

**Dr. Vörös Erika**

**A MÁGNESES REZONANCIÁS ANGIOGRÁFIA ÉS A  
KOMPUTERTOMOGRÁFIÁS ANGIOGRÁFIA ALKALMAZÁSA  
ÉREREDETŰ NEUROLÓGIAI KÓRKÉPEKBEN**

**PhD értekezés**

**SZENT-GYÖRGYI ALBERT ORVOSTUDOMÁNYI EGYETEM  
RADIOLÓGIAI KLINIKA**

**Szeged**

**1999**

## TARTALOMJEGYZÉK

Az értekezésben használt rövidítések	5
1. BEVEZETÉS	8
2. CÉLKITŰZÉSEK	11
3. AZ MRA ÉS A CTA FEJLŐDÉSTÖRTÉNETE ÉS FIZIKAI ALAPJAI	12
3.1. MR angiográfia	12
3.2. CT angiográfia	16
4. A 3-D TOF MRA ÉS A CTA ALKALMAZÁSA INTRACRANIALIS ANEURYSMÁK ESETÉN	19
4.1. Történeti adatok	19
4.2. Intracranialis aneurysmabetegség	20
4.3. Betegek és módszerek	22
4.3.1. Összehasonlító MRA, CTA és DSA vizsgálatok	22
4.3.2. Multiplanáris rekonstrukciós CTA vizsgálatok	26
4.3.3. Új CT angiográfias protokollal végzett vizsgálatok	27
4.4. Eredmények	29
4.4.1. Az MRA, a CTA és a DSA összehasonlításának eredményei	29
4.4.2. Az MPR CTA vizsgálatok eredményei	37
4.4.3. Az új protokoll szerint végzett vizsgálatok eredményei	37
4.5. Megbeszélés	40

5. MRA ÉS CTA VIZSGÁLATOK MOYAMOYA-BETEGSÉGBEN	48
5.1. Történeti adatok	48
5.2. Primer és szekunder moyamoya-betegség	49
5.3. Betegek és módszerek	50
5.3.1. Moyamoya-betegek MRA és CTA vizsgálata	50
5.3.2. ATS-ACM anastomosisok MRA és CTA vizsgálata	52
5.4. Eredmények	52
5.4.1. A moyamoya-betegek MRA és CTA vizsgálatának eredményei	52
5.4.2. Az anastomosisok MRA és CTA vizsgálatának eredményei	56
5.5. Megbeszélés	60
6. NEUROVASCULARIS KOMPRESSZIÓ KIMUTATÁSA 0.5 T MR BERENDEZÉSSEL VÉGZETT 3-D TOF MRA-VAL TRIGEMINUS- NEURALGIÁBAN	63
6.1. Történeti adatok	63
6.2. A trigeminusneuralgia tünettana, anatómiai és patofiziológiai háttere	64
6.3. Betegek	65
6.4. Vizsgálati módszer	65
6.5. Értékelés	69
6.6. Eredmények	70
6.7. Megbeszélés	75
7. KÖVETKEZTETÉSEK	81

8. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI ALKALMAZÁSA	82
IRODALOMJEGYZÉK	85
Az értekezés témájával kapcsolatos saját munkák	97
SUMMARY	101
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	109

### Az értekezésben használt rövidítések

a.	arteria
AB	arteria basilaris
ACA	arteria cerebri anterior
ACAI	arteria cerebelli anterior inferior
AChA	arteria chorioidea anterior
ACI	arteria carotis interna
ACM	arteria cerebri media
ACoA	arteria communicans anterior
ACoP	arteria communicans posterior
ACP	arteria cerebri posterior
ACPI	arteria cerebelli posterior inferior
ACS	arteria cerebelli superior
AO	arteria ophtalmica
ATS	arteria temporalis superficialis
AV	arteria vertebralis
A1	az a. cerebri anterior proximalis szakasza
b.	bal
BPV	benignus perimesencephalicus vérzés
cm	centiméter
CT	komputertomográfia
CTA	komputertomográfiás angiográfia
C1-C5	intracranialis arteria carotis interna szakaszok
DSA	digitális szubtrakciós angiográfia
EDAS	encephalo-duro-arterio-synangiosis
ETL	echo train length
ffi	férfi
FOV	field of view / látómező

HU	Hounsfield-egység
iv.	intravenás
j.	jobb
k	kontrasztanyag
kg	kilogramm
kV	kilovolt
mA	milliamper
MIP	maximum intensity projection
ml	milliliter
mm	milliméter
MPR	multiplanar reconstruction
MR	mágneses rezonanciás
MRA	mágneses rezonanciás angiográfia
msec	millisecundum
MTC	magnetization transfer contrast
MVD	microvascularis dekompresszió
M1, M3	az arteria cerebri media szakaszai
n	natív
n.	nervus
N	normális
n-SAV	subarachnoidealis vérzés nélküli
n. V.	nervus trigeminus
o	occlusio
PC	phase contrast / fázis kontraszt
RF	rádiófrekvenciás
ROI	region of interest
S	stenosis
SAV	subarachnoidealis vérzés
sec	secundum

SSD	surface shaded display
T	tesla
TE	echoidó
TN	trigeminusneuralgia
TOF	time of flight
TONE	tilted optimized nonsaturated excitations
TR	repetíciós idő
v.	vena
VCA	vena cerebelli anterior
VML	vena mesencephalica lateralis
VPL	vena pontis lateralis
VPS	vena petrosa superior
VRT	volume rendering technique
2-D	kétdimenziós
3-D	háromdimenziós

## 1. BEVEZETÉS

Az érrendszer megjelenítésének módozatai, a különböző angiográfias eljárások óriási fejlődésen mentek keresztül azóta, hogy több mint 100 évvel ezelőtt Haschek és Lindental az első érfestést kadáverkézen elvégezte (1). A módszer élő szervezetre történő adaptálása sokáig váratott magára, míg 1927-ben Egas Moniz az első carotisangiográfiát emberben végrehajthatta és a kilencedik próbálkozás után végre értékelhető képet kapott (2). Ettől az időszaktól kezdve az érfestés technológiája párhuzamosan három vonalon indult fejlődésnek. A kontrasztanyagok fejlesztése a kezdeti toxikus szerektől mára eljutott az alacsony ozmolalitású, kevés mellékhatással rendelkező, korszerű anyagokig. A kontrasztanyag érpályába történő bejuttatása a perkután punkciótól a mikrokatóteres megoldásokig fejlődött. A képalkotásban a komputer bevezetése hozott döntő előrelépést, lehetővé téve többek között a digitális szubtrakciót, melynek segítségével az erek képe a csontok és lágyrészek zavaró árnyékától mentesen állítható elő.

Az angiográfia - invazív módszer lévén - még manapság is bizonyos kockázattal jár. Veszélyeinek csökkenése elsősorban a kontrasztanyagok és az angiográfias eszközök fejlődésétől volt várható, gyökeres változást, meglepő módon, mégis a képalkotás újdonságai hoztak. A mágneses rezonanciás technika és a gyors CT scannerek kifejlesztése módot adott különböző noninvazív



érábrázolási módszerek kidolgozására. A mágneses rezonanciás angiográfia és a komputertomográfiás angiográfia bevezetése az érfestéssel összefüggésbe hozható szövődmények drámai csökkenését eredményezte. Igaz ugyan, hogy e technikák tér- és időbeli felbontása még nem éri el a digitális szubtrakciós angiográfiáét, de egyéb képmanipulációs lehetőségeikkel kompenzálják ezt a hátrányt. Számos előnyüket és gyors fejlődésüket tekintetbe véve, a jövőben várhatóan egyre nagyobb szerepet kapnak az érbetegségek diagnosztikájában, miközben az invazív DSA indikációs köre folyamatosan szűkülni fog.

A katéteres angiográfia neurológiai szövődményeinek aránya közel 1% (3). Az agyi keringés jellegzetességeiből adódóan nyilvánvaló, hogy egy-egy kisebb érág véletlen embolizációja is súlyos, olykor maradandó idegrendszeri károsodást okozhat. Kívánatos tehát, hogy a katéteres cerebrális DSA vizsgálatokat lehetőség szerint MRA-val vagy CTA-val helyettesítsük. Az éreredetű neurológiai kórképek közül három olyan csoportban vizsgáltuk e noninvazív angiográfiás eljárások diagnosztikus szerepét, amelyek bizonyos szempontból különleges figyelmet érdemelnek.

Az intracranialis aneurysmák előfordulási aránya az átlag populációban 1-8% között mozog. Az aneurysmaruptúrából származó vérzések mortalitása és morbiditása igen magas, emiatt a veszélyes érzsákok mielőbbi kimutatása és ellátása vitathatatlanul fontos.

A moyamoya-betegség a Willis-kör szűkületeivel, elzáródásaival járó, fiatal korcsoportokat érintő folyamat, melyben ismételt követéses érvizsgálatokra a diagnózis felállítása után is évtizedeken keresztül szükség van.

A trigeminusneuralgia rendkívül kínzó, visszatérő, heves arcfájdalom, melyet valamilyen külső inger, pl. beszéd, étkezés stb. válthat ki. Az ilyen betegek környezetüktől nemritkán izolálódnak, és egzisztenciájuk is veszélybe kerülhet. A kórkép hátterében gyakran meghúzódó neurovascularis kompresszió - megbízható képi megjelenítés után, melyre az MR éra előtt gyakorlatilag nem volt mód - sebészi kezeléssel megszüntethető, így a betegség jó eredménnyel gyógyítható.

## 2. CÉLKITŰZÉSEK

2.1. A 0,5 T MR berendezéssel végzett 3-D TOF MRA és a 3-D CTA teljesítőképességének meghatározása és összehasonlítása intracranialis aneurysmák esetén.

2.2. Multiplanáris rekonstrukció alkalmazása a 3-D CTA-val elégtelenül ábrázolható intracranialis carotisszakaszok aneurysmáinak kimutatására.

2.3. CT angiográfias protokoll kidolgozása, amellyel intracranialis aneurysma-betegségben a katéteres DSA vizsgálat eredményesen helyettesíthető.

2.4. A 3-D TOF MRA és a CTA helyének meghatározása a moyamoya-betegség diagnosztikájában.

2.5. Az extra-intracranialis ATS-ACM művi anastomosisok átjárhatóságának megítélése 3-D TOF MRA-val és CTA-val.

2.6. 0,5 T MR berendezéssel végzett 3-D TOF MRA diagnosztikus értékének meghatározása a neurovascularis kompresszió kimutatásában trigeminusneuralgia esetén.

### **3. AZ MRA ÉS A CTA FEJLŐDÉSTÖRTÉNETE ÉS FIZIKAI ALAPJAI**

A noninvazív angiográfiás eljárások, az MRA és a CTA kifejlesztésének egyik fő motivációja a DSA morbiditásának kiküszöbölésére irányuló törekvés volt. A DSA helyettesítése e kevésbé veszélyes vagy teljesen veszélytelen módszerekkel ma is folyamatos kutatások tárgya. Az idő- és költségkímélés, melyet az új metódusoktól joggal várhatunk, szintén nem elhanyagolható szempont. Jelentős az a célkitűzés is, hogy a környező struktúráknak az érelváltozásokkal esetlegesen összefüggő eltéréseiről egyidejűleg információt nyerhessünk.

#### **3.1. MR angiográfia**

Az úgynevezett áramlási effektus minden MR képen jelen van. Az áramló folyadék (a vér és a liquor) speciális törvényszerűségek szerint hatást gyakorol a keletkező MR jelre (4). Kezdetben ezt zavaró műterméknek tartották és kiküszöbölésére törekedtek.

Az MR vizsgálattal nyerhető áramlási információk fizikai alapjául szolgáló ún. time of flight effektust Singer már 1959-ben leírta (5). A jelenséget - a mozgó protonok hatását az MR jelre - azonban csak jóval később, az 1980-as években használták fel a keringő vér megjelenítésére, azaz az első MR angiogramok elkészítésére. A hosszas késlekedés oka az volt, hogy az áramlás leképezésére

alkalmas szekvencia előállításának technikai feltételeit csupán ez időre fejlesztették ki.

A keringő vér mozgó protonjai alapvetően kétféle módon gyakorolnak hatást az MR szignálra: az egyik a time of flight effektus, a másik a fázisból való kiesés (flow-related dephasing) következménye. Az első esetben a vizsgált testterefogatba belépő, rádiófrekvenciás impulzussal addig nem találkozott protonok maximalis jelet adnak (flow-related enhancement vagy inflow effect), a kiáramlók viszont elviszik magukkal, tehát az adott szeletben csökkentik a jelet (washout effect). A fázisból való kiesés szintén a szignál gyengüléséhez vezet. A spin echo szekvenciákon inkább a jelcsökkenés érvényesül, míg a gradiens echókon a szignálerősödés a döntő, ami az adott szekvencia paramétereivel függ össze.

Az MR angiográfia az úgynevezett flow-related, azaz áramlásfüggő technikák továbbfejlesztéséből alakult ki. Le kell szögezni, hogy szemben a DSA-val, az MRA kontrasztanyagot alapvetően nem igényel, az áramló vér biztosítja a belső kontrasztot. Az MR angiográfia fizikai elve azonos irányban, egyenletes sebességgel mozgó protonok esetén érvényesül leginkább. A gyakorlatban problémát okoz, hogy ezeknek a feltételeknek az erekben folyó vér nem felel meg teljes mértékben. Valamilyen mértékű pulzáció, laminaris áramlás és turbulencia normális körülmények között is mindenkor jelen van. Az MR szignálra gyakorolt torzító hatásuk különböző áramlási műtermékek formájában jelentkeznek. Kóros viszonyok mellett a tényleges áramlási paraméterek méginkább eltérnek az ideális

modelltől. Ez az alapvető oka annak, hogy az MRA hamis képet adhat pl. a szűkületek mértékéről vagy az erek átjárhatóságáról.

A különböző MR angiográfias technikák alapvetően két csoportba oszthatók:

1. ún. time of flight, röviden TOF és a
2. fázis kontraszt (PC).

ad 1. A TOF MRA a mérési térfogatban lévő álló (szövetek) és a beáramló (vér) protonok longitudinális mágnességének különbségén alapul. A vizsgált volumenbe befolyó vér előzőleg még nem excitált protonjainak első jeladási erősek, míg a statikus háttér protonokat ismételt RF impulzusokkal szaturálják, ezért azok már gyenge jelet adnak. Így az áramló vér a megjelenő képen világos lesz, a háttér sötét marad. A háttérjel elnyomásának tökéletlensége miatt azonban bizonyos mértékben az agyi struktúrák is ábrázolódnak. Ez a jelenség esetenként kifejezetten hasznos - például a neurovascularis kompresszió kimutatásában -, mivel az erek és az ideg egyidejű megjelenítésével egymáshoz való viszonyukra vonatkozóan értékes információhoz juthatunk. Máskor a megmaradt kevés háttérjel is zavaró, ilyenkor különböző eljárásokkal kiküszöbölésére törekszünk.

A vizsgált régióban a nem kívánatos vénás vagy arteriális beáramlás jele ún. preszaturációs impulzussal - amelyet az áramlás irányától függően az adott terület elé vagy mögé irányítunk - csökkenthető, illetve elnyomható.

A TOF MRA kevésbé érzékeny a lassú áramlás kimutatására. Ilyen esetekben érdemes paramagnetikus kontrasztanyagot adni, mert a lassú áramlás mellett a kontrasztanyag jelerősítő hatása bizonyos mértékig érvényre juthat. Ily módon például a vénás rendszerről is kitűnő képet nyerhetünk.

A TOF MRA előállításához használatos gradiens echo szekvencia rövid repetíciós és echoidővel rendelkezik. A protonok kitérítési szöge (flip vagy tip angle) attól függ, hogy két- vagy háromdimenziós adatgyűjtést alkalmazunk, 2-D esetén magasabb, 3-D alkalmával alacsonyabb szögérték előnyösebb. A 3-D TOF MRA a kedvezőbb jel-zaj arány és a jobb térbeli felbontás miatt az intracranialis erek vizsgálatára alkalmasabb, mint a 2-D.

A képrekonstrukció legelterjedtebb algoritmus az ún. maximum intensity projection (MIP), mellyel a vizsgált volumen legintenzívebb (legnagyobb jeladású) voxelei síkba vetíthetők. A zsírszövet vagy a vér egyes bomlástermékei, melyek a T1 jellegű gradiens echo szekvencia használatakor az áramló vérhez hasonlóan szintén fokozott jelintenzitásúak, a MIP képeken zavarhatják az erek pontos megítélhetőségét.

A 3-D TOF MRA tökéletesítésére újabban az áramló protonok szaturációjának csökkentését célzó ún. TONE (tilted optimized nonsaturated excitations) technikát vezették be. A vizsgált volumenben folyamatosan növelve a protonok kitérítési szögét, mérsékelhető a szaturációból adódó jelvesztés. A MTC (magnetization transfer contrast) a háttérjel csökkentésének kiegészítő módoszata,

amely speciális szelektív impulzust alkalmazva a háttérszövetek makromolekuláiból érkező szignál elnyomására irányul (6).

ad 2. A PC MRA alapvetően különbözik a TOF-tól, mivel az álló (háttér) és mozgó (vér) protonok transzverzális mágnesességének különbségét (fáziskülönbség) használja az erek ábrázolására. A mozgó és álló protonok közötti fáziseltolódás ugyanis arányos az áramlási sebességgel, az MR jel intenzitása pedig a transzverzális mágnesesség különbségétől függ. A PC MRA a háttérjel kiküszöbölésére szubtrakciós technikát alkalmaz (7).

A két módszerben közös, hogy mindkettőt befolyásolják az áramlás paraméterei, ezért bizonyos tekintetben funkcionális adatokat közvetítenek, esetenként akár a morfológiai információtartalom rovására is. Mindkét módszerrel a nagy és közepes nagyságú intracranialis erek ábrázolhatók, de a hagyományos angiográfiáénál kevésbé jó térbeli felbontással.

### **3.2. CT angiográfia**

Az erek natív CT képeken legfeljebb bizonytalanul különülnek el környezetüktől. Intravenás kontrasztanyagadás után jobban kirajzolódnak, így a durvább eltérések, pl. nagyobb aneurysmák már felismerhetők. Finomabb érelváltozások kimutatására azonban a konvencionális CT vizsgálat nem alkalmas.



A "számítógépes angiotomográfia" kifejezés az 1980-as évek elején került a köztudatba. Asari 1982-ben megjelent közleményében számolt be a módszer intracranialis erek vizsgálatára történő felhasználásáról (8). Az alkalmazott szeletvastagság ekkor még 10 mm, a vizsgálati idő pedig közel 10 perc volt. Ily módon a bolusban beadott kontrasztanyag jelentős felhígulásával kellett számolni. Az erek többirányú leképezésére Asari rekonstrukciót még nem használt.

A vékonyrétegű vizsgálatról és az azt követő kétdimenziós rekonstrukciós megoldásokról csak jóval később, a 80-as évek második felében találunk adatokat. A Schmid és munkatársai által kidolgozott "angio-CT"-s technika, amely során 1,5 mm vastagságú szeleteket készítettek a Willis-körrel, majd ezekből coronalis és sagittalis síkú rekonstrukciókat állítottak elő, már igen jó minőségű képet adott az agyi erekről (9).

Az igazi áttörést a CTA vonatkozásában a 80-as évek végének technikai újdonsága a helikális vagy más néven spirál CT hozta (10). A csúszógyűrűre szerelt röntgenső és detektor állandó forgásával egyidőben megvalósított folyamatos vizsgálóasztal-mozgatás (betegtranszport) lehetővé tette a gyors volumetrikus adatgyűjtést. Az egy másodperc körüli scanidő már elegendő volt ahhoz, hogy az intravenásan, nagy sebességgel beadott kontrasztanyag bolushatása kellően érvényre jusson.

A vizsgálni kívánt testtájék ereiben a 30-40 secundumig tartó scannelés alatt magas kontrasztanyag-koncentrációt kell elérni a jó rekonstrukciós képminőség

érdekében, ezért az adatgyűjtést az intravenás kontrasztanyag-beadáshoz képest a keringésdinamikának megfelelően késleltetni kell. Elsősorban kóros keringésviszonyok esetén hasznosak az adatgyűjtés idejének optimalizálására alkalmazható számítógépes programok, melyekkel meghatározható a kontrasztanyag-tartalom maximumának ideje a vizsgálandó erekben.

Az egyszerű spirál CT-k gyorsasága még mindig nem elegendő azonban ahhoz, hogy a különböző értelődési fázisokat egymástól elkülönítve ábrázolhassuk. A legújabb berendezések, amelyek ún. multislice technikával egyidejűleg több detektorsorral végeznek méréseket és egyszerre nagyobb volumen vizsgálatára képesek, valószínűleg már ezt a problémát is meg fogják oldani (11). Elméletileg az elektronsugaras CT millisecundumos leképezési ideje ideális az arteriás és vénás telődés különválasztására, de ez a berendezés magas költsége miatt nem terjedt el széles körben (12).

Térhatású részletes érbrázolás az ún. 3-dimenziós rekonstrukciókkal valósítható meg. A legelterjedtebb a MIP, amelyet az MRA kapcsán már említettünk. Az SSD (surface shaded display) előre meghatározott denzitásértékű voxelek árnyékolt felszíni képét adja. A VRT (volume rendering technique) adott denzitás küszöbökön belül minden egyes voxel denzitását felhasználva transzparens képet állít elő, mélységérzetet keltve ezzel. A térhatás élménye a mindhárom módszernél alkalmazható tetszőleges irányú forgatással érhető el, illetve fokozható. MPR (multiplanar reconstruction) technikával lényegében 2-dimenziós metszeti kép állítható elő a vizsgált tartomány bármilyen síkú szeletéről.

## **4. A 3-D TOF MRA ÉS A CTA ALKALMAZÁSA INTRACRANIALIS ANEURYSMÁK ESETÉN**

### **4.1. Történeti adatok**

Az első intracranialis aneurysmát Egas Moniz 1933-ban mutatta ki perkután carotisangiográfiával (13). Ezt követően évtizedeken keresztül ez az eljárás volt az aneurysmák ábrázolásának szuverén módszere. A kontrasztanyag-beadás az 50-es évek elejétől a Seldinger technika elterjedésével ugyan már katéteren keresztül történt, de az angiográfia lényegileg nem változott, továbbra is invazív eljárás maradt. Az intracranialis aneurysmák kimutatása mindenkor nagy kihívást jelentett a módszert alkalmazók számára, hiszen a néhány milliméter átmérőjű elváltozásokat az erősen sugárelnyelő koponyacsontok gyakran elfedték. Ennek kiküszöbölésére a megfelelő technika kimunkálásának jeles hazai képviselője, Kenéz József sikerrel alkalmazta az ún. angiotomográfiát és a hagyományos fototechnikai szubtrakciót is (14). A következő nagy lépést a digitális szubtrakció bevezetése jelentette, amely a számítógépek elterjedésével vált lehetővé.

Az MRA és a CTA technikájának kidolgozása a 80-as években megteremtette az alapfeltételét annak, hogy a kicsi, de határozott kockázattal járó katéteres angiográfiát ezek a noninvazív módszerek váltsák fel (9, 10, 15). Ún. angio-CT-vel, melynek lényege vékonyrétegű kontrasztanyag vizsgálatot követő többsíkú 2-D rekonstrukció volt, Schmid 1987-ben már 97,4%-ban kimutatta a

3 mm-nél nagyobb átmérőjű aneurysmákat (9). Az intracranialis aneurysmák MR angiográfiás ábrázolásának eredményeiről először 1989-ben számoltak be (15). Az irodalmi adatokban ma még igen nagy eltérések vannak az MRA és a CTA pontosságát illetően (16-21). A módszerek töretlen fejlődése azonban reményt ad arra, hogy az újabb technikai megoldások bevezetésével DSA-ra a jövőben egyre kevésbé lesz szükség ezen a területen (22-24).

