD, Luehr M, von Samson P, Beyersdorf F. (2006) Perioperative management to improve neurologic outcome in thoracic or thoracoabdominal aortic stent-grafting. *Ann Thorac Surg*, 82: 1679–1687.
105. ter Wolbeek C, Hartert M, Conzelmann LO, Peivandi AA, Czerny M, Gottardi R, Beyersdorf F, Weigang E. (2010) Value and pitfalls of neurophysiological monitoring in thoracic and thoracoabdominal aortic replacement and endovascular repair. *Thorac Cardiovasc Surg*, 58: 260–264.
106. Korthals JK, Maki T, Gieron MA. (1985) Nerve and muscle vulnerability to ischemia. *J Neurol Sci*, 71: 283–290.
107. Entz L, Nemes B, Szeberin Z, Szabó GV, Sótónyi P, Banga P, Csobay-Novák C, Széphelyi K, Hüttl K. (2015) Fenesztrált stent-graft beültetés Magyarországon. *Magy Seb*, 68: 88–93.
108. Estrera AL, Sheinbaum R, Miller CC, Azizzadeh A, Walkes JC, Lee TY, Kaiser L, Safi HJ. (2009) Cerebrospinal fluid drainage during thoracic aortic repair: safety and current management. *Ann Thorac Surg*, 88: 9–15.

## 10 SAJÁT PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

### 10.1 AZ ÉRTEKEZÉS TÉMÁJÁBAN MEGJELENT KÖZLEMÉNYEK

**Banga PV**, Oderich GS, Reis de Souza L, Hofer J, Cazares Gonzalez ML, Pulido JN, Cha S, Gloviczki P. (2016) Neuromonitoring, Cerebrospinal Fluid Drainage, and Selective Use of Iliofemoral Conduits to Minimize Risk of Spinal Cord Injury During Complex Endovascular Aortic Repair. *J Endovasc Ther*, 23:139–149.

de Souza LR, Oderich GS, **Banga PV**, Hofer JM, Wigham JR, Cha S, Gloviczki P. (2015) Outcomes of total percutaneous endovascular aortic repair for thoracic, fenestrated, and branched endografts. *J Vasc Surg*, 62:1442–1449.

Oderich GS, Baker AC, **Banga P**. Strategies to Minimize Risk of Spinal Cord Injury During Complex Endovascular Aortic Repair. In: Oderich GS (szerk.) *Endovascular Aortic Repair*. Rochester: Springer International Publishing, Cham 2017:295–311.

Entz L, Nemes B, Szeberin Z, Szabó GV, Sótónyi P, **Banga P**, Csobay-Novák C, Széphelyi K, Hüttl K. (2015) Feneztrált stent-graft beültetés Magyarországon. *Magy Seb*, 68:88–93.

### 10.2 EGYÉB – NEM AZ ÉRTEKEZÉS TÉMÁJÁBAN MEGJELENT – EREDETI KÖZLEMÉNYEK

de Souza LR, Oderich GS, Farber MA, Haulon S, **Banga PV**, Pereira AH, Gloviczki P, Textor SC, Jia F. (2017) Comparison of Renal Outcomes in Patients Treated by Zenith(R) Fenestrated and Zenith(R) Abdominal Aortic Aneurysm Stent grafts in US Prospective Pivotal Trials. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 53:648–655.

Jain V, **Banga P**, Vallabhaneni R, Eagleton M, Oderich G, Farber MA. (2016) Endovascular treatment of aneurysms using fenestrated branched endografts with distal inverted iliac limbs. *J Vasc Surg*, 64: 600–604.

Mendes BC, Oderich GS, Reis de Souza L, **Banga P**, Macedo TA, De Martino RR, Misra S, Gloviczki P. (2016) Implications of renal artery anatomy for endovascular repair using fenestrated, branched, or parallel stent graft techniques. *J Vasc Surg*, 63:1163–1169.

Huang Y, **Banga P**, De Souza LR, Oderich GS. (2015) Endovascular treatment of visceral artery aneurysms. *J Cardiovasc Surg (Torino)*, 56:567–577.