#### **4.2. Intracranialis aneurysmabetegség**

Az intracranialis saccularis aneurysmák - az erek zsákszerű tágulatai - leggyakrabban a Willis-kör ereinek elágazódásainál alakulnak ki. Etiológiájuk ma sem teljesen tisztázott. Bár hosszú időn keresztül tartotta magát az a nézet, hogy az aneurysmák veleszületett érfalgyengeség talaján alakulnak ki, ma már ezt megkérdőjelezzük (25). Az intracranialis aneurysmák nem tartoznak a ritka érelváltozások közé, előfordulási arányuk 1-8% közé tehető (26). Bizonyos csoportokban - familiaris halmozódás, régóta fennálló hypertonia, kötőszöveti betegség, polycystás vese, fibromuscularis hyperplasia esetén vagy arteriovenosus malformatio és egyéb vascularis anomaliák mellett - ez az arány magasabb is lehet.

A legtöbb saccularis aneurysma 1 cm-nél kisebb átmérőjű. A 2,5 cm-nél nagyobbakat egyezményesen óriás- (giant) aneurysmának nevezzük. A nagyobb aneurysmákban nem ritka a thrombusképződés és a héjszerű fali meszesedés.

Kialakulásuk helye szerint az aneurysmák leggyakoribbak az ACoA és az ACoP eredésénél (33-33%), ezt követi az ACM bi- vagy trifurcatiója (25%). Ritkábbak az AO, AChA, carotisvilla, distalis AB szakasz, ACPI és az a. pericallosa aneurysmái. Utóbbiak rendszerint az a. callosomarginalis eredésénél alakulnak ki. A nagyobb méretű aneurysmák általában az a. basilaris csúcán, az a. carotis interna intracavernosus vagy supraclinoidealis szakaszán fordulnak elő. Szokatlan helyen és formában megjelenő aneurysmák esetén arterioscleroticus, mycoticus vagy myxomás eredetre is kell gondolni (25, 27).

Az aneurysmák kis részben térfoglalásuk révén okoznak neurológiai tüneteket (27). Döntő többségük azonban rupturát követően subarachnoidealis, ritkábban intracerebralis vagy intraventricularis vérzés klinikai képében jelentkezik. A vérzés éves kockázatát 2-3%-ra teszik. SAV leggyakrabban az 5. és 7. életév között alakul ki. Morbiditása közel 20%, mortalitási aránya több mint 30% (28). Legtöbbször a 6-15 mm átmérőjű aneurysmák repednek meg. A subarachnoidealis vérzést a fellépést követő 3-12 nap között gyakran vasospasmus kíséri, mely súlyos esetben az agy ischaemiás károsodáshoz is vezethet. Nem ritka komplikáció a kommunikáló hydrocephalus sem.

A nem traumás eredetű subarachnoidealis vérzések kb. 75%-át aneurysma, 10%-át érmalformatio megrepedése okozza (25). A fennmaradó, mintegy 15%-ban vérzésforrás nem mutatható ki. Az angiográfiával negatív esetek több mint felében natív CT felvételeken az agytörzs körüli cisternákra lokalizálódó ún. benignus

perimesencephalicus vérzés (BPV) látható. A BPV-ek rendkívül jó prognózisúak és kimutatható vérzésforrás 95%-ban nem áll mögöttük (29).

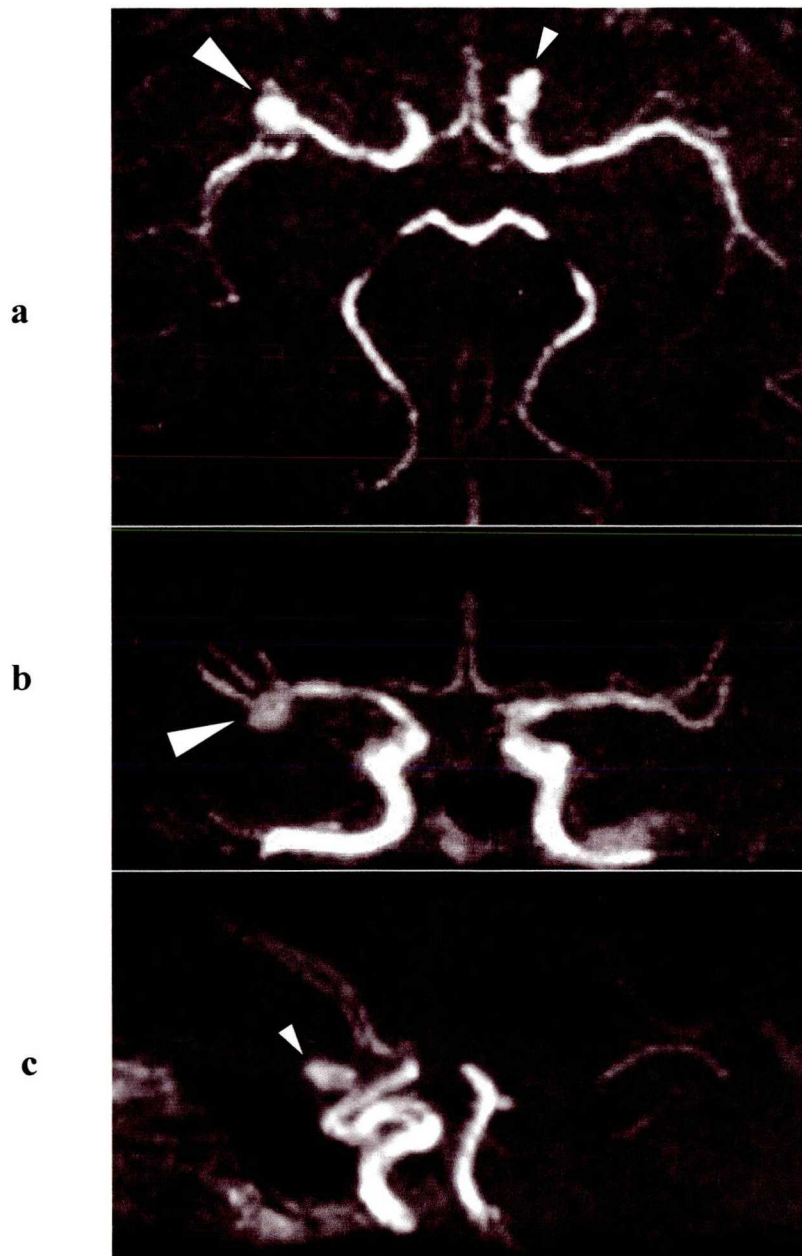
### 4.3. Betegek és módszerek

#### 4.3.1. Összehasonlító MRA, CTA és DSA vizsgálatok

Intracranialis aneurysma gyanújával összesen 64 (44 nő, 20 férfi) beteget vizsgáltunk. 38-nál SAV kialakulása - melyek közül 4 BPV volt -, 26-nál pedig más okból végzett CT vagy MR vizsgálat vetette fel aneurysma lehetőségét. A betegek életkora 27-76 év, átlagosan 51,7 év volt.

Minden esetben elvégeztük az MRA, a CTA és a DSA vizsgálatot.

Az MRA vizsgálatok 0,5 T Elscint Gyrex VDIx (Elscint) berendezésen történtek 3-D TOF MRA + MTC + TONE programmal. A Willis-körre centrált vizsgálati volumen vastagsága 64 mm, a szeletvastagság 1 mm, a repetíciós idő 57 msec, az echoidő 9 msec, a kitérítési szög (tip angle) 21 fok, a látómező 20-6x26 cm, az aquisition matrix 192-256x256, az excitációk száma 1 volt. A szoftver által nyújtott lehetőség szerint 3 síkú (axialis, coronalis, sagittalis) MIP rekonstrukciókat készítettünk (**1. ábra**). A vizsgálati idő 12 perc 41 másodperc, a postprocessing 5-10 perc volt. Az MRA mellett minden esetben készítettünk fast spin echo T2 súlyozott (TR/ TE/ ETL: 4000 msec/ 100 msec/ 008) axialis és T1 súlyozott (TR/ TE: 400 msec/ 10 msec) coronalis síkú felvételeket is.



**1. ábra** 3-D TOF MRA. Axialis (a), coronalis (b) és sagittalis (c) síkú MIP rekonstrukciók. Jobb ACM aneurysma (nagy nyíl) és bal AO aneurysma (kis nyíl).

A CTA vizsgálatokat Somatom PLUS 4 és Magic View (Siemens) berendezésekkel végeztük.

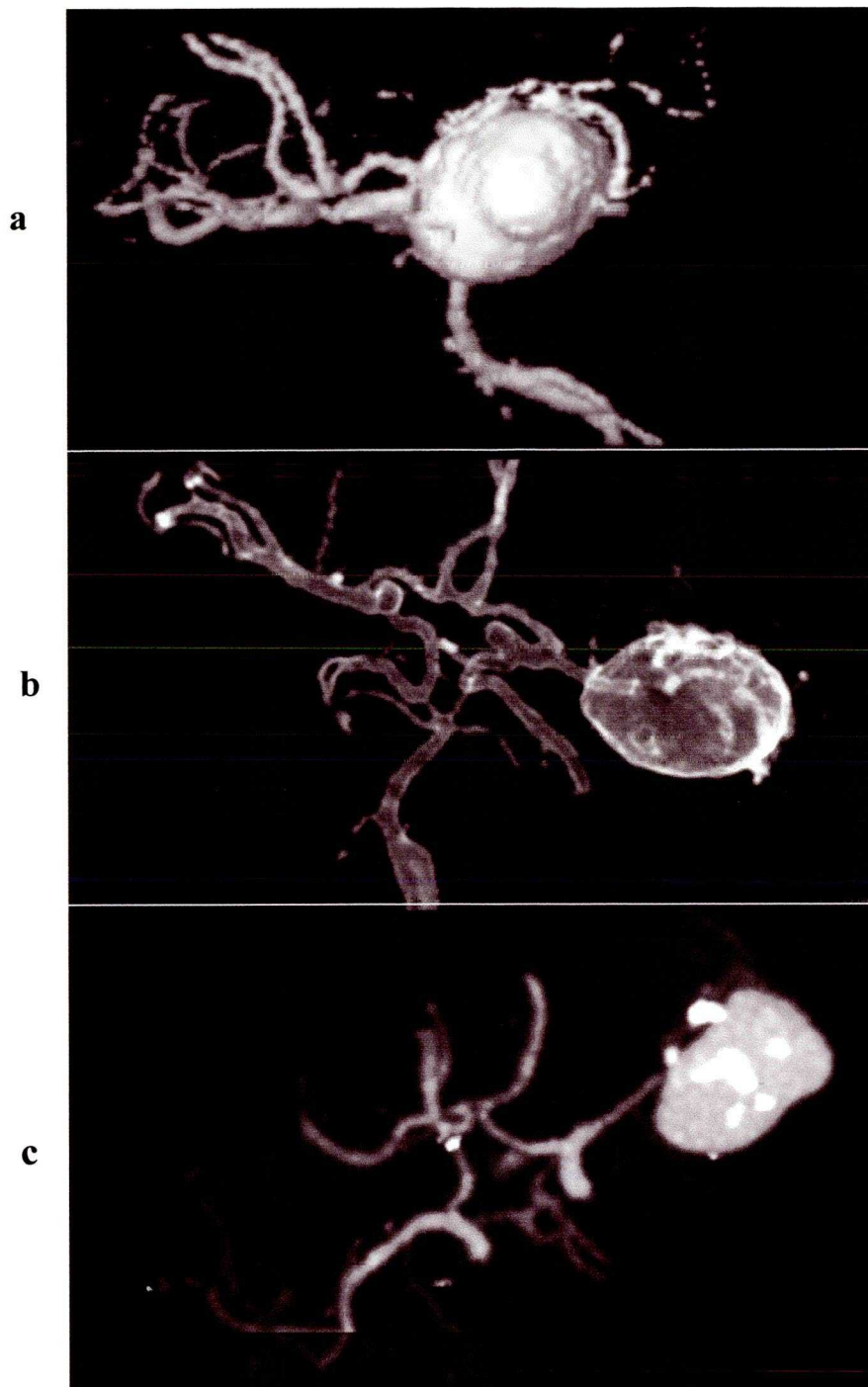
Az első 36 betegnek 100 ml intravénás kontrasztanyagot (Ultravist, Schering, 300 mg jód/ml) adtunk kézi befecskendezéssel, kb. 2-2,5 ml/sec sebességgel. Később testalkattól függően 100-150 ml kontrasztanyagot alkalmaztunk motoros injektorral, 2,5 ml/sec sebességgel.

A vizsgálatok a Willis-körre centrálva, 48 mm volumenvastagsággal, spirál üzemmódban készültek. A sugárkollimáció 1mm, a scanidő 1 másodperc, az asztaltranszport sebessége 1mm/sec volt, így az ún. feed/slice érték, másnéven pitch 1-nek adódott. A csőfeszültség 120 kV, az anódáram 130 mA volt. A rekonstrukciós lépésközt 0,5 mm-nek választottuk. A csontokat és a venákat editálással, azaz a csupán arteriákat tartalmazó területek kézi kijelölésével távolítottuk el egyidejűleg 5-5 primer axialis szeletről. Az adott 3-D rekonstrukciós lehetőségek közül mindháromat, az SSD-t, a VRT-et és a MIP-t is elkészítettük **(2. ábra)**. Az SSD-nél és a VRT-nél 100-150 HU alsó és 250-500 HU felső denzitásküszöböt használtunk. A tetszőleges forgatási lehetőséggel élve a leginformatívabb képeket választottuk ki.

A vizsgálati idő a beteg vizsgálóasztalra kerülésétől távozásáig 5-10 perc, az utólagos képrekonstrukciós idő 20-60 perc, átlagosan kb. 30 perc volt.

A DSA vizsgálatok Polytron 1000 VR (Siemens) készüléken történtek. Mindkét a. carotis communis és a. vertebralis szelektíven felkeresve, szükség szerint két- vagy többirányú felvételeket készítettünk. A CTA-hoz is használt





**2. ábra** 3-D CTA. SSD (a), VRT (b) és MIP (c) rekonstrukció. Bal ACM óriásaneurysma.

kontrasztanyagból erenként és töltésenként 4-8 ml-t 3-7 ml/sec sebességgel adtunk.

A vizsgálatok időtartama átlagosan kb. 30 perc volt.

Az MRA, a CTA és a DSA vizsgálat között eltelt idő egy-egy betegnél átlagosan 5 (0-72) nap volt. SAV esetén a vizsgálatok a vérzést követő 0-22 (átlagosan 6) napon belül készültek el.

Az értékelés során megállapítottuk az aneurysmák számát, helyét és nagyságát. A DSA vizsgálatok eredményét, illetve a műtéti leleteket alapként felhasználva kiszámítottuk az MRA és a CTA szenzitivitását, specificitását és pontosságát. Elemeztük az álnegatív és álpozitív vizsgálati eredmények okait.

#### 4.3.2. *Multiplanáris rekonstrukciós CTA vizsgálatok*

A 3-D CTA rekonstrukciókkal kedvezőtlenül ábrázolható a carotis interna szakaszok - az a. ophtalmica eredése körüli, valamint az intracavernosus érszakasz - megítélésére multiplanáris rekonstrukcióval próbálkoztunk. A vizsgált betegcsoport 25 főből állt (4 férfi, 21 nő, életkor: 28-66 év, átlagosan 50,2 év). Az előző csoportból 8 olyan beteg digitálisan tárolt anyagát is felhasználtuk, akikben az a. ophtalmica eredésénél vagy intracavernosusan aneurysmát mutattunk ki.

A 25 beteg 50 a. carotis internájának intracranialis szakaszairól 3 egymásra merőleges síkban 2-D rekonstrukciókat készítettünk, amelyeket szükség szerint ferde síkokkal is kiegészítettünk. A rekonstrukciók a rendelkezésre álló primer axialis képekből készültek MPR módban. A szeletvastagság 1 mm, az incrementum 0,4-1 mm volt. A rekonstrukciós síkok kiválasztásához az ún. double oblique

technikát használtuk, azaz két síkban jelöltük ki a rekonstrukció irányát, egyszerre csak az egyiket változtatva. A síkok pozícióját egér segítségével gyakorlatilag folyamatosan változtattuk, miközben a rekonstruált képek csaknem "real time" jelentek meg, így az egész művelet csupán 5-6 perccel növelte meg a postprocessing idejét.

A képeket szemellenőrzés mellett úgy ablakoltuk, hogy a csontos és kontrasztanyag részletek jól elkülönüljenek.

A 2-D MPR módszer eredményességét aneurysmák kimutatására vonatkozóan összevetettük a 3-D rekonstrukciós eljárásokéval. Referenciaként a minden esetben rendelkezésre álló DSA vizsgálat lelete szolgált.

#### 4.3.3. *Új CT angiográfias protokollal végzett vizsgálatok*

A korábban végzett CT angiográfias vizsgálatok hátrányainak kiküszöbölésére és az aneurysmák DSA vizsgálatának lehetőség szerinti helyettesítésére egy új, reményeink szerint hatékony CT angiográfias protokollt terveztünk. A vizsgálati volumenvastagságot másfélszeresére - 48 mm-ről 72 mm-re - növeltük, melyet a 1 mm-es sugárkollimáció megtartása mellett 1,5 pitch-csel értünk el. A kontrasztanyag beadási paramétereiket standardizáltuk: motoros fecskendővel testsúlykilogrammonként 1,5-1,7 ml-t 2,5 ml/sec sebességgel adtunk. A többi vizsgálati tényezőt nem változtattunk.

A betegek fejét kényelmesen előrehajtva megtámasztottuk, hogy az ACPI-ok és az a. callosomarginalisok eredése ábrázolás szempontjából minél

kedvezőbb helyzetbe kerüljön. Gantrydöntést a MIP képek torzulásának elkerülése érdekében nem alkalmaztunk. A vizsgálati volument úgy jelöltük ki, hogy az öreglik belső szélétől az elülső scala közepéig terjedő régiót foglalja magába, azaz az a. vertebralisok intraduralis szakaszát és az a. pericallosa precallosalis szegmentumát (az a. pericallosa eredését) egyidejűleg tartalmazza. Az elülső koponyagödör közepének a tuberculum sellae-től a koponya belső kontúrjáig a clivussal párhuzamosan húzott vonal középpontját tekintettük. Abban a három betegben, akikben a 72 mm-es volumenvastagság kevésnek bizonyult a tervezett régió vizsgálatára, az előzőhöz kiegészítő vizsgálati volument illesztettünk, melyet a további kontrasztanyagadás elkerülése érdekében közvetlenül az első után indítottunk. A koponya fennmaradó területeit egyébként szekvenciálisan, 5 mm szeletvastagsággal vizsgáltuk, hogy esetleges további vérzésforrás rejtve ne maradjon.

A 3-D rekonstrukciók mellett minden esetben elkészítettük a carotissiphonok és az intracavernosus ACI szakaszok legalább három, egymásra merőleges síkú 2-D rekonstrukcióit is.

A képek editálása előtt 150-2000 HU küszöbértékekkel áttekintő SSD-t állítottunk elő, amelyen az arteriákon kívül a vénás oldal és csontok anatómiai viszonyairól és esetleges eltéréseiről is tájékozódhattunk. Ezt követően az arteriás ROI-kat kijelölve mindhárom típusú 3-D rekonstrukciót elkészítettük.

Vizsgáltuk, hogy az adatgyűjtés módosításával milyen mértékben változott a 3-D rekonstrukciók képminősége.

Az új protokoll szerint 22 beteget (5 férfi, 17 nő, életkor: 26-66 év, átlag: 46,7 év) vizsgáltunk, akikben 36 valódi saccularis aneurysmát és 6 infundibuláris érederést találtunk. Az így kapott eredményeket összevetettük az alapként tekintett DSA vizsgálatok leleteivel és/vagy a műtéti eredményekkel.

#### **4.4. Eredmények**

##### *4.4.1. Az MRA, a CTA és a DSA összehasonlításának eredményei*

Első 64 betegünk vizsgálata során 101 aneurysmát találtunk. A 38 SAV betegben 53, a maradék 26 betegben 48 aneurysmát ismertünk fel.

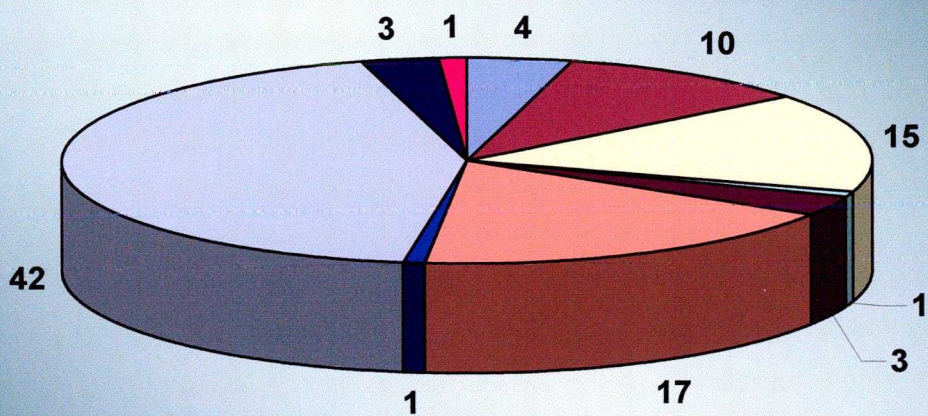
30 betegben (47%) egy-egy aneurysmát mutattunk ki, 24 betegben (37,5%) 2 vagy több aneurysmát találtunk, 10 vizsgálat (15,5%) eredménye volt negatív. Lágymeningealis vérzés kialakulását követően vérzésforrást 6 (15,7%) esetben nem találtunk. A 6 eset közül három típusos BPV volt. A negyedik BPV-es betegben vérzésforrást szintén nem tudtunk kimutatni, mindössze egy incidentális, 2 mm átmérőjű a. ophthalmica aneurysmára derült fény.

A felismert aneurysmák lokalizáció és legnagyobb átmérő szerinti megoszlását az **3.** és a **4. ábrán** mutatjuk be.

Az **I. táblázatban** az egyes vizsgáló eljárásokkal talált aneurysmákra vonatkozó valós, valamint álpozitív és álnegatív értékeket foglaltuk össze. Az adatokat külön lebontottuk subarachnoidealis vérzés mellett észlelt és vérzésmentes betegekben felismert aneurysmákra.

3. ábra

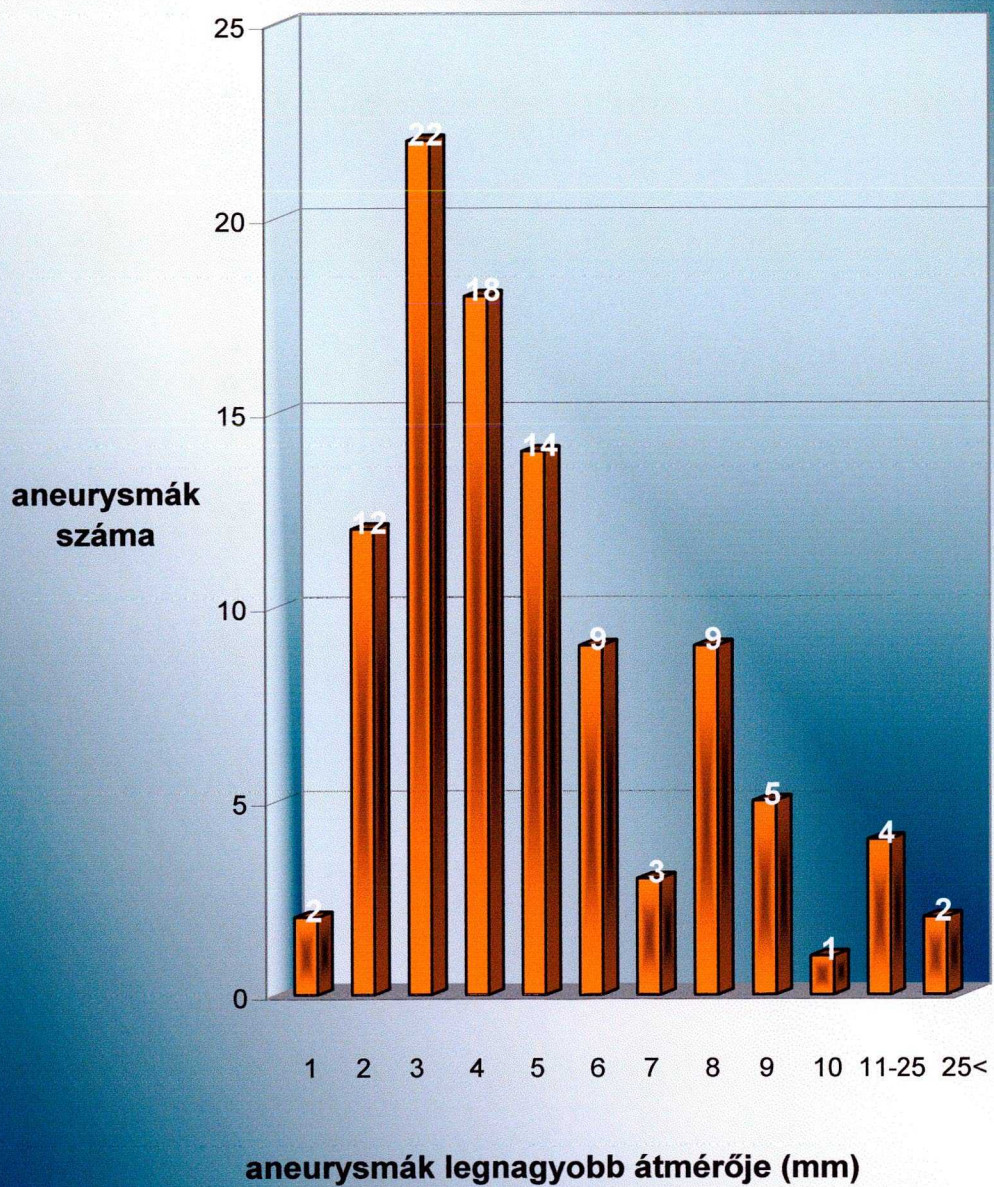
**Az aneuryszmák lokalizáció szerinti megoszlása**



- a.carotis interna intracavernosa (4)
- a.ophtalmica (10)
- a.communicans posterior (15)
- a.chorioidea anterior (1)
- a.carotis interna bifurcatio (3)
- a.communicans anterior (17)
- a.pericallosa (1)
- a.cerebri media (42)
- a.basilaris csúcs (3)
- a.cerebri posterior (1)

4. ábra

### Az aneurysmák legnagyobb átmérő szerinti megoszlása



## I. táblázat

Az MRA és a CTA valós és téves eredményeinek számszerű megoszlása

	a	d	b	c
	Valós +	Valós -	Ál +	Ál -
DSA (összes)	101	10	0	0
DSA (n-SAV)	48	4	0	0
DSA (SAV)	53	6	0	0
MRA (összes)	64	6	4	37
MRA (n-SAV)	39	2	2	9
MRA (SAV)	25	4	2	28
CTA (összes)	90	9	1	11
CTA (n-SAV)	43	3	1	5
CTA (SAV)	47	6	0	6

Rövidítések: *n-SAV*=subarachnoidealis vérzés nélküli esetek

*SAV*=lágyszövet alatti vérzés esetei



Az MRA összesen 37 aneurysmát nem mutatott ki. A nem rupturált aneurysmák közül 9 nem látszott. Utóbbiak legnagyobb átmérője egyik esetben sem haladta meg a 4 mm-t. SAV jelenlétében MRA-val 28 aneurysmát nem találtunk meg. Ezek közül 21-et a hyperintenzív jelet adó vérbomlástermékek fedték el **(5. ábra)**. A 21 érszak legnagyobb átmérője 1-12 mm volt. Hét aneurysma a vérzéstől távol helyezkedett el, de ezek átmérője egyik esetben sem haladta meg a 3 mm-t.

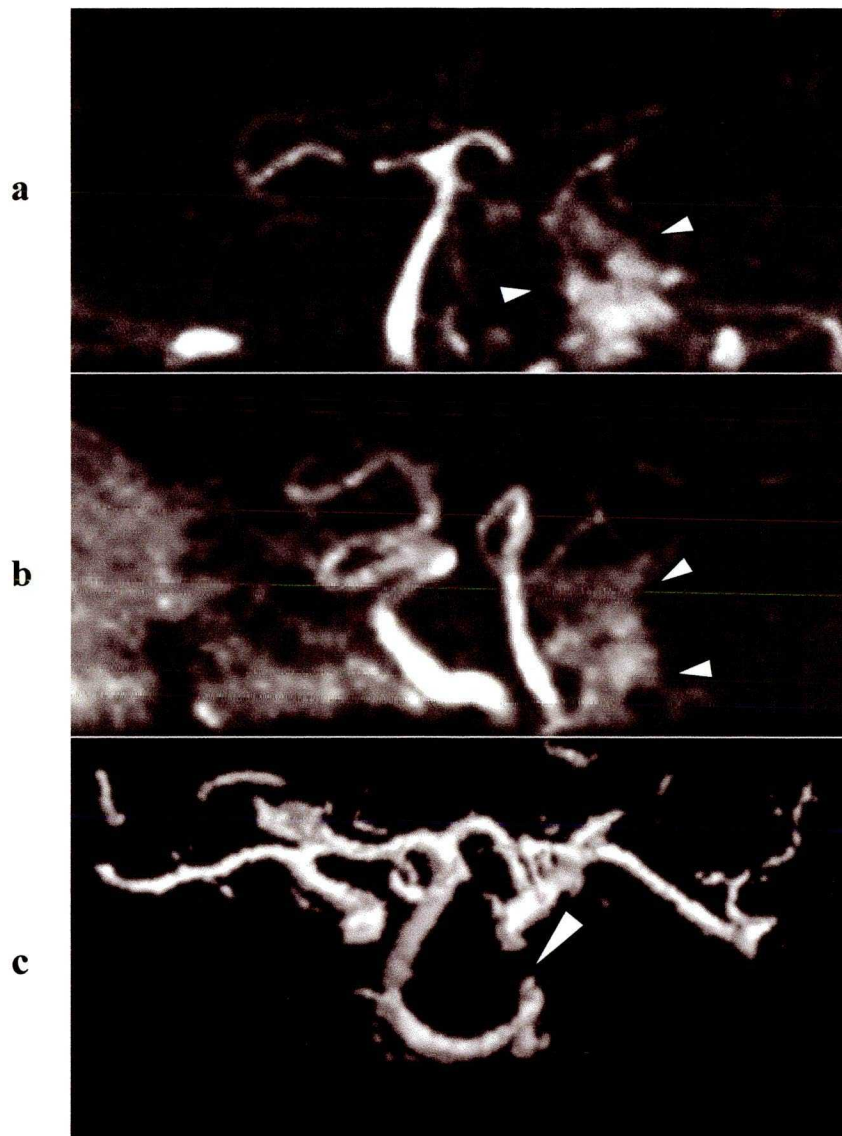
Négy álpozitív esetünkben a feltételezett aneurysma átmérője szintén kicsi, 3 mm alatt volt. Három közülük az a. basilaris distalis végén ritkán megfigyelhető alakú variációnak, egy pedig az ACPI kezdeti kanyarulatának felelt meg.

A hagyományos spin echo szekvenciákkal két óriás- (25 mm feletti legnagyobb átmérőjű) és két nagy (20 és 12 mm átmérőjű) aneurysmában találtunk részleges thrombosit.

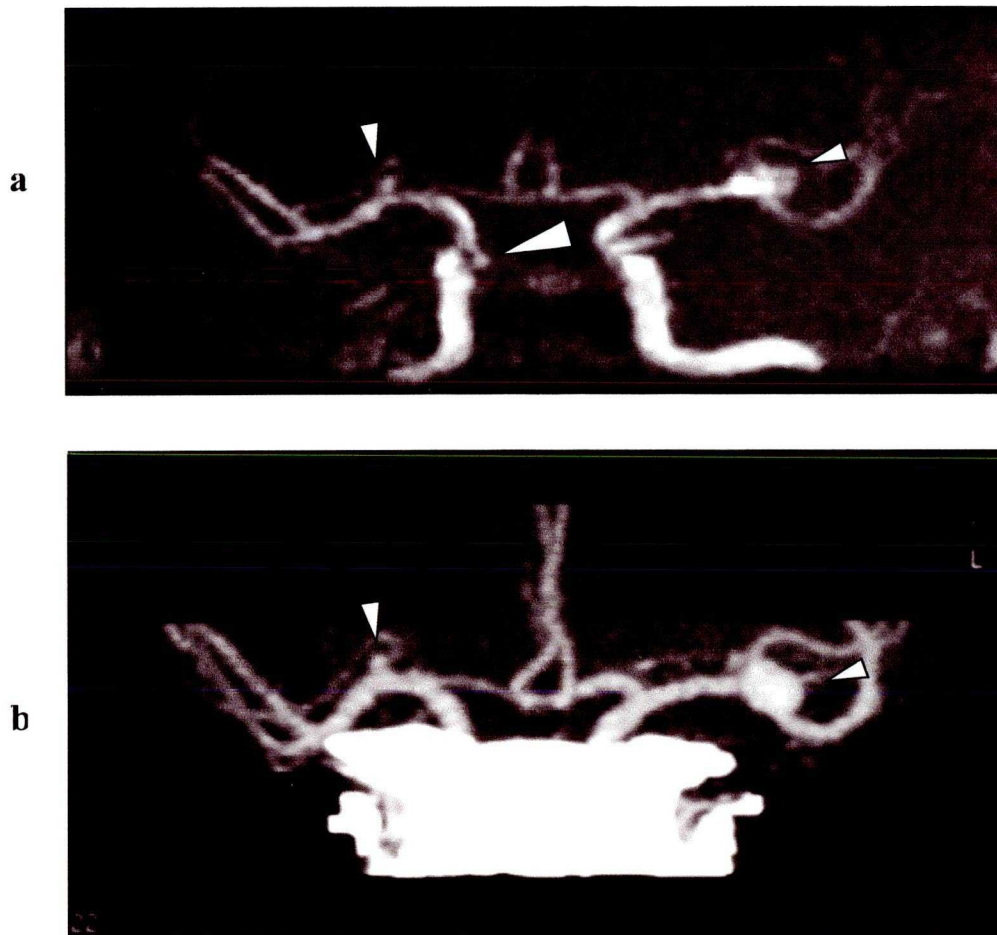
CTA-val 11 aneurysmát nem tudtunk kimutatni. Közülük 5 az a. ophtalmica eredésénél, 3 a sinus cavernosusban helyezkedett el. Az ábrázolást a magas denzitású csontok és a kontrasztanyagot tartalmazó sinus cavernosus zavarták **(6. ábra)**. Az a. ophtalmica aneurysmák átmérője 2 és 3 mm volt.

Egy-egy aneurysma az a. callosomarginalis és az a. cerebelli posterior inferior eredésénél kimaradt a vizsgált volumenből.

Egy esetben az a. communicans anterior aneurysmája nem ábrázolódott jól a kézi beadás miatti alacsony kontrasztanyag koncentrációból származó gyenge képminőség következtében.



**5. ábra** A hiperintenzív vérbomlástermékek (nyilak) a coronalis (a) és a sagittalis (b) síkú MR angiogramon elfedik az ACPI aneurysmát. A CTA SSD képen (c) az aneurysma jól látható (nyíl).



**6. ábra** Az MR angiogramon **(a)** jól látható a. ophthalmica aneurysmát (nagy nyíl) a CT angiogramon **(b)** a csontok elfedik. (A kis nyilak további két ACM aneurysmát mutatnak.)

A CTA egy esetben volt álopozítív. Az a. cerebri media trifurcációjában két ér közös eredésénél lévő, apró tölcsérszerű tágulatot véltünk aneurysmának.

SAV jelenléte a CT angiogramok minőségét egy alkalommal sem rontotta.

A **II.** és **III. táblázat** MRA és CTA vizsgálataink aneurysmák kimutatására vonatkozó szenzitivitását, specificitását és pontosságát tartalmazza. Az SSD, a VRT és a MIP technikával előállított képek között ebben a tekintetben különbséget nem találtunk.

## **II. táblázat**

### **Az MRA statisztikai értékelése (n=101)**

	<b>Szenzitivitás (%)</b>	<b>Specificitás (%)</b>	<b>Pontosság (%)</b>
MRA (összes)	63,4	60	63
MRA (n-SAV)	81,3	50	78,8
MRA (SAV)	47	66,6	49

## **III. táblázat**

### **A CTA statisztikai értékelése (n=101)**

	<b>Szenzitivitás (%)</b>	<b>Specificitás (%)</b>	<b>Pontosság (%)</b>
CTA (összes)	89,1	90	89,2
CTA (n-SAV)	89,6	75	88,5
CTA (SAV)	88,7	100	89,8

#### 4.4.2. Az MPR CTA vizsgálatok eredményei

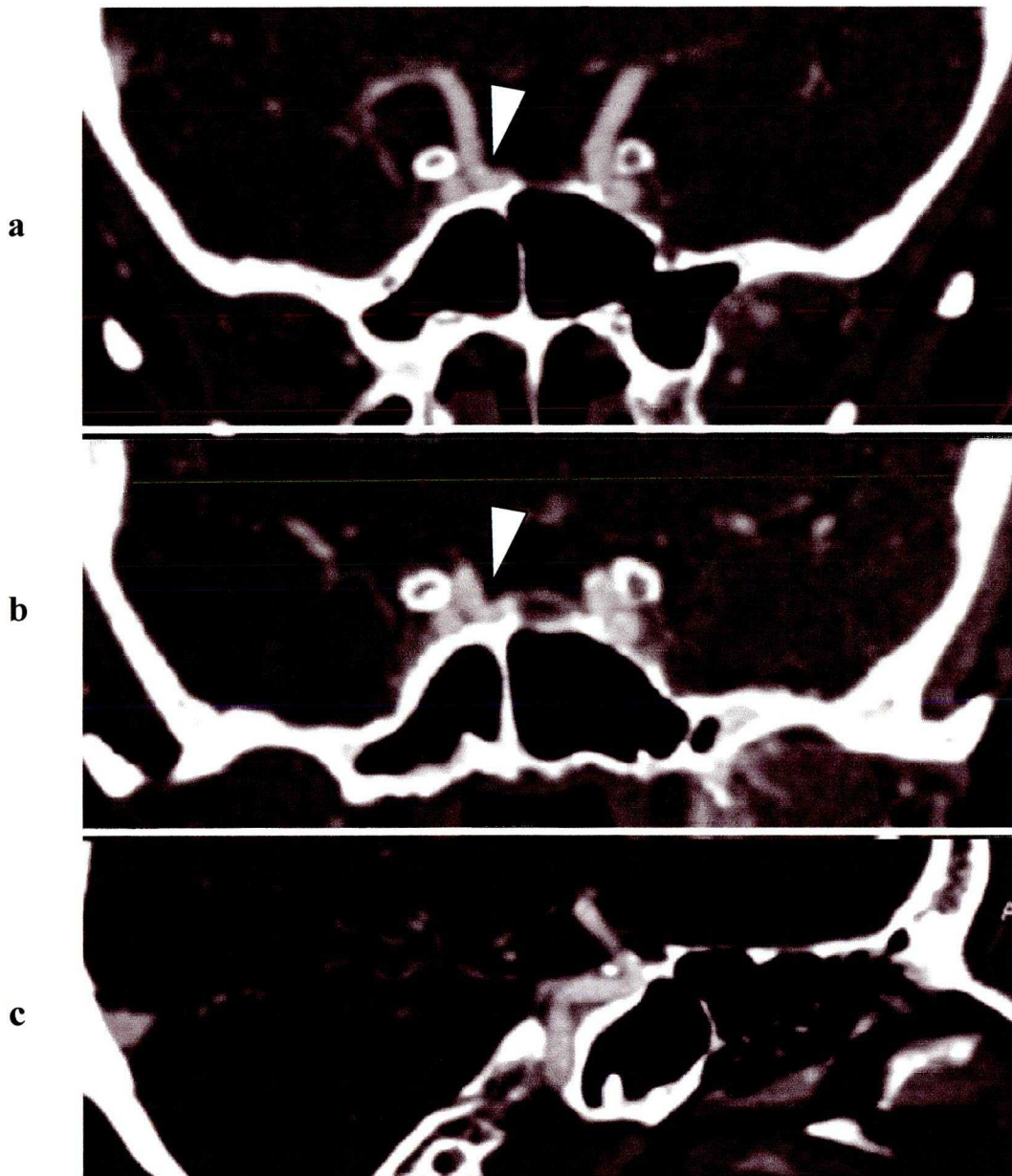
25 betegben 50 ACI-t vizsgálva a kritikus érszakaszokon összesen 14 aneurysma fordult elő, 11 az a. ophthalmica eredésénél, 3 intracavernosusan. Az aneurysmák legnagyobb átmérője 2-12 mm, átlagosan 5,3 mm volt. Az MPR képeken egy 3 mm legnagyobb átmérőjű intracavernosus aneurysma kivételével minden érszakot azonosítani tudtunk (7. **ábra a, b**). Álpozitív eset nem fordult elő.

A sinus cavernosusban levő carotisszakaszok - megfelelő ablakolással, melyet szemellenőrzés mellett választottunk ki - a környező csontos és kontrasztanyag sztruktúráktól jól elváltak (7. **ábra**). Az ablakközép általában 150-250 HU, az ablakszélesség 6-700 HU közé esett.

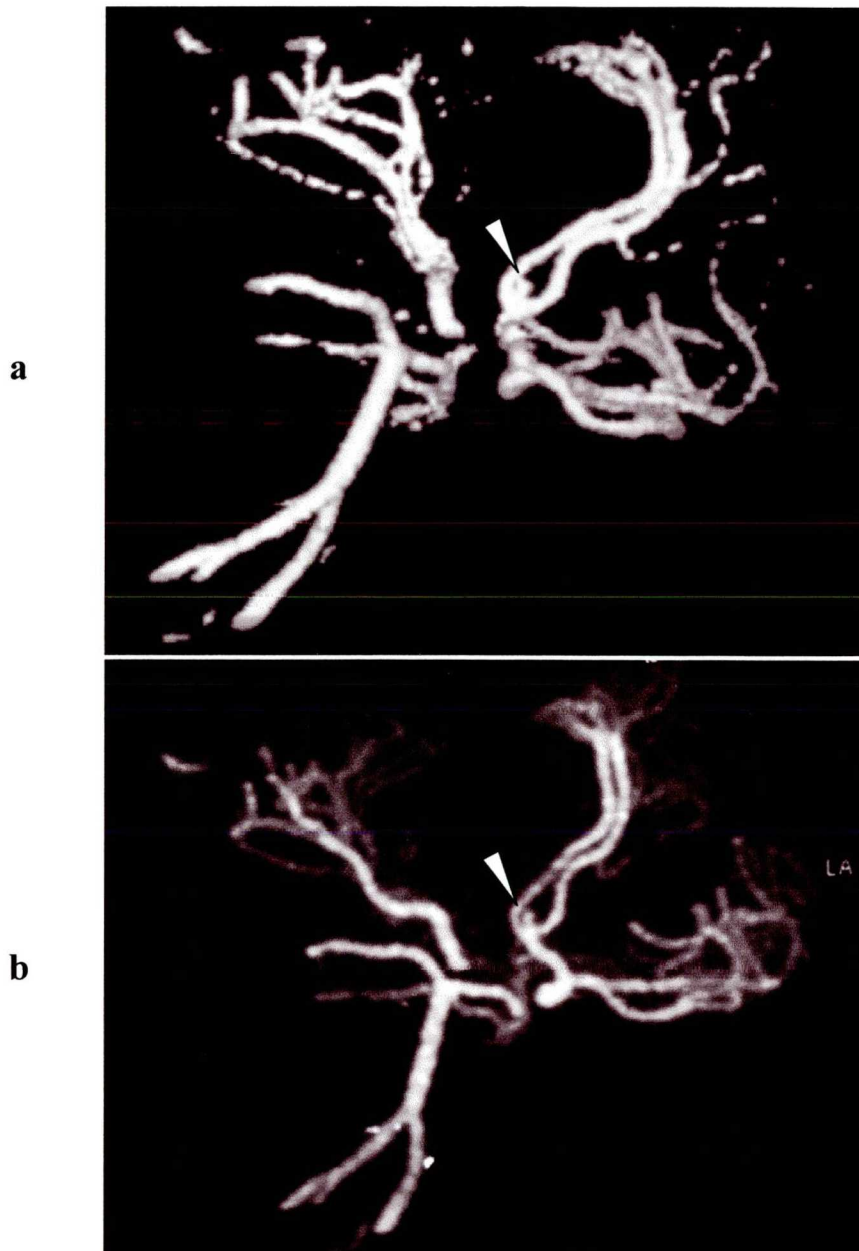
#### 4.4.3. Az új protokoll szerint végzett vizsgálatok eredményei

A megnövelt, másfélszeres vizsgálati volumennel és a többi vizsgálati paraméter változatlanul hagyásával készített CT angiogramok képminősége nem romlott értékelhető mértékben. A 72 mm vastagságú volumenbe - a betegek fejének kényelmes előrehajtásával - az a. vertebralisok intraduralis és az a. pericallosa precallosalis szakasza 3 kivétellel minden esetben bekerült (8. **ábra**). 3 betegnél az a. callosomarginalis eredése a kiegészítő volumenben ábrázolódott.

A 22 betegben összesen 36 aneurysmát és 6 tölcsérszerű éreredést találtunk. Az aneurysmák legnagyobb átmérője 2-13 mm, átlagosan 5,3 mm volt. 13 aneurysma átmérője volt 3 mm vagy annál kisebb. 5 aneurysma helyezkedett el olyan kritikus érszakaszon, mint az intracavernosus ACI szakasz, az a. ophthalmica,



7. **ábra** MPR rekonstrukciók mindkét ACI-ről ferde coronalis (a, b) és a jobb ACI-ről sagittalis (c) síkban. A jobb ACI intracavernosus szakaszán medialis irányba tekintő aneurysma látható (nyilak).



**8. ábra** 72 mm vizsgálati volumenvastagsággal készült CTA SSD (a) és MIP (b) képek. Az a. vertebralisok intraduralis szakasza és az a. callosomarginalis eredése egyidejűleg ábrázolódik. (A nyilak ACoA aneurysmát mutatnak.)

az a. callosomarginalis, az a. cerebelli posterior inferior eredése vagy az a. cerebri media opercularis (M3) szakasza. Az eredési tölcsérek 1-3 mm, átlagosan 2 mm legnagyobb átmérőjűek voltak.

Az új protokoll szerint készült, kétdimenziós ACI rekonstrukciókkal kiegészített 3-D CTA vizsgálatok eredményei minden esetben megegyeztek a DSA vizsgálattal és/vagy a műtéti leletekkel.

Az erek különböző kiboltosulásai mindhárom 3-D rekonstrukciós technikával jól ábrázolódtak. Infundibuláris éreredés esetén azonban a MIP képek segítettek elsősorban a tovaftató arteriák ábrázolását.

A kétdimenziós rekonstrukciós képek az a. ophtalmica eredésénél és a sinus cavernosusban lévő aneurysmák esetén nemcsak az érzsákok felismerésében, hanem az aneurysmák helyének pontos megállapításában is hasznosak voltak.