Simó G, **Banga P**, Darabos G, Mogán I. (2011) Stent-assisted Remote Iliac Artery Endarterectomy: An Alternative Approach to Treating Combined External Iliac and Common Femoral Artery Disease. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 42:648–655.

Galambos B, Oláh A, **Banga P**, Csöngé L, Almási J, Acsády Gy. (2009) Successful Human Vascular Reconstructions with Long-Term Refrigerated Venous Homografts. *Eur Surg Res*, 43:256–261.

Galambos B, **Banga P**, Kövesi Zs, Német J, Jakab L, Czigány T. (2007) Végtagi sérülések ellátása egy regionális centrumban. *Magy Seb*, 60:95–98.

Galambos B, **Banga P**, Kövesi Zs, Simon É, Éles Gy, Csöngé L, Zsoldos P, Czigány T. (2006) Rekonstruktív érműtétek hosszú ideig hűtve tárolt homograftok felhasználásával. *Magy Seb*, 59: 388–392.

Olgyai G, Horváth V, **Banga P**, Kocsis J, Buza N, Oláh A. (2006) Extraskelatal osteosarcoma located to the gallbladder. *HPB (Oxford)*, 8: 65–66.

Issekutz A, Makay R, **Banga P**, Németh A, Olgyai G. (2004) Treatment of pancreaticopleural fistulas. *Zentralbl Chir*, 129: 130–135.

Makay R, **Banga P**, Pohárnok Z, Oláh A. (2004) Invaginációt okozó malignus jejunum polyp. Egy diagnosztikus kudarc tanulságai. *Magy Seb*, 57: 290–292.

**Banga P**, Vasi I, Hegedüs L, Ladocsi B, Oláh A. (2003) Hogyan változott a colorectalis carcinomák operabilitása az elmúlt két évtized során? *Magy Seb*, 56: 203–206.

Makay R, Issekutz A, **Banga P**, Belágyi T, Oláh A. (2003) Procalcitonin gyorseszteszt szerepe az akut necrotizáló pancreatitis steril és inficiált formáinak elkülönítésében. *Magy Seb*, 56: 31–33.

Oláh A, Issekutz A, Tóth-G B, Haulik L, **Banga P**. (2002) Nagyméretű májhaemangiómák sebészi kezelése. *Magy Seb* 55: 57–62.

Wellner I, **Banga P**, Haulik L, Rác I, Kecskés G. (2001) Distalis duodenum tumorok rezekciójával szerzett tapasztalataink. *Magy Seb*, 54: 215–218.

## 11 KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretnék köszönetet mondani szüleimnek, édesanyámnak és édesapámnak, akik rendkívüli türelemmel és önfeláldozással neveltek és segítettek. Köszönöm feleségemnek, Gurbi Juditnak azt a segítséget és szeretetet, amivel folyamatosan segíti életemet, munkámat.

Szeretnék köszönetet mondani prof. Entz Lászlónak, aki azon felül, hogy jelen dolgozatom konzulense volt, a dolgozat alapját jelentő kutatás lehetőségét is segítette megteremteni ösztöndíjam megszervezésével, mint jelenlegi munkahelyem első szakmai vezetője.

Szeretnék köszönetet mondani dr. Gustavo Oderichnek és prof. Gloviczki Péternek, akik a Mayo Klinikán töltött évem alatt mentoraim voltak, és nemcsak munkatársként, hanem atyai barátként segítettek azóta is. Szeretnék köszönetet mondani Leonardo R. de Souzának és Ying Huangnak, közvetlen munkatársaimnak, akikkel együtt dolgoztam a Mayo Klinikán.

Külön köszönet illeti dr. Simó Magdolnát és dr. Szeberin Zoltánt, akik házi bírálóként segítettek a dolgozat szakmai minőségének és formájának kialakítását.

Köszönöm Kakuk Ágnesnek, az Akadémiai Kiadó munkatársának a dolgozat nyelvi lektorálását.

Szeretnék köszönetet mondani a Semmelweis Egyetemen, a Győri Petz Aladár Kórházban és a Szent Imre Kórházban dolgozó jelenlegi és korábbi kollégáimnak is.

Dr. Makay Roland emlékének.