#### **4.5. Megbeszélés**

Az MRA manapság már egyre inkább elfogadott szűrővizsgálat, melynek szenzitivitása és specifitása optimális körülmények között megközelítheti a 100%-ot, bár vannak irodalmi adatok ennél jelentősen kisebb, mintegy 50% körüli értékekre is (17, 21, 22, 30-33). Maeder és mtsai azt írják, hogy az akut SAV csökkenti a szenzitivitást, mivel a vér bomláskor keletkező intra- és extracellularis methemoglobin hiperintenzív jele az aneurysmákat elfedheti (31). Ugyanakkor Sankhla és munkacsoportja ennek épp az ellenkezőjét állítja (34).



Magunk 64 válogatatlan betegben 101 aneurysmát vizsgáltunk 3-D TOF MRA-val, CTA-val és DSA-val. A noninvazív eljárások eredményeit a DSA és/vagy a műtéti leletekhez hasonlítottuk. Az MRA szenzitivitása, specifitása és pontossága sorrendben 63,4, 60 és 63% volt. Ugyanakkor a szenzitivitás és a pontosság ugrásszerűen javult (81,3 illetve 78,8%-ra) abban az esetben, ha csupán a subarachnoidealis vérzés nélküli betegcsoport eredményeit analizáltuk. SAV esetén viszont ezek az értékek 47, illetve 49%-ra csökkentek. SAV jelenlétekor az MRA diagnosztikus értékét nemcsak a vérzésből adódó hiperintenzitás, hanem a spasmus miatt bekövetkező keringésdinamikai változások okozta képminőség romlás is csökkentheti.

Az irodalmi adatok többnyire megegyeznek abban, hogy a 3-D TOF MRA pontossága erősen függ az aneurysmáék méretétől, biztonsággal csupán a 3-4 mm-nél nagyobb aneurysmák mutathatók ki (17, 22, 33). Saját tapasztalataink is ezt támasztják alá, hiszen a vérzésmentes környezetben lévő, nem detektált aneurysmák legnagyobb átmérője egy ízben sem haladta meg a 4 mm-t. Ezzel szemben SAV jelenlétekor még a 12 mm átmérőjű is rejtve maradhatott. Négy álzó pozitív esetünkben a feltételezett aneurysma átmérője 3 mm alatt volt.

Eredményeink alapján úgy gondoljuk, hogy az MRA friss (1-2 hetes) SAV esetén aneurysmák szűrésére alkalmatlan eljárás.

Hope és mtsai a CTA szenzitivitását és specifitását 93 aneurysmára vonatkozóan 90,4 illetve 50%-nak találták, ezek az értékek a kisebb átmérőjű (5 mm-nél kisebb) aneurysmákat tekintve 78,8 és 51,9%-ra csökkentek (21).

Ugyanakkor mások akut SAV-ben szenvedő betegekben válogatatlan nagyságú aneurysmák esetén 97,3% szenzitivitás mellett 100% -os specifitást találtak (35). Ezzel szemben Schwarz és munkacsoportja szerint a 3 mm átmérőjű és kisebb aneurysmák CTA-val ki sem mutathatók (36).

Magunk 101 aneurysmára vonatkozóan 89,1, 90 és 89,2%-osnak találtuk a CTA szenzitivitását, specifitását és pontosságát. Az SSD, a VRT és a MIP rekonstrukciók eredményei azonosak voltak. A CTA szenzitivitása és pontossága SAV esetén sem romlott. Az aneurysmák felismerését elsősorban nem nagyságuk, hanem elhelyezkedésük befolyásolta. Feltűnő, hogy a 11 álnegatív aneurysma közül 5 az a. ophtalmica eredésénél helyezkedett el, tehát az összes a. ophtalmica aneurysma (10) 50%-a a bonyolult csontos struktúrák között észrevétlen maradt. Ezekre az esetekre ajánlja Imakita a subtractió CTA-t (23).

3 intracavernosus ACI aneurysmát a környező hiperdenz struktúrák, a különböző kontrasztanyagtartalmú képletek és a csontok részben vagy teljesen szintén elfedtek. Egy a.callosomarginalis és egy ACPI eredésnél lévő érszak nem került bele a vizsgált volumenbe. Ennek az a magyarázata, hogy a legjobb térbeli felbontást biztosító paraméterek mellett a volumen vastagsága mindössze 48 mm, és ez nem teszi minden esetben lehetővé az a. callosomarginalis és az a. cerebelli posterior inferior eredésének egyidejű ábrázolását. Kiegészítő vizsgálati volumennel a hiba kiküszöbölhető lenne, mérlegelendő azonban, hogy a sugárdózis, a kontrasztanyag mennyiség és a vizsgálati idő is növekedne. Egy ízben egy 4 mm átmérőjű aneurysma nem látszott jól a kontrasztanyag kézi beadásából

származó gyenge képminőség miatt. Állandó beadási paraméterek biztosításával, motoros fecskendő használatával ez a hiányosság is kiküszöbölhető. Az egyetlen álpozitív esetben a CTA gyengébb térbeli felbontásából adódóan két kis ér közös eredésénél lévő tágulatot véltünk apró aneurysmának.

Első 64 betegünk 101 aneurysmájának vizsgálatával szerzett tapasztalataink alapján az MRA elfogadható módszernek tűnik a nem rupturált aneurysmák szűrésére, hiszen a 3-4 mm-nél nagyobb érszakokat biztonságosan kimutatja, az ennél kisebb aneurysmák pedig magunk és más szerzők tapasztalatai szerint is ritkán repednek meg (37-39). Az eljárás aneurysmák előfordulása tekintetében nagyobb kockázatú betegcsoportok vizsgálatára, illetve jódos kontrasztanyag érzékenység esetén ajánlható elsősorban. Az MRA-val együlésben elvégezhető hagyományos MR vizsgálat a thrombotizált aneurysma részletekről és a környező struktúrákról is információt nyújt, amely pl. óriásaneurysmák esetén nem elhanyagolható szempont.

A CTA egyaránt jó eredménnyel alkalmazható eljárás nem rupturált és vérzést okozó aneurysmák kimutatására is. Ha a vér denzitásánál (maximálisan 95 HU) magasabb küszöbértékeket használunk, a vér jelenléte az aneurysmák kimutathatóságát nem zavarja. Hátrány, hogy a csontközeli és kontrasztanyagok képletek aneurysmákat fedhetnek el a 3-D rekonstrukciós képeken. Ennek kiküszöbölésére - második betegcsoportunk MPR vizsgálatainak eredményei szerint - jó hatásfokkal alkalmazható a többsíkú 2-D rekonstrukció. A képeket megfelelően ablakolva az a ophtalmica aneurysmákat biztonságosan ábrázolhatjuk.

A sinus cavernosusban lévő aneurysmák subarachnoidealis vérzést - főleg, ha kicsik - nem okoznak. A nagyobb méretűek is inkább carotideo-cavernosus fistulát hoznak létre vagy kompressziós eredetű neurológiai tünetekhez vezetnek (27). A 3-D CTA-t kétdimenziós rekonstrukciókkal kiegészítve a veszélyes méretű intracavernosus aneurysmák elnézésére, tapasztalataink szerint, igen kevés esély marad.

Az intracranialis aneurysmák kb. 5%-a a Willis-körön kívül helyezkedik el, ezért maradhatott ki 2 aneurysma az általunk kezdetben alkalmazott 48 mm vastagságú vizsgálati volumenből (40). Ennek elkerülésére - harmadik betegcsoportunk vizsgálatakor - 72 mm-re szélesítettük a vizsgált tartományt, amit a sugárkollimáció értékének megtartása mellett a pitch faktor másfélszeresre növelésével értünk el. Három betegünknel, ahol az a.pericallosa eredése még így sem került volna a megnövelt 72 mm-es tartományba, a vizsgálati volument szükség szerint kipótoltuk. A második tartomány vizsgálatát közvetlenül az első után indítva további kontrasztanyagadásra nem volt szükség. A koponya fennmaradó területeinek szekvenciális vizsgálatát azért végeztük el, hogy esetleges további perifériás vérzésforrást kizárjunk. A kontrasztanyag-beadási paramétereket standardizáltuk és motoros fecskendőre tértünk át. Ezekkel a módosításokkal értük el azt, hogy 22 beteg 36 aneurysmáját a CTA a DSA-val azonos pontossággal mutatta. A CTA gyakorlatilag korlátlan térbeli forgathatóságával - gyengébb térbeli felbontása ellenére - kedvezőbb lehetőségeket nyújtott a DSA-nál az aneurysmák

helyzetének és alakjának megítélésére, valamint a környező erekhez való viszony tisztázására.

Az apró tölcsérszerű éreredések és a valódi saccularis aneurysmák elkülönítése DSA-val is gyakran gondot jelent. Utolsó betegcsoportunkban ezekre az elváltozásokra is figyelmet fordítottunk, 6 infundibuláris éreredést vizsgáltunk. A CTA rekonstrukciók közül ezekben az esetekben a MIP technika bizonyult hasznosnak, mivel denzitásküszöbtől függetlenül ábrázolja a legmagasabb denzitású pixeleket, így az infundibulumokból kiinduló arteriák is jól láthatóvá váltak.

A meszesedések és a kontrasztanyagot tartalmazó képletek szintén a MIP képeken különültek el leginkább egymástól. A MIP rekonstrukciós felvételeken - a módszer lényegéből adódóan - az egymás előtt-mögött elhelyezkedő részletek nem érzékelhetőek, ebből a szempontból a VRT, illetve az SSD több információt nyújtott. A VRT képek ugyan látványosabbak, de valójában nem mondanak többet a térbeli viszonyokról az SSD-nél, amely emellett jóval gyorsabban állítható elő.

Tapasztalataink szerint az általunk felállított új CT angiográfias protokoll **(IV. táblázat)** alkalmazásával a DSA vizsgálatával csaknem egyenértékű eredményekhez juthatunk. A CTA lelet alapján kiválasztható az a kisszámú beteg is, akinél invazív DSA vizsgálatra is szükség van. Ezek közé tartoznak azok a esetek, amikor SAV-t követően a CTA negatív - kivéve a benignus perimesencephalicus vérzéseket (29). DSA-ra lehet szükség akkor is, ha a primer axialis képeken más vérzésforrás, pl. érmalformatio lehetősége merül fel. Mérlegelendő a DSA vizsgálat elvégzése továbbá minden olyan helyzetben, amely

a sebész számára CTA-val megnyugtatóan nem tisztázható. Ezek alapján becsléseink szerint a katéteres angiográfiát igénylő esetek aránya 20% alá szorítható.

A CTA a beteg számára kevésbé megterhelő a katéteres angiográfiánál. Rövid, mindössze néhány 10 másodperces együttműködést igényel, ezért rossz állapotú betegnél is elvégezhető. SAV gyanújakor a diagnosztikus CT vizsgálattal egyidejűleg elkészíthető. Műtétet igénylő intracerebralis vérzés esetén gyors lehetőséget biztosít az esetlegesen külön ellátásra szoruló vérzésforrás kimutatására. Technikától függően sugárterhelés szempontjából is kedvezőbb lehet a DSA-nál (41). Ezek alapján a CTA-t javasoljuk intracranialis aneurysma gyanúja esetén - elsősorban SAV kialakulásakor - szűrővizsgálatnak, illetve preoperatív (vagy katéteres intervenciót megelőző) képalkotó eljárásnak.

#### IV. táblázat

##### **Intracranialis aneurysmák vizsgálatára ajánlott CTA protokoll**

- Vizsgálati régió* - az öreglaktól az elülső scala közepéig
- (+ kiegészítő szekvenciális szeletek a koponyatetőig)
- Kontrasztanyag* - 300 g/ml jódtartalmú, nem ionos
- 1,5-1,7 ml/testsúlykg
  - 2,5 ml/sec iv., motoros fecskendővel
- CT technika*
- üzemmód: spirál
  - késleltetés: 20 sec
  - szeletvastagság (sugárkollimáció): 1mm
  - pitch: 1,5 : 1
  - axialis rekonstrukciós intervallum: 0,5 mm
- Postprocessing*
- áttekintő SSD: 150-2000 HU küszöbértékekkel
  - MPR: az intracranialis ACI szakaszokról legalább 3 síkban
  - editálás: arteriás ROI-k kézi kijelölése
  - SSD : 100-150 HU alsó és 250-500 HU felső küszöbérték
  - informatív nézetek kiválasztása az SSD forgatásával
  - informatív nézetek MIP rekonstrukciója
  - (VRT - elhagyható)

## 5. MRA ÉS CTA VIZSGÁLATOK MOYAMOYA-BETEGSÉGBEN

### 5.1. Történeti adatok

A moyamoya-betegség különleges elnevezését jellegzetes angiográfiás megjelenési formájáról kapta. A finom felhőszerű kollaterális érhálózat, amely a bazális agyérkör steno-occlusiv alapelváltozásait kisebb-nagyobb mértékben mindenkor kíséri, megragadta a szerzők fantáziáját. Japán eredetű elnevezése, a moyamoya, a levegőben úszó dohányfüsthöz való hasonlatosságára utal, más legendai források szerint viszont a japánok szent hegye, a Fujijama felett gomolygó füstfelhőhöz kötődik. E ritka kórkép további japán nemzeti vonatkozását az adja, hogy előfordulása a távol-keleti országokban, főként Japánban gyakoribb, mint a világ más tájain. Első ismertetése is innen származik és Kudo nevéhez fűződik (42). A kórképről közlemény formájában Takeuchi és Nomura számolt be egymástól függetlenül 1961-ben (43, 44). Más országokból származó cikkekben 1965-ben bukkant fel először (45).

A moyamoya-betegség előfordulási aránya Magyarországon és Észak-Skandináviában magasabb, mint más európai országokban. Ez az érdekes megfigyelés Fodstad, Bodosi és munkatársaik szerint a finnugor népek közös távol-keleti eredetének egyik bizonyítéka lehet (46).



## 5.2. Primer és szekunder moyamoya-betegség

A primer moyamoya-betegség a Willis-kör krónikus, progresszív stenooclusiv folyamata, mely általában egyidejűleg több eret érint és rendszerint kétoldali. A kórkép elsősorban az elülső érterületeket, az ACI supraclinoidealis szakaszát, az ACM és az ACA proximalis részét támadja meg, de leírtak már hátsó érterületi érintettséget is (47). A következményesen kialakuló bazális kollaterálisok, a moyamoya-erek az elzáródott érszakaszok áthidalására hivatottak. Mellettük a Willis-kör épen maradt szakaszai, valamint leptomeningealis és transduralis anastomosisok ("rete mirabile") is részt vesznek a kiesett agyi keringés pótlásában.

A kórképet több mint 40 évvel ezelőtt angiográfias jegyei alapján írták le először, de ma is jórészt ez alapján diagnosztizáljuk. Etiológiája azóta sem tisztázott. Egyes szerzők az örökletes faktorok szerepét hangsúlyozzák, mások a szerzett tényezőket tartják fontosabbnak (48, 49). Viszonylag gyakori társulása egyéb érfejlődési rendellenességekkel mindenesetre prenatalis eredetét támogatja (50). A betegség gyermekkori manifesztációja Távol-Keleten gyakoribb, míg a világ más részein, így Magyarországon is inkább a harmadik-negyedik évtizedben megjelenő felnőttkori formával találkozunk.

Ismert okból - pl. bazális meningitis, tumor, arteriosclerosis, besugárzás, sebészi beavatkozás, stb. következtében - kialakuló distalis ACI elzáródás után a bazális moyamoya érhálózat aspecifikusan is kifejlődhet, ezért ezt az állapotot szekunder moyamoya-betegségnek vagy moyamoya-syndromának nevezik (51).

A moyamoya-betegség klinikailag stroke formájában jelentkezik. Gyakrabban ismétlődő ischaemiás történéseket, ritkábban - főként a felnőttkori formában - subarachnoidealis vagy intracerebralis vérzést okoz (50).

Oki kezelésre a betegség jellegéből adódóan nincs mód. Tüneti terápiaként manapság világszerte jó eredménnyel alkalmazzák a különböző típusú, sebészileg létrehozott extra-intracranialis anastomosisokat. A felnőttkori kórformánál az arteria temporalis superficialis és valamelyik alkalmas arteria cerebri media ág összekötése a legelterjedtebb (52). Az ilyen művi anastomosisok elkészítésének célja az, hogy a mesterséges érösszeköttetések a steno-occlusiv alapfolyamat előrehaladásával párhuzamosan egyre inkább kitágulva pótolják a keringésből kiesett vérvolument.

### **5.3. Betegek és módszerek**

#### *5.3.1. Moyamoya-betegek MRA és CTA vizsgálata*

21 DSA-val igazolt primer vagy szekunder moyamoya-betegségben szenvedő beteget (6 férfi, 15 nő, életkor: 7-61 év, átlag: 34 év) vizsgáltunk MRA-val és CTA-val a steno-occlusiv elváltozások kimutatása céljából. 18 esetben tartottuk a betegséget primernek, 3 betegben pedig másodlagosnak. Utóbbiak közül egy betegben hypophysistumor miatti besugárzás lehetett a kóroki tényező, a másik két esetben immunvasculitis igazolódott.

Minden esetben készült 3-D TOF MRA. Összesen 19 natív, 7 kontrasztanyag vizsgálat történt. 14 betegben csak a natív, 2 esetben csak a kontrasztanyag MRA-t készítettük el, 5 betegben mindkettőt elvégeztük. A vizsgálatokhoz Elscint Gyrex Vdlx (Elscint) 0,5 T berendezést használtunk. Az adatgyűjtés 3-D TOF + MTC + TONE, a rekonstrukció MIP programmal készült. A vizsgálatok során 57 msec repetíciós időt, 9 msec echoidót, 21 fokos kitérítési szöget, 20-26x26 cm látómezőt, 192-256x256 aquisitíós matrixot és 1 excitációt alkalmaztunk. A kontrasztanyag vizsgálatokhoz 0,1 ml/testsúlykg Magnevistet (Schering) adtunk intravenásan.

CTA 8 betegben történt. A vizsgálatokat Somatom Plus 4 (Siemens) készülékkel végeztük, a 3-D rekonstrukciók Magic View (Siemens) munkaállomáson készültek. A betegeknek 1,5-1,7 ml Ultravist 300 (Schering) kontrasztanyagot adtunk intravenásan, 2,5 ml/sec sebességgel, motoros fecskendővel. Az adatgyűjtést 20 másodperc késleltetéssel, spirál üzemmódban, 120 kV-tal, 130 mA-rel, 1 mm sugárkollimációval, 1-1,5 pitch-csel végeztük. A nyert adatokból elsődlegesen axialis síkú rekonstruált képek készültek 0,5 mm intervallummal. Ezt követően SSD, VRT és MIP rekonstrukciókat állítottunk elő.

A DSA vizsgálatokat Polytron 1000 VR (Siemens) készülékkel végeztük. Az a. carotis internákat és externákat, valamint az a. vertebralisokat szuperszelektív töltéssel legalább két irányból vizsgáltuk. 300 mg/ml jódtartalmú kontrasztanyagból 3-5 ml-t adtunk kézi vagy motoros fecskendővel az egyes erekbe.

Az alapként tekintett DSA leleteket összevetettük az MRA és a CTA vizsgálatok eredményeivel. Mivel hátsó érterületi érintettség nem fordult elő, ezért az értékelésnél csak az ACI-k terminalis szakaszának, valamint az ACM-k és az ACA-ok kezdeti szakaszának elváltozásait analizáltuk.

### *5.3.2. ATS-ACM anastomosisok MRA és CTA vizsgálata*

10 betegben (3 férfi, 7 nő, életkor: 18-61 év, átlag: 41 év) készített, összesen 12 extra-intracranialis ATS-ACM anastomosisot vizsgáltunk az átjárhatóság megítélésére. 10 anastomosisról készült natív, 7-ről kontrasztanyagossal MRA, 6 esetben mindkét vizsgálatot elvégeztük. A vizsgálati technika az előző csoportéhoz képest csupán a vizsgálati volumen helyzetében tért el, melyet kissé magasabbra kellett helyezni, hogy a műtéti területet teljes egészében magába foglalja.

9 anastomosisról készítettünk CTA-t. A vizsgálati terület kijelölésénél itt is figyelembe vettük az anastomosis várható helyét, egyebekben az előző betegcsoportban alkalmazott paramétereket használtuk.

DSA vizsgálatot az első két esettől eltekintve csak akkor végeztünk, ha az anastomosis elzáródásáról kellett bizonyosságot szerezni, azaz 1 betegnél.

## **5.4. Eredmények**

### *5.4.1. A moyamoya-betegek MRA és CTA vizsgálatának eredményei*

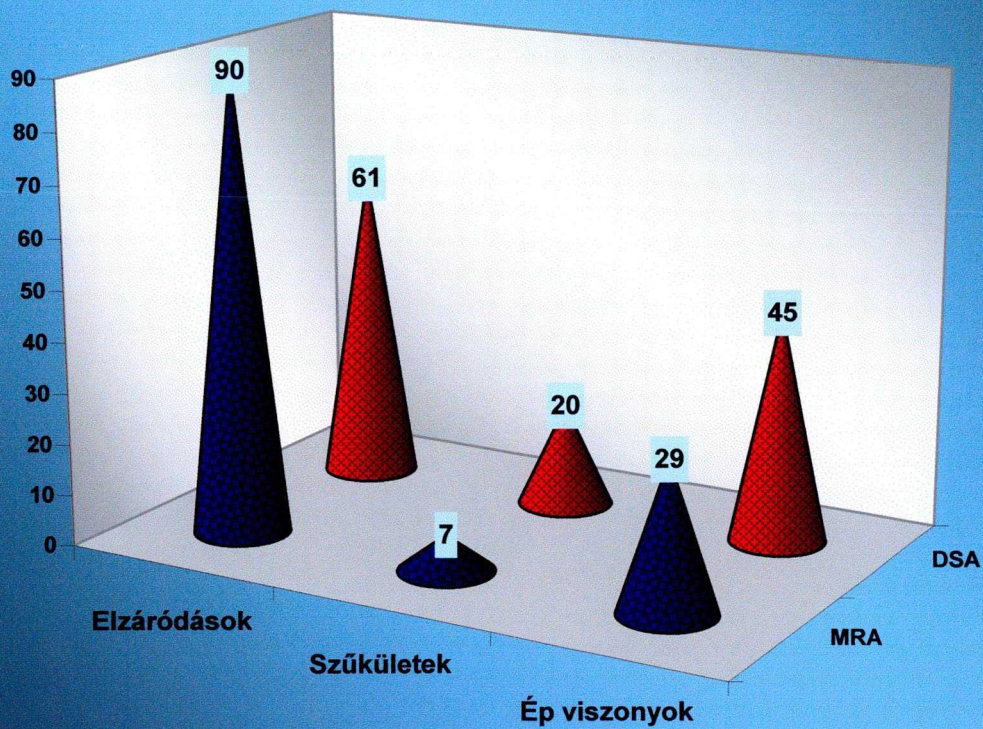
MRA-val 21 betegben összesen 126 érterületet vizsgáltunk (42 terminalis ACI, 42 ACM és 42 ACA főtörzs). A DSA 61 elzáródást, 20 szűkületet és 45 normális tágasságú szakaszt mutatott. 3-D TOF MRA-val 90 occlusiót, 7 stenosiszt és 29 ép területet találtunk (**9. ábra**). Az MRA 32-szer (25%) mutatta a valóságosnál súlyosabbnak a szűkület mértékét: normális érszakaszt elzáródásnak ábrázolt 15 esetben, stenosiszt occlusiónak tüntetett fel 16 alkalommal és ép szakaszt stenoticusnak mutatott 1 érterületen. MRA-val kétszer alulbecsültük az elváltozás mértékét, occlusiót stenosisznak ítéltünk. A natív és kontrasztanyagost MRA-k lelete között a steno-occlusiv elváltozások tekintetében különbséget nem találtunk.

CTA-val 48 érterületet ábrázoltunk. DSA-val ezeken a szakaszokon 23 occlusio, 10 stenosis és 15 ép terület volt. A CTA viszont 19 elzáródást, 11 szűkületet és 18 normális szakaszt mutatott (**10. ábra**). A CTA alapján 4 érterületet ítéltünk meg tévesen, mindegyiknél alábecsültük az elváltozás mértékét. Az SSD, a VRT és a MIP rekonstrukciós technikák közül a MIP alkalmazásával volt legegyszerűbb elkülöníteni a súlyos szűkületet az elzáródástól, a másik két módszerrel esetenként több küszöbérték kipróbálására is szükség volt. Kedvezőnek bizonyult a MIP a meszes és a kontrasztanyagtartalmú struktúrák differenciálásában is.

Meg kell jegyezni, hogy mind az MRA-val, mind a CTA-val történt alulbecslések ahhoz a beteghez kapcsolódtak, akinek bazális moyamoya-erei extrém fokban kitágultak, kanyargóssá váltak. Ez a moyamoyában rendkívül

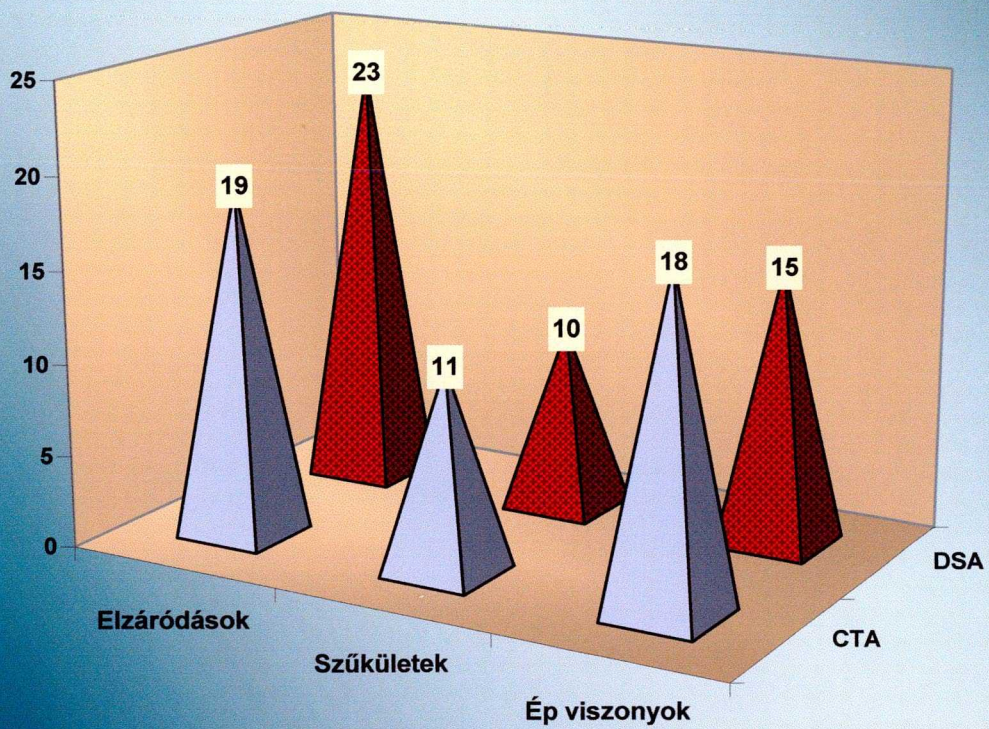
9. ábra

**A DSA és az MRA eredményei a steno-occlusiv elváltozások kimutatásában (n=126)**



10. ábra

**A DSA és a CTA eredményei a steno-occlusiv elváltozások kimutatásában (n=48)**



szokatlan angiomaszerű kép részben elfedte az elzáródásokat, a pontos tisztázáshoz DSA-ra volt szükség.

A moyamoya-betegség diagnózisának felállítását - az utóbbi beteg kivételével - az MRA és a CTA minden esetben biztosította **(11. ábra)**.

Két betegben mellékleletként 4 aneurysmát (2 ACoP, 2 ACP) találtunk, ezeket az MRA és a CTA egyaránt kimutatta.

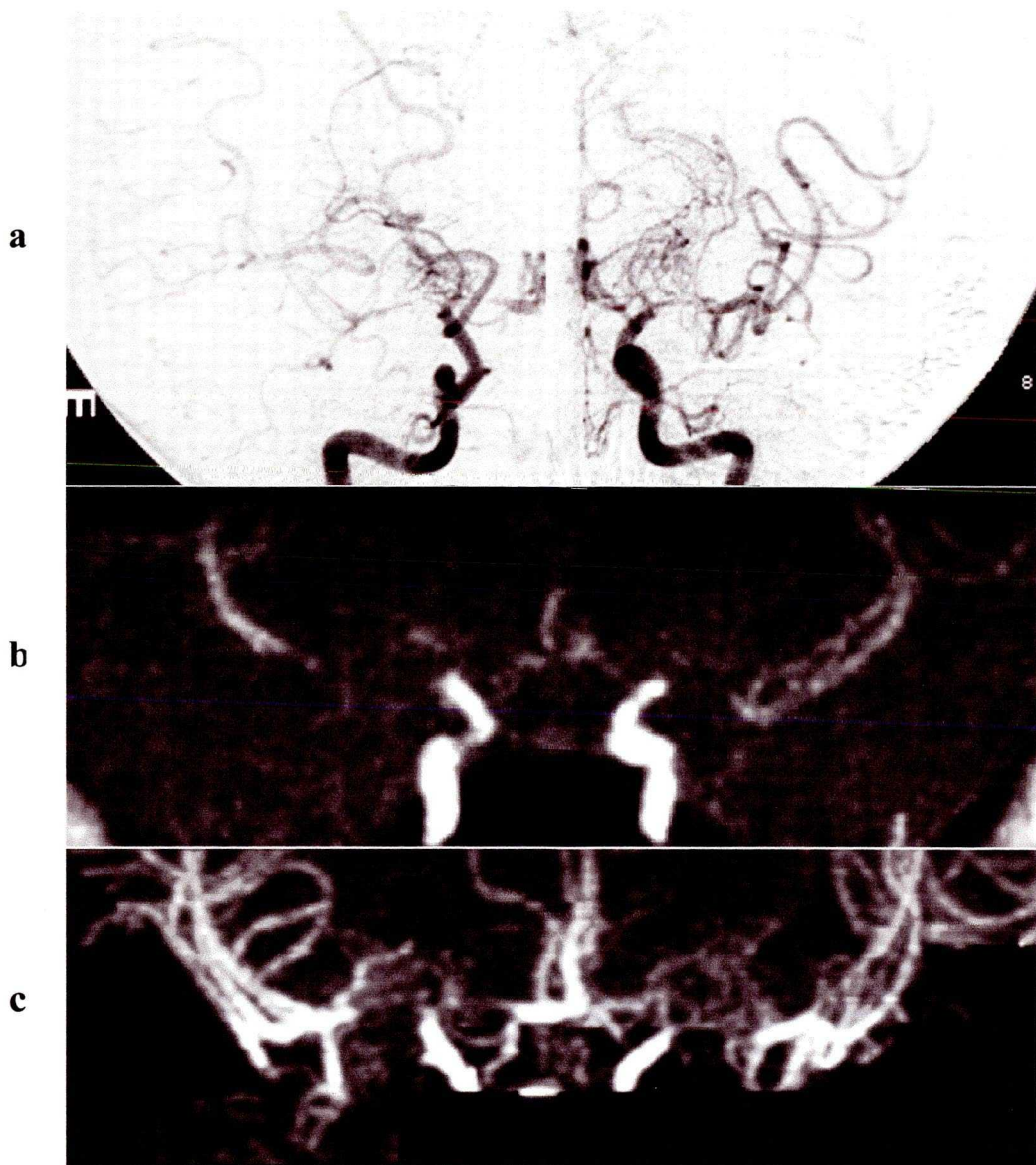
#### *5.4.2. Az anastomosisok MRA és CTA vizsgálatának eredményei*

10 betegben összesen 12 ATS-ACM extra-intracranialis anastomosis átjárhatóságát vizsgáltuk, melyek közül 7 jobb oldali, 5 bal oldali volt **(V. táblázat)**.

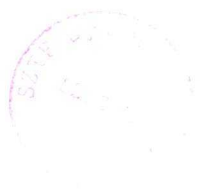
11 összeköttetésről készült 3-D TOF MRA, mely az extracranialis szakaszt 10 esetben, az intracranialist 8 esetben ábrázolta. Egy esetben (4. beteg, bal oldal) sem az extra-, sem az intracranialis szakasz nem volt kimutatható, ezért elzáródást feltételeztünk. További két összeköttetésnél (7. beteg) csak az extracranialis szakasz látszott, a koponyán belüli rész nem ábrázolódott. A natív és a kontrasztanyag vizsgálatok eredményei megegyeztek.

9 CTA-val vizsgált anastomosis közül egynél (4. beteg, bal oldal) sem az extra-, sem az intracranialis szakasz nem telődött kontrasztanyaggal, a többinél mindkét szakasz ábrázolódott. A művi érösszeköttetések intracranialis része a CT angiogramokon általában jobban kirajzolódott, mint az MR angiogramokon **(12. ábra)**.





**11. ábra** Moyamoya-betegség: két oldali súlyos ACI, ACM és ACA stenosis DSA (a), MRA (b) és CTA MIP (c) képeken. Az MRA a stenosis occlusiónak mutatja. A CTA hűen tükrözi a valós viszonyokat.



## V. táblázat

## Az extra-intracranialis anastomosisok vizsgálata

Sorszám	Monogram	Nem	Kor (év)	Anastomosis	n MRA	k MRA	CTA	DSA
1.	K.L.	nő	36	j.ATS-ACM	+/+	∅	∅	+/+
2.	Sz.B.	nő	61	j.ATS-ACM	∅	+/+	∅	+/+
3.	N.E.	nő	39	b.ATS-ACM	+/+	+/+	+/+	∅
4.	K.L.	nő	41	j.ATS-ACM	+/+	+/+	+/+	+/+
				b.ATS-ACM	-/-	-/-	-/-	-/-
5.	D.M.	ffi	18	b.ATS-ACM	+/+	+/+	+/+	∅
6.	K.B.	ffi	55	j.ATS-ACM	+/+	∅	+/+	∅
7.	H.Z.	ffi	30	j.ATS-ACM	+/-	+/-	+/+	∅
				b.ATS-ACM	+/-	+/-	+/+	∅
8.	Cs.F.	nő	47	b.ATS-ACM	+/+	∅	∅	∅
9.	M.N.	nő	43	j.ATS-ACM	∅	∅	+/+	∅
10.	S.J.	nő	45	j.ATS-ACM	+/+	∅	+/+	∅

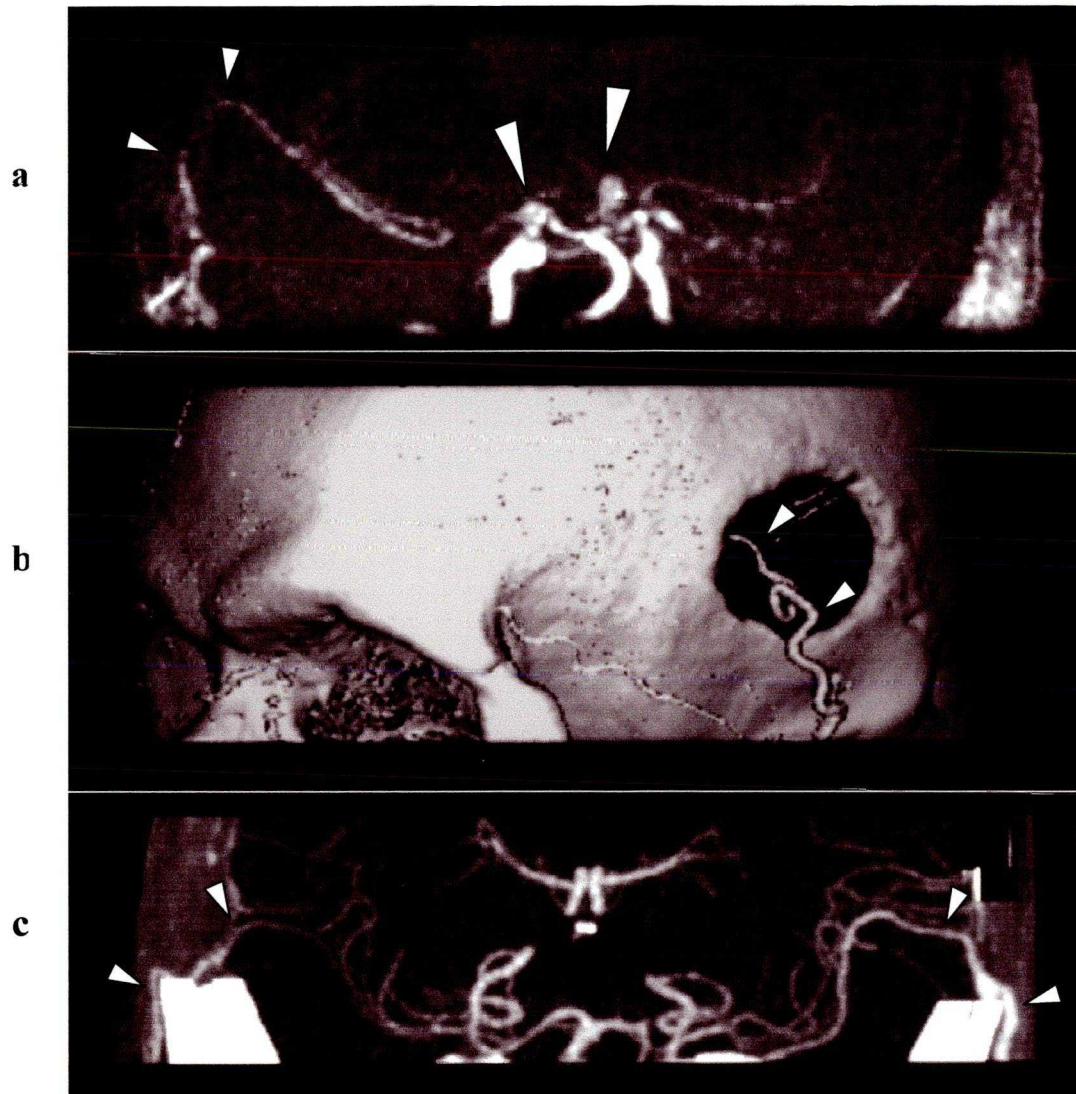
Rövidítések és jelmagyarázat:

ATS-ACM = arteria temporalis superficialis - arteria cerebri media, b. = bal,

ffi = férfi, j. = jobb, n = natív, k = kontrasztanyagossal, +/+ = extra-/intracranialis

szakasz ábrázolódott, +/- = csak az extracranialis szakasz ábrázolódott,

-/- = egyik szakasz sem látszott, ∅ = nem történt vizsgálat



**12. ábra** ATS-ACM anastomosisok. Az MRA (a) jobb oldalon átjárható érösszekötötést mutat (kis nyilak). Melléklelet: 2 aneurysma (nagy nyilak) (10. beteg). A CTA SSD (b) bal oldali, a MIP (c) két oldali nyitott anastomosisist ábrázol (nyilak) (7. beteg).

A 4. beteg bal oldali anastomosisának elzáródását DSA vizsgálat is megerősítette. A 7. beteg mindkét oldali érösszeköttetésének átjárhatóságát viszont a CTA meggyőzően mutatta, ezért DSA vizsgálatot nem végeztünk.

## 5.5. Megbeszélés

Moyamoya-betegségben - a kórkép lényegéből adódóan - az agyi keringés jelentősen károsodik, emiatt a további kockázatot jelentő katéteres angiográfia kerülendő. A többnyire fiatal korban kezdődő kórfolyamat a beteg élete folyamán többszöri agyi érvizsgálatot tesz szükségessé (szűrés, preoperatív átvizsgálás, progresszió megítélése, műtéti kezelés ellenőrzése), így a noninvazív módszerek jelentősége még nagyobb hangsúlyt kap.

Houkin és munkatársai 23 gyermek és 16 felnőtt moyamoya-beteget vizsgáltak 3-D TOF MRA-val és DSA-val az MRA pontosságának megítélésére. 83%-ban jó korrelációt találtak a két módszer eredményei között, 17%-ban azonban az MRA túlbecsülte a stenosis mértékét (53). Magunk 25%-ban figyeltük meg az MRA hasonló hibáját. Ennek magyarázatát abban látjuk, hogy az áramlási viszonyok a szűkületek, az elzáródások és a kollateráliskeringés befolyása miatt a carotis villák területén erősen torzulnak. Az áramlás sebességének és irányának szabálytalanná válása - a 3-D TOF MRA fizikai törvényszerűségei miatt - az MR jel csökkenését okozza, mely alapján tévesen szűkületre vagy elzáródásra következtethetünk. A steno-occlusiv elváltozások mértékének viszonylag nagy

arányú (25%) túlbecslése ellenére az is igaz viszont, hogy a végső diagnózis tekintetében álpozitív MRA eredményt nem találtunk, ezért úgy véljük, hogy moyamoya- betegség gyanújakor a módszer szűrővizsgálatként jó hatásokkal alkalmazható. Fiatalkori ischaemiás stroke esetén hagyományos MR vizsgálattal kiegészítve első képkötő vizsgálatként javasolható (54).

A moyamoya-betegség CT angiográfias diagnosztikájával kapcsolatban az irodalomban eddig adatot nem találtunk. Eredményeink az mutatják, hogy a CTA - egyetlen extrém esettől eltekintve - pontosan ábrázolta a Willis-kör steno-occlusiv folyamatait. A 3-D TOF MRA-tól eltérően CTA-val a szűkületek mértékének túlbecslése elkerülhető. Alkalmazását főként azokban az esetekben javasolhatjuk, amikor az MRA nem végezhető el (claustrophobia, pacemaker, fém klipp az agyi erekben, stb.). Ezt az eljárást ajánljuk továbbá, ha a klinikai kép subarachnoidealis vagy intracerebralis vérzére utal, ezért a CT vizsgálat az első választandó képkötő eljárás, mellyel egyidőben a CTA is egyszerűen, gyorsan, a beteg mozgatása nélkül elkészülhet.

A moyamoya-betegséghez nem ritkán társuló aneurysmák és egyéb érfejlődési rendellenességek kimutatásában mind az MRA, mind a CTA hasznos lehet.

A moyamoya-betegségben szenvedők postoperatív vizsgálata a betegek klinikai állapotától függően időnként szükségessé válhat. Kikuchi és munkatársai mind az MRA-t, mind a CTA-t kipróbálták EDAS (encephalo-duro-arterio-synangiosis) ábrázolására, és vizsgálataik alapján a CTA-nak nagyobb jövőt

jósolnak (55). ATS-ACM anastomosisok MRA és CTA vizsgálatáról irodalmi adatok, ismereteink szerint, még nem állnak rendelkezésre. Az általunk alkalmazott MRA programmal az átjárható művi érösszeköttetések, legalább extracranialisan ábrázolódtak. Két alkalommal az intracranialis szakaszt egyáltalán nem tudtuk értékelni, annak ellenére, hogy CTA-val az átjárhatóság egyértelműen bizonyítható volt. A CTA képminőség és diagnosztikus érték vonatkozásában felülmúlta az MRA-t, ezért ha MRA-val az anastomosis átjárhatósága kérdéses marad, vizsgálataink alapján a CTA-t javasoljuk a következő képalkotó eljárásnak.

## 6. NEUROVASCULARIS KOMPRESSZIÓ KIMUTATÁSA 0,5 T MR BERENDEZÉSSSEL VÉGZETT 3-D TOF MRA-VAL TRIGEMINUS-NEURALGIÁBAN

### 6.1. Történeti adatok

A vascularis kompresszió kóroki szerepét az ún. spontán vagy esszenciális trigeminusneuralgiában (TN) először Dandy vetette fel 1932-ben (56). Az elmúlt több mint 60 év alatt összegyűlt számos adat is támogatja a teóriát, így az egyre inkább elfogadottá válik. Ez az alapja a gyógykezelésben eredményesen alkalmazott műtéti megoldásnak, a microvascularis dekompresszióknak (MVD) is, mely Janetta munkássága nyomán terjedt el (57).

A neurovascularis kompresszió képalkotó eljárásokkal történő direkt kimutatására a mágneses rezonanciás angiográfia bevezetése előtt csupán szerény lehetőségek álltak rendelkezésre. De Lange 1986-ban leírta ugyan a nervus trigeminus (n.V.) érkompressziójának hagyományos angiográfias jegeit, de a módszer nem alkalmas az erek és az ideg egyidejű ábrázolására (58). Bár a CT és az MR vizsgálat elterjedése már nagy előrelépést jelentett - utóbbiról először Wong és munkatársai 1989-es tanulmányában olvashattunk -, a valódi lehetőséget a n.V. és a körülötte levő erek pontos térbeli viszonyainak feltérképezésére a mágneses rezonanciás angiográfia nyitotta meg (59). Az elsők között Sens és mtsai

1991-ben, majd Meany és munkacsoportja 1994-ben közölte a 3-D gradiens echo szekvencián alapuló MRA alkalmazását trigeminusneuralgiás betegekben (60, 61).

Magunk 1994 ősze óta végzünk 0,5 T MR berendezéssel 3-D TOF MRA-t trigeminusneuralgiában. Első tapasztalatainkról 1997-ben számoltunk be (62).

## **6.2. A trigeminusneuralgia tünettana, anatómiai és patofiziológiai háttere**

Az idiopathiás vagy esszenciális trigeminusneuralgia típusosan villámcsapásszerű hirtelenséggel kialakuló heves arcfájdalom, amelyet valamilyen külső inger, pl. érintés, rágás, beszéd, huzat stb. vált ki. A fájdalom rohamokban jelentkezik, általában néhány másodpercig tart és kisebb-nagyobb gyakorisággal ismétlődik. Rendszerint féloldali, de egyidejűleg a n. trigeminus több ágának beidegzési területén is jelentkezhet. Az ettől eltérő, pl. tartós, tompa fájdalommal járó, illetve neurológiai tünetekkel társuló TN-t atípusos vagy tüneti formának tartják.

A n. trigeminus a híd és a Meckel-tasak között a prepontin cisternában fut. Környezetében számos arteriás és vénás képlet található. Az ideg két törzsből áll, az alsó vaskosabb érző rész a híd középső laterális részén lép be az agytörzsbe, a kisebb mozgató rész cranialisan ugyanitt ered. A két idegköteg a cisternában szorosan együttthalad. Általánosan elfogadott nézet szerint az érző rész belépési zónájának kompressziója TN-t okozhat. Érederetű TN-t kiváltó kritikus anatómiai



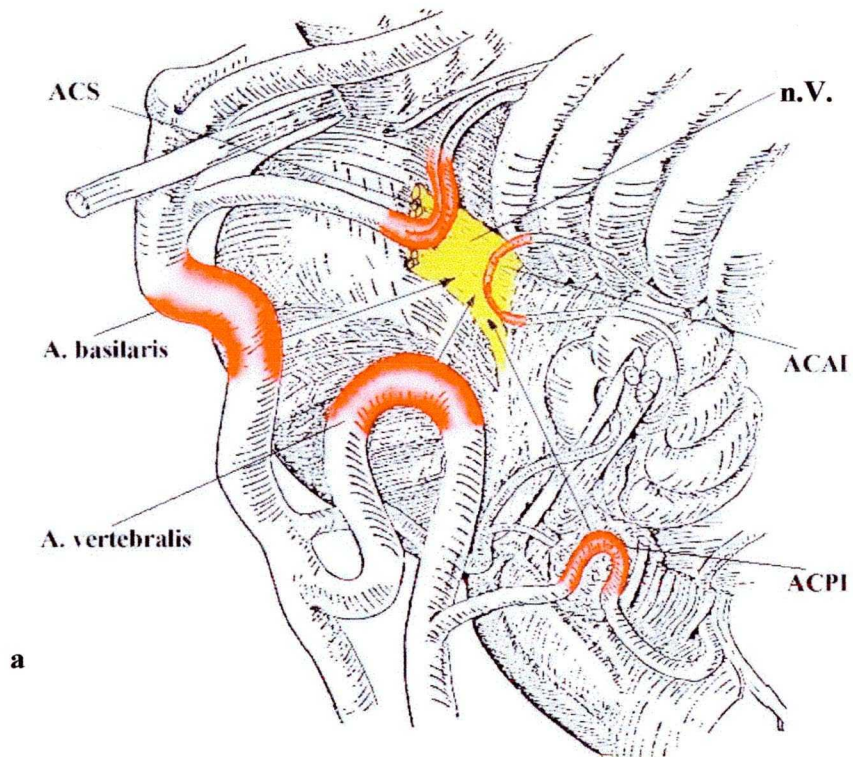
szituáció általában idősebb korban alakul ki, amikor a degeneratív érfali folyamatok előrehaladtával az arteriák tágabbá, kanyargóssá válnak, így elérve az ideget, mechanikusan irritálják azt. Venás kompresszió létrejöttét a hátsó scalai venás rendszer közismerten nagy variációs hajlama magyarázhatja. Nyomhatják az ideget különböző érmalformációk és aneurysmák is. Ritkán a venás fejlődési anomáliák (venás angiomák) vaskos elvezető véredényei tehetők felelőssé a n.V. bántalmáért (13. ábra).

### **6.3. Betegek**

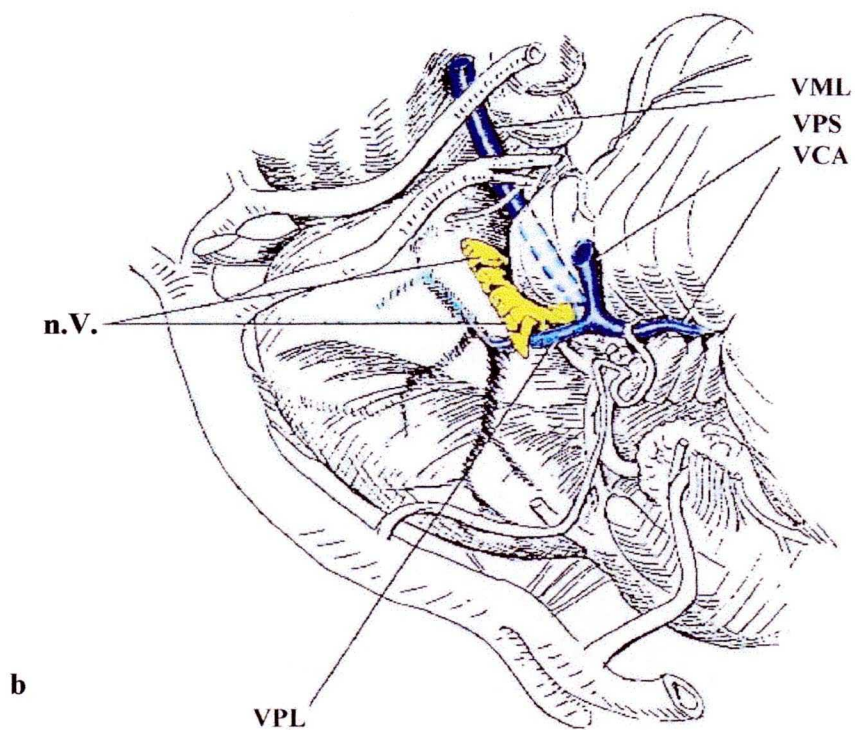
181 trigeminusneuralgiás beteg (73 férfi, 108 nő) 3-D TOF MRA vizsgálatát végeztük el. Az átlag életkor 57,2 év, a legfiatalabb beteg 19 éves, a legöregebb 86 éves volt. Az arcfájdalom 102 esetben jobb, 74 alkalommal bal oldalon jelentkezett, 5 betegben kétoldali volt. 28 esetben volt előttünk ismeretes a trigeminusneuralgia atípusos jellege. A 181 betegben összesen 184 3-D TOF MRA vizsgálatot végeztünk. 43 betegben történt hátsó scalai feltárás a TN műtéti kezelése céljából.

### **6.4. Vizsgálati módszer**

A 3-D TOF MRA vizsgálatok 0,5 T ELSCINT GYREX V Dlx mágneses rezonanciás berendezésen készültek. Parasagittalis tájékozódó felvételen a



**13.ábra** A trigeminusneuralgia kialakulásának mechanizmusa. Az arteriás kompresszió létrejöttének lehetőségei (a). A venás kompresszió anatómiai háttere (b). (Rövidítések: A.: arteria, ACAI: a. cerebelli anterior inferior, ACPI: a. cerebelli posterior inferior, ACS: a. cerebelli superior, n.V.: nervus trigeminus, VCA: vena cerebelli anterior, VML: vena mesencephalica lateralis, VPL: vena pontis lateralis, VPS: vena petrosa superior).



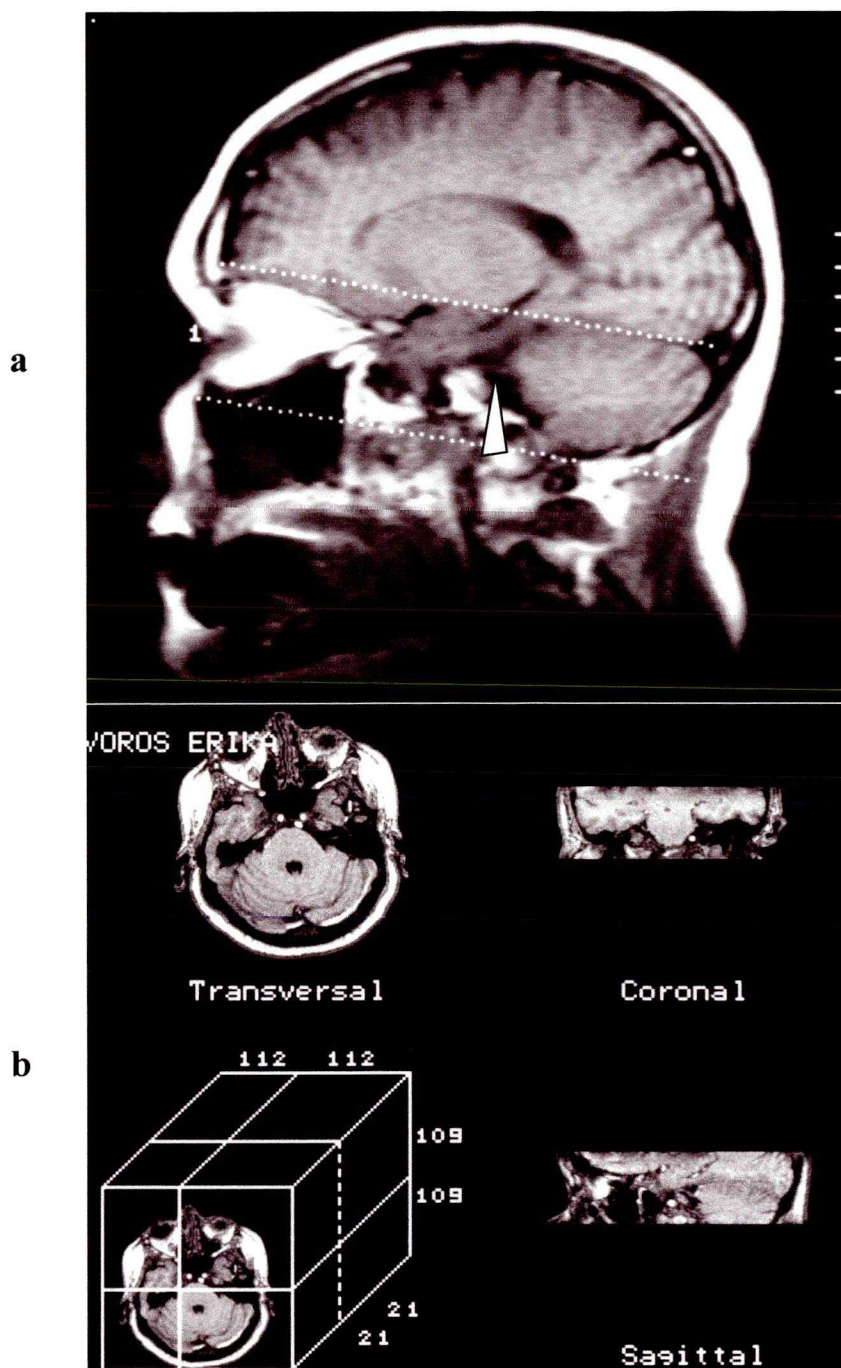
fájdalmas oldali n.V. cisternalis szakaszának lefutásával párhuzamosan 30-50 mm vastagságú mérési volument jelöltünk ki úgy, hogy a n.trigeminus a középső szeletekbe kerüljön.

A kijelölt zónában gradients echo szekvenciát készítettünk 33-38 msec repetíciós idővel, 9 msec echoidővel és 25 fok dőlésszöggel. A szeletvastagság 1-1,5 mm, a látómező 20-26x26 cm, az aqisitiós matrix 192-256x256, az excitációk száma 2 volt **(14. ábra, a)**.

A vénák kedvezőbb ábrázolóda érdekében a vizsgálatot - a kezdeti 6 esettől eltekintve - kontrasztanyag (Magnevist, Schering, 0,1mmol/testsúlykg, iv.) adása után megismételtük. 3 betegnél csak kontrasztanyagot vizsgálatot végeztünk.

Rekonstrukciós képeket maximum intensity projection algoritmussal, a szoftver nyújtotta lehetőségnek megfelelően 3 standard síkban (axialis, coronalis és sagittalis) készítettünk mindkét n.trigeminus belépési zónájáról **(14. ábra, b)**. Az egy pixel vastagságú, ún. vékony rétegű rekonstrukciós felvételek az idegek és az erek közti finomabb anatómiai viszonyok megítélését célozták. A vastagabb (egynél több pixel vastagságú) másodlagos képeket az éranatómia áttekintésére használtuk.

A vizsgálati idő (natív és kontrasztanyagot együttesen) kb. 16-20 perc volt. A rekonstrukció további 5-10 percet vett igénybe.



**14. ábra** A vizsgálati volumen kijelölése parasagittalis tájékozódó felvételen (a) a n. trigeminussal (nyíl) párhuzamosan (szaggatott vonalak). Három standard rekonstrukciós sík (b): axialis, coronalis és sagittalis.

## 6.5. Értékelés

Első lépésként az elkészített vizsgálatok diagnosztikus minőségét ítéltük meg.

Vascularis kompressziót akkor feltételeztünk, ha a primer axialis gradiens echo képeket és a rekonstrukciós felvételeket együttesen értékelve az érintett nervus trigeminus belépési zónájában valamely érkeplet és az ideg között szoros kontaktust találtunk. Kompresszióra utaló direkt jelnek az ér okozta benyomatot vagy dislocatiót tartottuk.

A neurovascularis kompresszió tekintetében pozitív illetve negatív eredményű vizsgálatok arányát oldalanként és együttesen, a symptomás és a tünetmentes n. trigeminusokra vonatkozóan is analizáltuk. Ugyancsak lebontottuk az eredményeket típusos és atípusos arcfájdalmak tekintetében. Megvizsgáltuk, hogy a neurovascularis kompresszióban mely erek és milyen arányban vettek részt.

Statisztikailag értékeltük a 3-D TOF MRA eredményeit. Az MRA leleteket a műtéti eredményekkel összevetve neurovascularis kompresszióra vonatkozóan kiszámítottuk a vizsgálmódszer specificitását, szenzitivitását, pontosságát, pozitív prediktív és negatív prediktív értékét. Statisztikailag vizsgáltuk, hogy az MRA alapján feltételezett és a műtétnél észlelt n.V. kompressziók száma hogyan viszonyult egymáshoz.

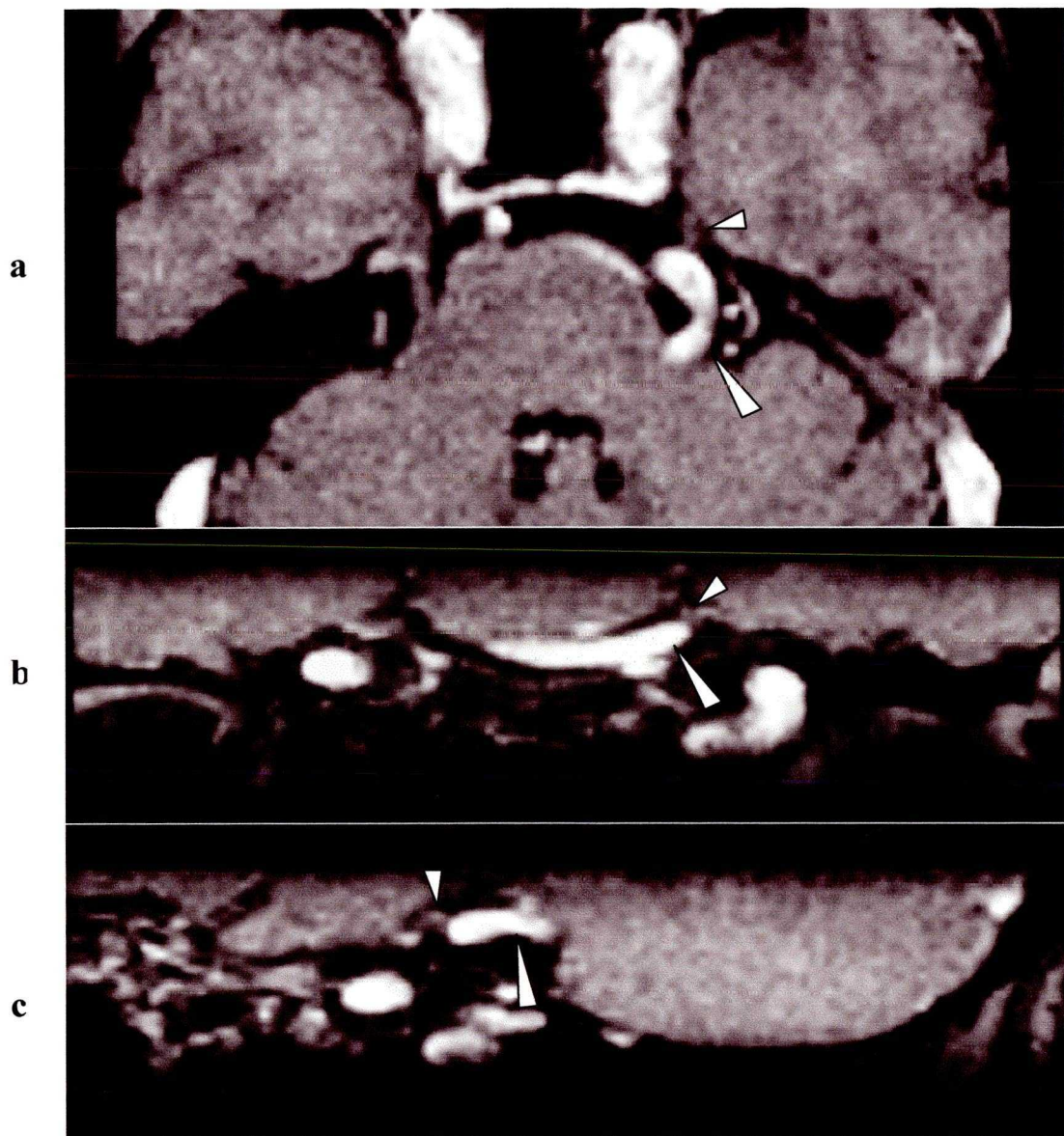
## 6.6. Eredmények

181 trigeminus neuralgiás betegben összesen 184 3-D TOF MRA-t végeztünk. 4 vizsgálat (2,2%) mozgási műtermékek miatt értékelhetetlen volt. Az MRA alapján 10 esetben (5,4%) nem tudtunk egyértelműen állást foglalni neurovascularis kompresszió tekintetében, mivel az anatómiai szituáció határesetet képviselt.

A 186 symptomás n.V. közül összesen 100 esetben (53,8 %) találtunk szoros kontaktust az ideg belépési zónája és valamely érkeplet között. Ezek közül 9 esetben kompresszióra utaló direkt jelet is észleltünk, melyet minden alkalommal egy nagyobb ér - a vertebralis vagy a basilaris - okozott (**15. ábra**). A pozitív esetek oldal szerinti megoszlása lényegesen nem különbözött, jobb oldalon 60/102 (58,8%), bal oldalon 40/74 (54%) volt. Az 5 két oldali TN háttérében 1 két oldali és 1 jobb oldali kontaktust mutattunk ki, ami oldalanként tekintve a pozitív eseteket, 3/10 (30%) arányt jelent.

A 28 biztosan atípusos TN betegben vascularis kompresszió lehetősége mindössze 4 esetben (14,3 %) merült fel, ebből csupán 1 volt arteriás, 3 pedig venás eredetű. Utóbbiak közül egy esetben venás angioma elvezető véredénye gyakorolt nyomást a n. trigeminusra.

A vascularis kompressziók arányát az atípusos TN esetek kizárásával újra számítva, a pozitív esetek rátája 96/158-nak adódott, tehát 53,8%-ról 60,8%-ra növekedett.



**15. ábra** A. basilaris okozta n. trigeminus kompresszió. Axialis (a), coronalis (b) és sagittalis (c) MIP kép. A vastos érkanyarulat (nagy nyíl) dislocalja az ideget (kis nyíl).

Az asymptomás oldalon összesen 14 esetben (8%) találtunk szoros kontaktust a n.V. belépési zónája és valamely érképlet között, ebből 3 jobb, 11 bal oldalon fordult elő.

78 esetben identifikáltuk a kompressziót okozó eret, ezek megoszlását az **VI. táblázat** mutatja.

#### **VI. táblázat**

##### **A kompressziót okozó erek megoszlása (n=78)**

ACS	52
ACAI	2
AB	4
AV	2
ACS + ACAI	3
ACAI + AB	1
ACS + vena	6
ACAI + vena	2
ACS + AB + vena	1
ACAI + AB + vena	1
Vena	4

A nyomást leggyakrabban okozó arteria az a.cerebelli superior volt, mely 62 esetben (79,5%) szerepelt, ezt követte az a. cerebelli anterior inferior 9 (11,5%), az arteria basilaris 7 (9%) és az arteria vertebralis 2 (2,6%) alkalommal.



A kompressziót 63 esetben ( 80,8%) egy ér, 12 alkalommal (15,4%) két ér és 2 esetben (2,6%) három ér okozta. Csak arteria 64 (82,5%), csak vena 4 (5,1%), arteria és vena együttesen 10 esetben (12,8%) volt felelőssé tehető a TN-ért.

A vizsgált betegek közül 43-ban ( 20 férfi, 23 nő, életkor: 33-85, átlag: 61,2 év) került sor a trigeminusneuralgia sebészi megoldása céljából hátsó scalai feltárássra. 42 esetbenben volt módunk a 3-D TOF MRA leletét a műtéti feltárás eredményével összevetni. Egy beteg előzőleg végzett MRA-ja mozgási artefaktumok miatt értékelhetetlen volt.

Az MRA 39 esetben igazolt neurovascularis kompressziót, 3 betegben pedig negatív volt. Az MRA alapján arteriás kompressziót 37, venás eredetűt 7 esetben véleményeztünk. 32 betegben csak arteriás, 2 betegben csak venás, 5 esetben együttes arteriás és venás nyomást találtunk. 1 betegben, mivel csupán kontrasztanyag vizsgálat történt, nem volt mód arteria és vena elkülönítésére.

A műtét indikációja abban a korszakú betegcsoportban (3 beteg), akikben neurovascularis kompresszió nem volt kimutatható, 1 esetben rhysotomia Dandy szerinti elvégzése, 2 betegben pedig az egyidejűleg fennálló n. facialis kompresszió MVD-ja volt. A 39 MRA-val pozitív esetben a n. trigeminus MVD-ját tervezték.

Abban a csoportban, amelyben az MRA neurovascularis kompressziót nem mutatott, a műtét során az egyik betegben a n.V-ra nyomást gyakorló venát találtak. Az MRA felvételeket újraértékelve, előző véleményünket magunk is revideáltuk. A 39 pozitív MRA-val rendelkező betegben 2 arteriás neurovascularis kontaktusról vélték úgy a műtéti lelet alapján, hogy kompresszió nem áll fenn.

Ennek ellenére a lege artis elvégzett MVD után mindkét beteg megszabadult arcfájdalmától. Egy betegben, akiben egyidejű arteriás és venás kompressziót feltételeztünk, a feltárásnál úgy látták, hogy csak az arteria nyomja az ideget, a vena csupán érintkezik vele.

Az MR angiogramok és a műtéti leletek eredményeit összehasonlítva számítottuk ki az MRA specificitását, szenzitivitását, pontosságát, pozitív és negatív prediktív értékét arteriákra, vénákra és az összes érre vonatkozóan **(VII. táblázat)**. A számításokból kihagytuk azt az 1 esetet, amelyben csak kontrasztanyagos MRA történt, mivel itt arteria és vena között nem tudtunk differenciálni. A műtét során ebben az esetben 2 vena által okozott nyomást találtak. Nem vettük figyelembe azt az arteriás kompressziót sem, amelyről a műtétnél közvetlenül nem tudtak megbizonyosodni, mivel vérzéses szövődmény miatt az operációt idő előtt be kellett fejezni. Meg kell jegyezni, hogy ebben az esetben a részletes műtéti leírás szerint az elsőként ellátott venás kompresszió megszüntetése után a n.V. további feszülését észlelték. Ez a tény közvetve az arteriás kompresszió fennállását támasztotta alá. Az általunk neurovascularis kompresszióknak ítélt anatómiai helyzeteket összevetve a műtéti leletekkel, igen jó korrelációt találtunk. A Cochran-féle Q test szerint  $\kappa = 0,901$ . **(16. ábra)**.

## VII. táblázat

*Az MRA statisztikai paramétereit neurovascularis kompresszióban*

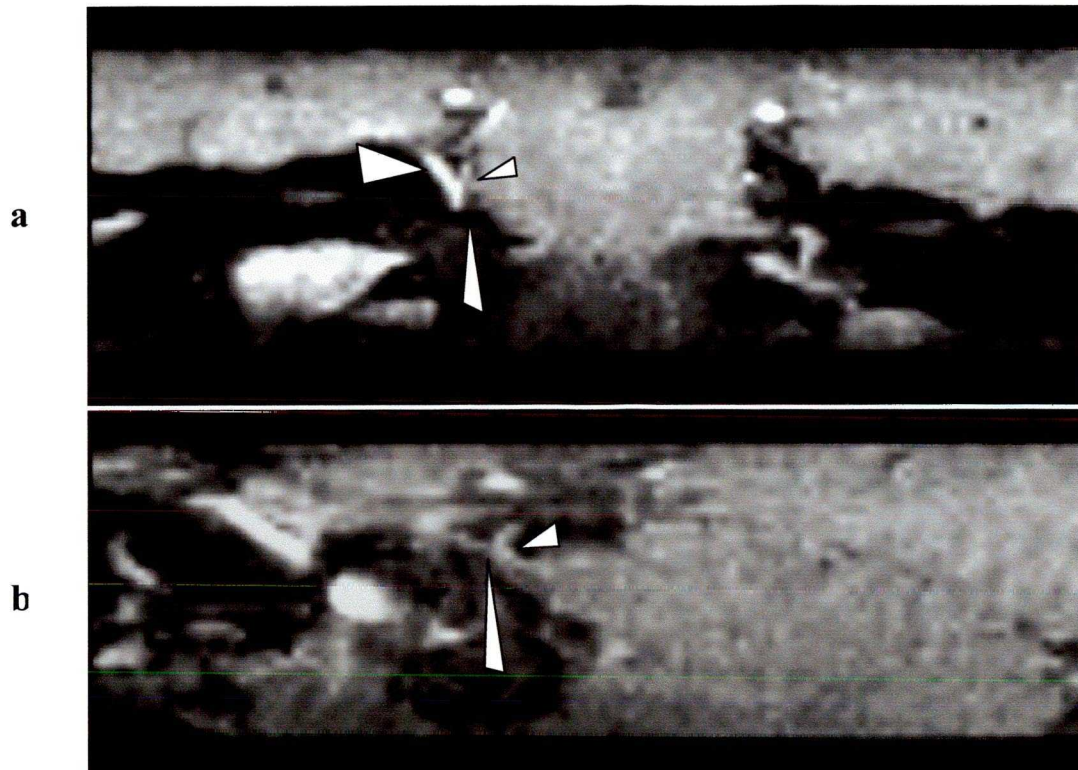
*(n=41)*

	Specificitás	Szenzitivitás	Pontosság	Pozitív prediktív érték	Negatív prediktív érték
Arteriás	75%	100%	95,2%	94,4%	100%
Venás	97%	87,5%	95,2%	87,5%	97%
Összes ér	92,8%	97,6%	95,2%	93,2%	97,5%

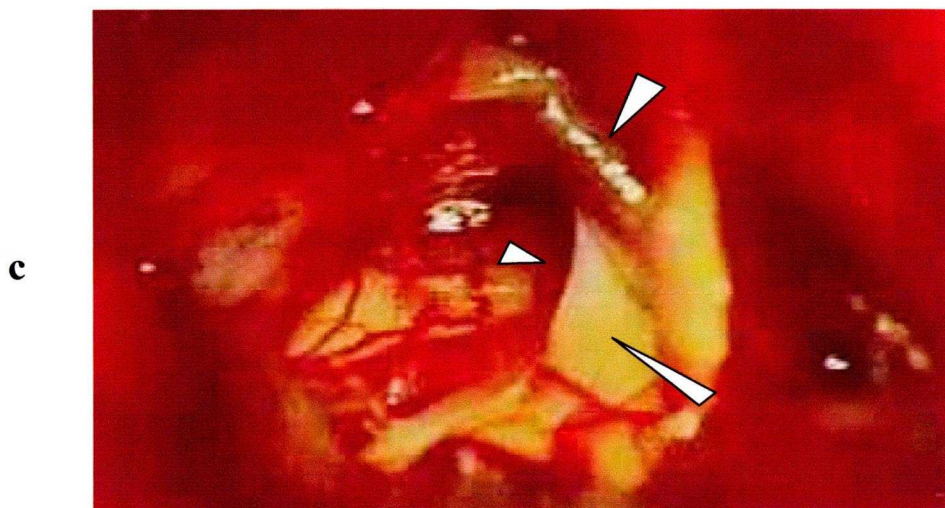
### 6.7. Megbeszélés

A vascularis kompresszió trigeminusneuralgiát kiváltó hatásának patomechanizmusa - annak ellenére, hogy az ok-okozati összefüggést Dandy már a '30-as évek elején felvetette - még ma sem teljesen tisztázott (63). A világszerte nagyszámban alkalmazott, tartós panaszmentességet biztosító MVD műtétek eredményei azonban mindenképpen az érkompresszió kóroki szerepét támogatják.

Az MVD indikációjának mielőbbi felállítása, illetve a felesleges műtéti kockázat elkerülése érdekében fontos a neurovascularis kompresszió képalkotó eljárásokkal történő preoperatív igazolása. Erre valódi lehetőség csak az utóbbi



**16. ábra** "Szendvics" típusú neurovascularis kompresszió. Coronalis (a) és sagittalis (b) síkú MIP rekonstrukció. Az ideg (sovány nyíl) a vena (nagy nyíl) és az arteria (kis nyíl) közé ékelődött. Ugyanezen beteg műtéti fotója (c).



években, az MRA kifejlesztésével nyílt. Az erek és a n.V. együttes ábrázolására a hagyományos spin echo szekvenciáknál lényegesen kedvezőbb lehetőséget biztosít a gradiens echo, mivel az áramlás kimutatására érzékenyebb. A magas jelintenzitású áramló vér lehetővé teszi az erek biztosabb elkülönítését a környező képletektől. A primer felvételeket többsíkú rekonstrukciós képekkel kiegészítve finom anatómiai elemzésre nyílik mód. Az eljárással az erek és az érintett ideg közötti mechanikai kölcsönhatás, azaz a kompresszió közvetlenül nem mutatható ki, erre csak következtetni tudunk a szoros kontaktus, illetve az idegen létrejött benyomat vagy dislocatio alapján. A jó térbeli felbontóképesség éppen ezért alapvető feltétel. A TN betegek MRA vizsgálatával foglalkozó közleményekben eddig kizárólag 1,5 T MR berendezéssel találkoztunk (61, 64). Magunk viszont 0,5 T készülékkel dolgoztunk, amely önmagában is bizonyos korlátot jelent a térbeli felbontás tekintetében. Az optimális vizsgálati feltételeket tovább csökkentette a szeletvastagságból (minimálisan 1 mm), a matrixból (maximálisan 256x256) és a választható síkokból (maximálisan 3 standard) adódó hátrány is. Részben ez magyarázhatja, hogy eredményeink eltérnek az irodalmi adatoktól. Meany és munkacsoportja 40 beteg natív MRA vizsgálatával 70%-ban, kontrasztanyagadás után további 15%-ban mutatott ki neurovascularis kontaktust, míg magunk csak 53,8%-ban, az atípusos eseteket nem számítva pedig 60,8%-ban találtunk ilyen eltérést (61). A liverpooli munkacsoport 10%-ban, mi 17,9%-ban figyeltük meg két vagy több ér egyidejű kompresszióját. Meany és munkatársai 30%-ban láttak ér okozta deformitást az idegtörzsön, vizsgálatainkkal mi viszont

csak 9%-ban tudtunk egyértelmű benyomatot, dislocatiót kimutatni. Ilyen eltéréseket csupán a nagyobb erek, az a. basilaris és az a. vertebralis okozta kompresszióknál láttunk.

Korogi és mtsai 16 MVD műtetre kiválasztott beteget vizsgáltak axialis és coronalis 3-D TOF MRA-val a módszer hatékonyságának megítélésére. Az MRA eredményeit a műtéti leletekkel összevetve a szenzitivitást két független értékelő leletei alapján 75-75%-nak, a specificitást pedig 75 illetve 69%-nak találták. A legtöbb tévedést két ér által együttesen okozott kompressziók esetén észlelték, az értékelők több alkalommal csupán egyik eret vették észre (64). A Korogi és csoportja Furuyával és munkatársaival egyetértve úgy véli, hogy a többsíkú rekonstrukció tovább javítja a neurovascularis kompresszió felismerését (64, 65). Saját eseteinkben 3 síkú rekonstrukcióval nem jelentett nehézséget az egyidejű arteriális és vénás kompresszió megállapítása. Anyagunkban a 3-D TOF MRA alapján feltételezett és a műtétnél talált érkompressziók számában nem volt jelentős különbség. A műtéti leleteket referenciaként felhasználva a 3-D TOF MRA specificitása, szenzitivitása, pontossága, pozitív és negatív prediktív értéke neurovascularis kompresszióra vonatkozóan sorrendben 92,8, 97,6 96,4, 93,2 és 97,5%-nak adódott. Meany és munkacsoportja hasonlóan jó korrelációt talált az MRA és a műtéti leletek között (66). Boecher-Schwarz és munkatársai - akik a szenzitivitást 88,5%-nak, a specificitást 50%-nak találták -, valamint mások eredményeivel összevetve viszont saját eredményeink kedvezőbbek (64, 67). A jó eredmény magyarázatát abban látjuk, hogy mi szigorúbb kritériumok alapján ítéltük

meg a neurovascularis kompresszió fennállását. Ezt a feltételezést támogatja az a tény is, hogy a pozitív esetek aránya vizsgált teljes anyagunkban is alacsonyabbnak adódott másokénál (61). Az eredmények alakulását befolyásolhatta a sebészi szubjektivitás is, bár meg kell jegyezni, hogy két álnegatív esetben, amelyekben az MRA alapján arteriás kompresszióra gondoltunk, a sebész viszont csak kontaktust véleményezett, az elvégzett MVD után 2 és 10 hónappal a betegek panaszmentesek voltak.

Több szerző állítja, hogy 5-31%-ban a tünetmentes oldalon is kimutatható szoros neurovascularis kontaktus (61, 64, 68). Magunk 176 tünetmentes n. trigeminust vizsgálva 8%-ban találtunk ilyen anatómiai szituációt. Fontos megjegyezni, hogy az álpozitív lelet nem vezet helytelen műtéti indikáció felállításához, hiszen a fájdalmas oldal minden betegnél ismert. Joggal vetődik fel az a kérdés, hogy az idegbelépés és az ér között fennálló kontaktus önmagában felelőssé tehető-e minden esetben a TN-ért. Ha nem, úgy ez részben magyarázatául szolgálhatna a MVD-k után nem szűnő vagy recidiváló TN-nak, ami azonban csupán az esetek kicsiny töredékében tapasztalható (69).

A trigeminusneuralgia hátterében irodalmi adatok szerint kb. 10%-ban fordul elő egyéb kimutatható lokális ok, pl. tumor, arachnoidealis cysta, demyelinisatiós folyamat (61, 70). Ezek hiányában a TN betegek kezelése általában konzervatív gyógyszeres terápiával kezdődik, koponyaűri feltárással nem járó sebészi beavatkozásokkal folytatódik, és csupán ezek hatástalansága esetén jön szóba a hátsó koponyagödri feltárásból végzett MVD. Neurovascularis

kompresszió gyanújával, annak előzetes igazolása nélkül operált betegek 10-30%-ában azonban nem találnak kompressziót, így a betegeket feleslegesen teszik ki a műtét kockázatának (71-74). A 3-D TOF MRA alkalmazása lehetőséget nyújt az ér okozta nyomás kimutatására, így egyrészt kiválaszthatók az operálandó betegek, másrészt lényegesen lerövidíthető az MVD-t megelőző, néha évtizedekig tartó, de tartós eredményt nem nyújtó gyógyszeres és egyéb sebészi terápia.

Az előző tanulmányok, korábbi közleményünktől eltekintve, kivétel nélkül high field (1,5 T) MR berendezéssel készített vizsgálatok eredményeit ismertették (60-62, 64, 65, 67, 75). Vizsgálataink azt bizonyították, hogy a neurovascularis kompresszió kisebb térerejű, 0,5 T MR készülékkel is kimutatható, és a műtéti eredmények tükrében a találati biztonság sem marad el a 1,5 T berendezéssel készített vizsgálatok eredményeitől.



## 7. KÖVETKEZTETÉSEK

7.1. A 0,5 T berendezéssel végzett 3-D TOF MRA alkalmas noninvazív eljárás a 3-4 mm-nél nagyobb átmérőjű, nem rupturált intracranialis aneurysmák szűrésére.

7.2. A MPR technika jó eredménnyel alkalmazható az intracavernosus és az a. ophtalmica eredésnél lévő aneurysmák kimutatására.

7.3. Az általunk kidolgozott protokoll szerint végzett CT angiográfia megbízható módszer az intracranialis aneurysmák preoperatív vizsgálatára. Aneurysma gyanújakor az esetek legalább 80%-ában helyettesítheti az invazív DSA-t.

7.4. A 3-D TOF MRA és a CTA elegendő információt nyújt a moyamoya-betegség diagnózisának felállításához.

7.5. Az extra-intracranialis anastomosisok átjárhatóságának megítélésében a CTA feleslegessé teszi DSA-t és felülmúlja a 3-D TOF MRA-t.

7.6. A 0,5 T MR berendezéssel végzett 3-D TOF MRA kiváló módszer neurovascularis kompresszió kimutatására, ezért feltétlenül ajánlható a trigeminusneuralgia okának tisztázására.

## 8. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI ALKALMAZÁSA

A katéteres angiográfia évtizedeken keresztül az érrendszer szuverén vizsgálómódszere volt. Az eljárás több összetevőből (anaesthesia, kontrasztanyag, katéterezés, stb) adódó kockázata, időigényessége, költségessége miatt egyáltalán nem ideális módszer. Az új, korszerű képalkotó eljárások, az ultrahang, az MR és a CT elterjedésével mód nyílt a katéteres angiográfia hátrányainak kiküszöbölésére. Az ultrahangnak az intracranialis érstruktúrák megítélésében - szemben más érterületekkel - korlátozott szerep jut. A noninvazivitás igénye azonban éppen az agyi erek vonatkozásában a legnagyobb. Munkámat elsősorban ez a körülmény motíválta. Három területet emeltem ki az intracranialis érelváltozások közül, melyekben megvizsgáltam a 0.5 T MR berendezéssel végzett 3-D TOF MRA és kettőben a spirál CT angiográfia diagnosztikus szerepét.

Az intracranialis aneurysmák, melyek a népesség 1-8%-ban fordulnak elő, ruptura esetén közel 20% morbiditással és mintegy 30% mortalitással járnak. Az esetek döntő többségében végleges megoldást jelentő műtéti kezeléshez elengedhetetlen az elváltozások pontos kimutatása és karakterizálása. Ez korábban csupán a katéteres négyér-angiográfiától volt elvárható. Összehasonlító vizsgálataink, melyek az MRA és a CTA teljesítőkéességére vonatkoztak, megmutatták, hogy mindkét módszer alkalmas - bizonyos korlátok között - az intracranialis aneurysmák kimutatására. Az MRA nem vérzett aneurysmák esetén az ún. nagy kockázatú betegcsoportokban - policystás vesebetegeknél, progresszív

fejfájásban szenvedőknél, családi halmozódást mutató esetekben stb. - *szűrővizsgálatként* ajánlható. A nem rupturált aneurysmák szűrésének az ad nagy jelentőséget, hogy preventív műtéti ellátásukkal megelőzhető a magas morbiditással és mortalitással járó subarachnoidealis vérzés kialakulása.

A CT angiográfia, az általunk kidolgozott protokoll szerint végrehajtva megközelíti a DSA pontosságát. A CTA lelet alapján kiválasztható az a kisszámú beteg, akiknél DSA vizsgálatra is szükség van. Ezek aránya számításaink szerint 20% alatt van. A CTA subarachnoidealis vérzés gyanújával - adott esetben rossz klinikai állapotban - koponya CT vizsgálatra kerülő betegről is egyszerűen, gyorsan elkészíthető. A beteg együttműködését csupán néhány percig kell igénybevenni. A katéterezés kockázata elkerülhető. A sugárterhelés is csökkenthető. CTA-val megítélhető az aneurysmák helyzete, nagysága, alakja, környező erekhez való viszonya, így teljeskörű *preoperatív* információt nyújt a műtét megtervezéséhez és kivitelezéséhez. Az eljárás műtéti és katéteres intervenciók terápia utáni *kontrollra*, nem operált beteg esetében pedig *követésre* is alkalmazható.

Primer vagy szekunder moyamoya-betegségben többnyire súlyosan károsodott agyi keringéssel állunk szemben. A betegek nagyrésze gyermek vagy fiatal felnőtt. A katéteres érfestés kockázatának elkerülése ilyen körülmények között hatványozottan fontos. Vizsgálatainkkal bizonyítottuk, hogy mind az MRA, mind a CTA alkalmas a moyamoya-betegség *diagnózisának felállítására*. Bár az MRA a szűkületek mértékét gyakran nagyobbak mutatja a valóságosnál, de

álpozitív diagnózishoz nem vezet. A CTA - az extrém kollateralisokkal rendelkező esetektől eltekintve - a szűkületek mértékének meghatározásában is megbízható.

A moyamoya-betegség sebészi kezelését jelentő extra-intracranialis anastomosisok ábrázolására az MRA az esetek többségében elegendő. Kétes eredmény esetén a következő választandó módszer a CTA, mely felülmúlja az MRA-t az *anastomosisok átjárhatóságának* megállapításában. DSA vizsgálatra csak igen ritkán lehet szükség.

Az esszenciális trigeminusneuralgia spontán módon nem gyógyuló kínzó betegség, amely esetenként kétségbeesett megoldásokra ösztönzi a beteget vagy orvosát. Az ilyen betegek körében nem ritka, hogy fél fogsorukat indokolatlanul eltávolítják, egyik betegünknek pedig fél szeme esett áldozatul a terápiás próbálkozásoknak - természetesen eredménytelenül. A típusos trigeminusneuralgiák nagyrészt érederetű kompresszióval hozzák összefüggésbe. A microvascularis dekompresszió ilyen esetekben általában végleges vagy tartós gyógyulást eredményez. A felesleges műtéti kockázat elkerülésének alapvető feltétele a vascularis kompresszió preoperatív kimutatása. Vizsgálataink eredményei szerint a 0.5 T MR berendezéssel készült 3-D TOF MRA kitűnő módszer a *neurovascularis kontaktus képi megjelenítésére*, mely alapján nagy biztonsággal vélelmezhető a kóroki tényezőként szereplő kompresszió fennállása. Az eljárás általunk történt hazai bevezetése után jelentősen fellendült a trigeminusneuralgia MVD-val történő sebészi kezelése.

## IRODALOMJEGYZÉK

1. Haschek E, Lindenthal OTh.:  
A contribution to the practical use of the photography according to Röntgen  
*Wien Klin Wochenschr* 1896; 9:63.
  
2. Moniz E, Diaz A, Lima A.:  
La radio-arteriographie et la topographie craniocéphalique  
*J Radiol et Electrol* 1928; 12:72.
  
3. Gryska U, Freitag J, Zeumer H.:  
Selective cerebral intraarterial DSA: complication rate and control of risk factor  
*Neuroradiology* 1990; 32:296-299.
  
4. Axel L.:  
Blood flow effects in magnetic resonance imaging  
*Am J Roentgenol* 1984; 143:1157-1166.
  
5. Singer JR.:  
Blood flow rates by nuclear magnetic resonance measurements  
*Science* 1959; 130:1652-1653.
  
6. Atkinson D, Brant-Zawadzki M, Gillan G.:  
Improved MR angiography: magnetization transfer suppression with variable flip angle excitation and increased resolution  
*Radiology* 1994; 190:890-894.

7. Arlart IP, Bongartz GM, Marshal G.:  
Magnetic resonance angiography  
Springer (Berlin), 1996.
8. Asari S, Satoh T, Sakural M, et al.:  
Delineation of unruptured cerebral aneurysms by computerized angiotomography  
*J Neurosurg* 1982; 57:527-534.
9. Schmid UD, Steiger HJ, Huber P.:  
Accuracy of high resolution computed tomography in direct diagnosis of cerebral aneurysms  
*Neuroradiology* 1987; 29:152-159.
10. Kalender WA, Seissler W, Vock P.:  
Single breathhold spiral volumetric CT by cotinuous patient translation and scanner rotation  
*Radiology* 1989; 173:414.
11. Saito Y.:  
Multislice X-ray CT scanner  
*Med Rev* 1999; 66:1-8.
12. Schulthess GK, Smith HJ.:  
Physics, techniques and procedures. In: Pettersson H, Allison D eds. The encyclopedia of Medical Imaging  
Isis Medical Media (Oslo), 1998.

13. Moniz E.:

Anévrysme intracranien de la carotide interne droite rendu visible par l'arteriographie cérébrale

*Rev Otoneuroophthalmol* 1933; 11:746-748.

14. Kenéz J, Török I, Kenyeres É.:

Cerebral angiotomography

*Diagn Imag* 1980; 49:41-47.

15. Masaryk TM, Modic MT, Ross JS, et al.:

Intracranial circulation preliminary clinical results with three dimensional (volume) MR angiography

*Radiology* 1989; 171:793-799.

16. Ross JS, Masaryk TJ, Modic MT, et al.:

Intracranial aneurysms: evaluation by MR angiography

*Am J Neuroradiol* 1990; 11:449-455.

17. Ross JS, Masaryk TJ, Modic MT, et al.:

Intracranial aneurysms: evaluation by MR angiography

*Am J Roentgenol* 1990; 155:159-165.

18. Wilcock D, Jaspan T, Holland I, et al.:

Comparison of magnetic resonance angiography with conventional angiography in the detection of intracranial aneurysms in patients presenting with subarachnoid haemorrhage

*Clin Radiol* 1996; 51:330-334.

19. Liang EY, Chan M, Hsiang JH, et al.:  
Detection and assessment of intracranial aneurysms: value of CT angiography with shaded surface display  
*Am J Roentgenol* 1995; 165:1497-1502.
  
20. Vieco PT, Shuman WP, Alsofrom GF, et al.:  
Detection of circle of Willis aneurysms in patients with acute subarachnoid hemorrhage: a comparison of CT angiography and digital subtraction angiography  
*Am J Roentgenol* 1995; 165:425-430
  
21. Hope JK, Wilson JL, Thomson FJ.:  
Three-dimensional CT angiography in the detection and characterization of intracranial berry aneurysms  
*Am J Neuroradiol* 1996; 17:437-445.
  
22. Martos J, Petersen D, Szabó A, et al.:  
Az intrakranialis aneurizmák háromdimenziós "time-of-flight" MR angiográfiája: lehetőségek és korlátok  
*Magy Radiol* 1994; 68:82-87.
  
23. Imakita S.:  
Three dimensional CT angiography using helical scanning  
*Rinsho-Shinkeigaku* 1995; 35:1572-1574.
  
24. Atlas WS, Listerud J, Chung W, et al.:  
Intracranial aneurysms: depiction on MR angiograms with multifeature-extraction, ray-tracing postprocessing algorithm  
*Radiology* 1994; 192:129-139.



25. Grossman B.:

Magnetic resonance imaging and computed tomography of the head and spine  
Williams and Wilkins (Baltimore), 1996.

26. Runge VM.:

Review of neuroradiology  
Saunders (Philadelphia), 1996.

27. Krangenbühl H, Yasargil MG, Huber P.:

Cerebral Angiography  
Thieme (Stuttgart, New York), 1982.

28. Adams HP Jr, Kassel NF, Torner JC, et al.:

Early management of aneurysmal subarachnoid haemorrhage: a report of the  
cooperation aneurysm study  
*J Neurosurg* 1981; 54:141-145.

29. Velthuis VK, Rinkel GJ, Ramos LM, et al.:

Perimesencephalic hemorrhage. Exclusion of vertebrobasilar aneurysms with CT  
angiography  
*Stroke* 1999; 30:1103-1109.

30. Sevick RJ, Tsuruda JS, Schmalbrock P.:

Three-dimensional time-of-flight MR angiography in the evaluation of cerebral  
aneurysms  
*J Comput Assist Tomogr* 1990; 14:874-881.

31. Maeder PP, Meuli RA, Tribolet N.:  
Three-dimensional volume rendering for magnetic resonance angiography in the screening and preoperative workup of intracranial aneurysms  
*J Neurosurg* 1996; 85:1050-1055.
32. Zamani A.:  
MRA of intracranial aneurysms  
*Clin Neurosci* 1997; 4:123-129.
33. Korogi Y, Takahashi M, Mabuchi N, et al.:  
MR angiography of intracranial aneurysms: a comparison of 0,5T and 1,5T  
*Comput Med Imaging Graph* 1997; 21:111-116.
34. Sankhla SK, Gunawardena WJ, Coutinho CM, et al.:  
Magnetic resonance angiography in the management of aneurysmal subarachnoid haemorrhage: a study of 51 cases  
*Neuroradiology* 1996; 38:724-729.
35. Zouaoui A, Sahel M, Marro B, et al.:  
Three-dimensional computed tomographic angiography in detection of cerebral aneurysms in acute subarachnoid hemorrhage  
*Neurosurgery* 1997; 41:125-130.
36. Schwarz RB, Tice HM, Hooten SM, et al.:  
Evaluation of cerebral aneurysms with helical CT: correlation with conventional angiography and MR-angiography  
*Radiology* 1994; 192:717-722.

37. Inagawa T, Hirano A.:  
Autopsy study of unruptured incidental intracranial aneurysms  
*Surg Neurol* 1990; 34:361-365.
38. Inagawa T. Hirano A.:  
Ruptured intracranial aneurysms: an autopsy study of 113 patients  
*Surg Neurol* 1990; 33:117-123.
39. Vörös Erika, Barzó Pál, Szentgyörgyi Réka.:  
Az MR-angiográfia és a CT-angiográfia helye az intracranialis aneurysmák  
diagnosztikájában  
*Clin Neurosci/Ideggy Szle* 1998; 51:389-394.
40. Young N, Dorsch NWC, Kingston RJ.:  
Pitfalls in the use of spiral CT for identification of intracranial aneurysms  
*Neuroradiology* 1999; 41:93-99.
41. Rankin SC.:  
CT angiography  
*Eur Radiol* 1999; 9:297-310.
42. Kudo T, Takayama R, Mikawauchi K, et al.:  
Occlusion of the internal carotid artery (in Japanese)  
Proceedings of fifteenth Annual Meeting of Japan Neurosurgical Society 1956.
43. Takeuchi K.:  
Occlusive disease of the carotid arteries especially on their surgical treatment  
*Recent Adv Res Nerve Syst* 1961; 5:511-543.

44. Nomura T.:  
Atlas of cerebral angiography  
Igakushoin, 1961; 192-215.
45. Leeds NE, Abbott KH.:  
Collateral circulation in cerebrovascular disease in childhood via rete mirabile and perforating branches of anterior choroidal and posterior cerebral arteries  
*Radiology* 1965; 85:628-634.
46. Fodstad H, Bodosi M, Forssell A, et al.:  
Moyamoya disease in patients of finno-ugric origin  
*Br J Neurosurg* 1996; 10:179-186.
47. Yamada I, Murata Y, Umekara I, et al.:  
SPECT and MRI evaluations of the posterior circulation in moyamoya disease  
*J Nucl Med* 1996; 37:1613-1617.
48. Kitahara T, Ariga N, Yamaura A, et al.:  
Familial occurrence of moyamoya disease: report of three Japanese families  
*J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1979; 42:208-214.
49. Suzuki J, Takaku A.:  
Cerebrovascular "Moyamoya" disease  
*Arch Neurol* 1969; 20:288-299.
50. Vörös E, Kiss M, Hankó.:  
Moyamoya with arterial anomalies  
*Neuroradiology* 1997; 39:852-856.

51. Gadoth N, Hirsch M.:  
Primary and aquired forms of Moyamoya syndrome  
*Isr J Med Sci* 1980; 16:370-377.
52. Bodosi Mihály, Gács Gy, Mérei F. et al.:  
A moyamoya syndroma sebészi kezeléséről  
*Clin Neurosci/Ideggy Szle* 1976; 29:154-164.
53. Houkin K, Aoki T, Takahashi A, et al.:  
Diagnosis of moyamoya disease with magnetic resonance angiography  
*Stroke* 1994; 25:2159-2164.
54. Hasuo K, Mikara F, Massushima T.:  
MRI and MR angiography in moyamoya disease  
*J Magn Reson Imaging* 1998; 8:762-766.
55. Kikuchi M, Asato M, Sugahara S et al.:  
Evaluation of surgically formed collateral circulation in moyamoya disease with  
3D-CT angiography: comparison with MR angiography and X-ray angiography  
*Neuropediatrics* 1996; 27:45-49.
56. Dandy WE.:  
Lesions of cranial nerves In: Hagerstown LD. ed. *Practice in surgery*  
W. F. Prior Company Inc. (Maryland) 1932.
57. Janetta PJ.:  
Vascular decompression in trigeminal neuralgia In: Sani M, Janetta PJ, eds. *The  
cranial nerves: anatomy, pathology, pathophysiology, diagnosis and treatment*  
Berlin: Springer, 1981; 331-343.

58. de Lange EE, Vielvoye GJ, Voormolen JHC.:  
Arterial compression of the fifth cranial nerve causing trigeminal neuralgia:  
angiographic findings  
*Radiology* 1986; 158:721-727.
59. Wong BY, Steinberg GK, Rosen L.:  
Magnetic resonance imaging of vascular compression in trigeminal neuralgia  
*J Neurosurg* 1989; 70:132-134.
60. Sens MAA, Higer HP.:  
MRI of trigeminal neuralgia: initial clinical results in patients with vascular  
compression of trigeminal nerve  
*Neurosurg Rev* 1991; 14:69-73.
61. Meany JFM, Miles JB, Nixon TE, et al.:  
Vascular contact with the fifth cranial nerve at the pons in patients with trigeminal  
neuralgia: detection with 3D FISP imaging  
*Am J Roentgenol* 1994; 163:1447-1452.
62. Vörös E, Szentgyörgyi R, Kuncz Á.:  
Three dimensional time of flight magnetic resonance imaging in trigeminal  
neuralgia  
*Clin Neurosci/Ideggy Szle* 1997; 50:154-160.
63. Dandy WE.:  
Concerning the cause of trigeminal neuralgia  
*Am J Surg* 1934; 24:447-455.

64. Korogi Y, Nagahiro S, Du C, et al.:  
Evaluation of vascular compression in trigeminal neuralgia by 3D time-of-flight  
MRA  
*J Comput Assist Tomogr* 1995; 19:879-884.
65. Furuya Y, Ryu H, Uemura K, et al.:  
MRI of intracranial neurovascular compression  
*J Comput Assist Tomogr* 1992; 16:503-505.
66. Meany JF, Elridge PR, Dunn LT.:  
Demonstration of neurovascular compression in trigeminal neuralgia with magnetic  
resonance imaging  
*J Neurosurg* 1995; 83:799-805.
67. Boecher-Schwarz HG, Bruchl K, Kessel G, et al.:  
Sensitivity and specificity of MRA in the diagnosis of neurovascular compression in  
patients with trigeminal neuralgia  
*Neuroradiology* 1998; 2:88-95.
68. Umehara F, Kamishima K, Kashio N, et al.:  
Magnetic resonance tomographic angiography: diagnostic value in trigeminal  
neuralgia  
*Neuroradiology* 1995; 37:353-355.
69. Kuncz Á, Mencser Z, Vörös E, et al.:  
Trigeminal neuralgia kezelése microvascularis dekompresszióval  
*Orv Hetil* 1988; 138:2051-2055



70. Moulin DE, Foley KM, Ebers GC.:  
Pain syndromes in multiple sclerosis  
*Neurology* 1988; 38:1830-1834.
71. Burchiel KJ, Clarke H, Haglund M, et al.:  
Long-term efficacy of microvascular decompression in trigeminal neuralgia  
*J Neurosurg* 1988; 69:35-38.
72. Hamlyn PJ, King TT.:  
Neurovascular compression in trigeminal neuralgia: a clinical and anatomical study  
*J Neurosurg* 1992; 76:948-954.
73. Moller AR.:  
The cranial nerve vascular compression syndrome: I. A review of treatment  
*Acta Neurochir Wien* 1991; 113:24-30.
74. Wilkins RH.:  
Surgical therapy of neuralgia: vascular decompression procedures  
*Semin Neurol* 1988; 8:280-285.
75. Holley P, Bonafe A, Brunet E, et al.:  
The contribution of "time-of-flight" MRI-angiography in the study of  
neurovascular interaction  
*J Neuroradiol* 1996; 23:149-156.



## Az értekezés témájával kapcsolatos saját munkák

### *Közlemények:*

1. Vörös E, Csernay L.:

Az agyi érkatasztrófák képalkotó vizsgálata

*Egészség* 1996; 4:4-7.

2. Vörös E, Szentgyörgyi R, Kuncz Á, Mencser Z, Kardos L, Milassin P.:

A háromdimenziós "time of flight" mágneses rezonanciás angiográfia trigeminusneuralgiában

*Clin Neurosci/Ideggy Szle* 1997; 50:154-160.

3. Kuncz Á, Mencser Z, Vörös E, Bodosi M.:

Trigeminus neuralgia kezelése microvascularis dekompresszióval

*Orv Hetil* 1997; 138:2051-2055.

4. Vörös E, Kiss M, Nagy E, Hankó J.:

Moyamoya with arterial anomalies

*Neuroradiology* 1997; 39:852-856.

5. Vörös E, Barzó P, Szentgyörgyi R, Séra E, Kardos L, Kiss M.:

Az MR-angiográfia, a CT-angiográfia és a digitalis subtractiós angiográfia helye az intracranialis aneurysmák diagnosztikájában

*Clin Neurosci/Ideggy Szle* 1998; 51:389-394.

6. Vörös E, Palkó A, Horváth K, Barzó P, Kardos L, Kuncz Á.:

3-dimensional time-of-flight magnetic resonance angiography of trigeminal neuralgia by a 0.5 T device

*Eur Radiol*: közlésre elfogadva

*Idézhető absztraktok:*

7. Vörös E, Hankó J, Kiss M, Nagy E.:

Moyamoya disease associated with developmental vascular anomalies

*Eur Radiol Suppl.* 1995; 5: S388.

8. Mencser Z, Kuncz Á, Vörös E.:

Microvascularis dekompresszió trigeminusneuralgiában

*Clin Neurosci/Ideggy Szle* 1995; 48:339.

9. Vörös E, Kardos L, Milassin P, Kuncz Á, Mencser Z.:

Three-dimensional time-of-flight MR-angiography (3D TOF MRA) in patients with trigeminal neuralgia

*Neuroradiology* 1995; 37: S73.

10. Vörös E, Szentgyörgyi R, Barzó P, Séra T, Kiss M.:

Value of MR-angiography and CT-angiography in the detection of intracranial aneurysms

*Neuroradiology* 1997; 39: S84.

11. Szentgyörgyi R, Vörös E, Barzó P, Makula É, Gyulai Cs, Kiss M.:

CT-angiography in carotid stenosis - replacement of DSA?

*Neuroradiology* 1997; 39: S84.

12. Vörös E, Szentgyörgyi R, Kardos L, Barzó P, Palkó A.:

Magnetic resonance angiography and computer tomographic angiography in moyamoya and moyamoya-like diseases

*Clin Neurosci/Ideggy Szle* 1998; 51: 402.

13. Makula É, Vörös E, Kiss M, Mencser Z.:

Visualization of intracranial giant aneurysm by noninvasive imaging methods

Clin Neurosci/Ideggy Szle 1998; 51: 419.

*Előadások:*

14. Nagy E, Vörös E.:

A "négy ér" angiográfia jelentősége a subarachnoidealis vérzések diagnosztikájában

XV. Magyar Radiológus Kongresszus, Sopron, 1990. június 21-24.

15. Vörös E, Nagy E.:

A négy-ér digitális szubtraktív angiográfia jelentősége vazookkluzív agyi kórképekben

XVI. Magyar Radiológus Kongresszus, Budapest, 1992. május 28-30.

16. Vörös E, Nagy E.:

A moyo-moya betegségről DSA vizsgálatok kapcsán

III. Magyar Neuroradiológus Kongresszus, Győr, 1992. október 16-17.

17. Kuncz Á, Mencser Z, Vörös E.:

Microvascular decompression in the treatment of trigeminal neuralgia

International Congress of Slovak Neurosurgical Society,

Banska Bystrica - Tale, Slovakia, 1996. május 9-11.

18. Vörös E, Pokorny L.:

Intracraniale Aneurysmen: Vergleich der CT- und MR-Angiographie mit der DSA

Interdisziplinäres Radiologie-Symposium: Angiologie-Gefässchirurgie,

Hamm, Westfalen, 1997. szeptember 26-27.

19. Vörös E, Szentgyörgyi R, Barzó P, Séra T, Kiss M.:

Value of MR-angiography and CT-angiography in the detection of intracranial aneurysms

7. Neuroradiológus Kongresszus, Győr, 1997. október 15-17.

20. Barzó P, Vörös E, Bodosi M.:

Emergent aneurysm surgery in the moribund patient with intracerebral hemorrhage. The use of infusion computed tomography scans

Közép- és Kelet-Európai Stroke Társaság és a Magyar Stroke Társaság Konferenciája, Budapest, 1999. március 18-20.

## SUMMARY

### **Magnetic resonance angiography and computer tomographic angiography in neurologic diseases of vascular origin**

#### **1. Introduction**

Conventional or digital subtraction angiography has a small but definite risk even these days. The intention to replace it by other non-invasive imaging methods is the same old as the method itself. That is why we decided to evaluate the magnetic resonance angiography (MRA) and computer tomographic angiography (CTA) in neurologic diseases of vascular origin, including intracranial aneurysms, moyamoya disease and trigeminal neuralgia.

#### **2. Purposes**

2.1. To determine the diagnostic values of 3-dimensional time of flight (3-D TOF) MRA performed by 0.5 T equipment and CTA in intracranial aneurysms in comparison to digital subtraction angiography (DSA).

2.2. To evaluate the multiplanar reconstruction (MPR) technique in the depiction ophthalmic and intracavernous aneurysms of the internal carotid artery.

2.3. To work out a CTA protocol to replace DSA in detecting intracranial aneurysms.

2.4. To establish the value of 3-D TOF MRA and CTA in the diagnosis of moyamoya disease.

2.5. To assess the value of 3-D TOF MRA and CTA in evaluating the patency of surgical extra-intracranial anastomoses in moyamoya disease.

2.6. To analyse the diagnostic accuracy of 3-D TOF MRA carried out by 0.5 T equipment in studying trigeminal neuralgia caused by vascular compression.

### **3. Basic principles of MRA and CTA**

Time of flight and phase contrast MRA are the two fundamental MR angiographic techniques. TOF MRA is based on the flow related enhancement, which is caused by non-excited moving spins entering the slice, while static spins are continuously saturated with repeated radiofrequency impulses. The basic sequences used for TOF MRA are the gradient echo sequences. 3-dimensional TOF MRA is preferred to its 2-dimensional counterpart in the imaging of intracranial arteries because of a more favourable spatial resolution and signal-to-noise ratio. Complex flow in the vessels can cause several types of artifacts.

Helical or spiral CT technique introduced at the end of eighties makes it possible to decrease the scantime to 1 second or below. Bolus injection of contrast material with quick volumetric data acquisition produces numerous thin slices on the vessels containing contrast material in high concentration. Several types of 3-dimensional reconstruction and additional postprocessing allow of high quality images of vascular structures.

#### **4. 3-D TOF MRA and CTA in intracranial aneurysms**

##### *Patients and methods*

In the first group, 64 patients harbouring 101 aneurysms were investigated by 3-D TOF MRA, CTA and DSA. 38 patients had subarachnoid haemorrhage (SAH).

Elscent Gyrex Vdlx 0.5 T equipment and 3-D TOF+MTC+TONE program were used for MRA. Imaging parameters were: 64 mm volume thickness, 57 msec TR, 9 msec TE, 21 degree tip angle, 20-26x26 cm FOV, 192-256x256 acquisition matrix, 1 excitation. Axial, coronal and sagittal maximum intensity projection (MIP) reconstructions were used for postprocessing.

CTA-s were performed on Somatom Plus 4 scanner and Magic View workstation. Data of examinations included: helical mode, 48 mm scanned volume thickness, 1:1 pitch, 100 ml contrast material (Omnipaque 300) intravenously with

2.5 ml/sec flow. Surface shaded display (SSD), volume rendering technique (VRT) and MIP reconstructions were used for postprocessing.

Specificity, sensitivity, accuracy of MRA and CTA were calculated. DSA and/or surgery findings were used as references. Causes of false positive and false negative results were analysed.

In the second group, 50 internal carotid arteries of 25 patients were investigated by MPR technique. At least 3 different planes perpendicular to each other were obtained. Reconstruction slice thickness was 1 mm. Windowing was done by visual control to separate contrast material containing vessels from bony structures. MPR technique was evaluated in depicting internal carotid artery aneurysms.

In the third group, 22 patients with 36 aneurysms and 6 infundibula were examined by our newly worked out CTA protocol. The pitch factor was increased to 1.5:1 in order to extend the examined volume from 48 mm to 72 mm. 1.5-1.7 ml/bodyweightkg contrast material was given in bolus. Spiral scanning was started at the level of foramen magnum and terminated at the middle level of anterior scale. SSD, MIP and VRT reconstruction were done. Additional MPR reconstructions of C3-C5 segments of internal carotid artery were obtained. Results of CTA and DSA were compared.



## *Results*

In the first group, MRA sensitivity, specificity, and accuracy were 63.4%, 60% and 63%, respectively. Sensitivity and accuracy in patients with SAH were as low as 47% and 49%, and in patients without SAH corresponding values 81.3% and 78.8%. Sensitivity, specificity and accuracy of CTA amounted to 89.1 %, 90% and 89.2%. The diagnostic value of CTA was not influenced significantly by SAH. Aneurysms were often concealed by the high signal intensity of degradation products of subarachnoid blood on MRA and by the high density of bones on CTA. Small aneurysms were occasionally difficult to recognize on both MRA and CTA. On CTA some aneurysms were found outside the examined area.

In group 2, all but one of 14 ophthalmic and intracavernous aneurysms were identified on MPR reconstructions. 1 aneurysm with 3 mm in maximum diameter was not discovered.

In the third group 36 aneurysms (ranging from 2 to 13 mm in diameter) and 6 infundibula were recognized on CTA. 13 aneurysms were 3 mm or less in diameter and 5 aneurysms were located at critical segments such as the intracavernous carotid artery, carotid siphon, origin of pericallosal artery or posterior inferior cerebellar artery. CTA and DSA findings showed clear correspondence in each case.

## 5. MRA and CTA in moyamoya disease

### *Patients and methods*

21 patients with primary or secondary moyamoya diseases proved by DSA were investigated by MRA and CTA to demonstrate steno-occlusive lesions. 19 non-enhanced and 7 contrast-enhanced MRA were obtained. CTA was performed in 8 patients.

12 ATS-ACM extra-intracranial anastomoses in 10 patients were examined by MRA and/or CTA to demonstrate their patency.

Equipments and scanning parameters both by MRA and CTA were identical with those we applied in aneurysmal patients.

### *Results*

Diagnosis of moyamoya disease was correct both with MRA and CTA in all cases but one. One patient had unusual angiomatous basal moyamoya vessels, which were misinterpreted on MRA and CTA.

126 segments of intracranial arteries (42 distal ACI, 42 A1, 42 M1) were evaluated by MRA. Comparing to the results of DSA, steno-occlusive lesions were overestimated in 25% and underestimated in 1.5%.

48 arterial segments were assessed on CTA. No overestimation was observed, but underestimation occurred in 8% when compared to DSA.

Of the 11 anastomoses investigated by MRA 9 were evaluated correctly (8 patent and 1 occluded). Two patent anastomoses were delineated only extracranially on MRA, but CTA unambiguously proved their patency. Of the 9 anastomoses examined by CTA 8 were patent and 1 was occluded. Occlusion was proved by DSA as well.

## **6. 3-D TOF MRA performed by 0.5 T equipment in trigeminal neuralgia**

### *Patients and method*

181 patients with trigeminal neuralgia were investigated by 3-D TOF MRA to demonstrate neurovascular compression. Operations aiming at microvascular decompression (MVD) were performed in 43 patients.

MRA-s were carried out with 0.5 T Elscint Gyrex Vdlx equipment with 3-D TOF program. Examination parameters were: 30-50 mm volume thickness involving trigeminal area, 33-38 msec TR, 9 msec TE, 25 degree tip angle, 20-26x26 cm FOV, 192-256x256 acquisition matrix, 2 excitations, pre- and postcontrast examinations.

Close contact between entry zone of trigeminal nerve and any vascular structure with or without distortion of the nerve was evaluated as the sign of neurovascular compression. In the cases of MVD, the findings of MRA were compared to those of surgery.

## *Results*

Neurovascular compression was found in 53,8% of the cases.

Comparing the findings of MRA-s to those of surgeries specificity, sensitivity, accuracy, positive and negative predictive values for all arterial and venous compression were 92.8%, 97.6%, 95.2%, 93.2% and 97.5%, respectively.

Cochran Q test value: 0.901.

## **7. Conclusions**

7.1. 3-D TOF MRA performed by 0.5 T equipment is a suitable non-invasive method for screening non-ruptured aneurysms larger than 3-4 mm in diameter.

7.2. MPR technique is an accurate method for depicting of aneurysms located at intracavernous or ophtalmic segments of internal carotid artery.

7.3. The CTA protocol we have worked out provides reliable preoperative diagnostic imaging in intracranial aneurysms. The method appears to be suitable option to replace DSA in at least 80% of the cases with suspected aneurysms.

7.4. 3-D TOF MRA and CTA give enough information to establish the diagnosis of moyamoya disease.

7.5. CTA is suitable for assessing patency of extra-intracranial anastomoses and in this respect it is superior to MRA.

7.6. 3-D TOF MRA carried out by an 0.5 T apparatus is an excellent imaging method to demonstrate neurovascular compression in trigeminal neuralgia.



## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom mindenekelőtt **Csernay László Professor Úrnak**, aki munkahelyi vezetőként felkeltette érdeklődésemet a tudományos tevékenység iránt, és megteremtette PhD értekezésem elkészítésének feltételeit.

Hálás vagyok **Kenéz József Professor Úrnak**, a Magyar Neuro-radiológiai Társaság Elnökének, hogy a neuroradiológia alapjain kívül a szakma szeretetére és tiszteletére is megtanított.

Köszönöm **Bodosi Mihály Professor Úrnak**, az Idegsebészeti Klinika Igazgatójának, hogy igényes szakmai elvárásaival szüntelen tanulásra sarkallt, és érdeklődéssel fordulva a képalkotó diagnosztika újdonságai felé, mindenkor támogatta ezirányú törekvéseimet.

Sokat köszönhetek korábbi munkahelyi vezetőimnek, **Kelemen János Professor Úrnak, Fráter Loránd Professor Úrnak, Vadon Gábor Professor Úrnak**, akik a Radiológiai Klinikán utamat kijelölték.

Ezúton köszönöm **dr.Kovács Eleonóranak**, hogy pályám kezdetén pártfogásába vett, és nagy szerepe volt abban, hogy neuroradiológus lettem.

Hálás vagyok **Palkó András Tanár Úrnak**, a Radiológiai Klinika Igazgatójának, hogy időt és helyet biztosított értekezésem elkészítéséhez.

Köszönet illeti a **Radiológiai Klinika CT és DSA Részlegének**, valamint a **Nemzetközi Egészségügyi Központ CT-MR Laboratóriumának Dolgozóit** a vizsgálatok elvégzésében nyújtott segítségükért.

Támogatásukért köszönettel tartozom **Radiológus Kollégáimnak** is.

Köszönöm az **Idegsebészeti Klinika** és a **Neurológiai Klinika Munkatársainak**, hogy kitűnő szakmai együttműködésükre és baráti segítségükre egyaránt mindenkor számíthattam.

Köszönetemet fejezem ki **Battancs Erikának**, **Molnár Lajosnak** és **Takács Imrénének**, akik éveken át hasznos segítséget nyújtottak tudományos munkáim elkészítésében.

Soha el nem múló hálával tartozom **Szüleimnek**, akik fáradságot nem kímélve segítettek pályámon.