

# A több detektorsoros komputertomográfia jelentősége a vascularis képalkotásban

HALÁSZ SZABOLCS ■ PUSKÁS TAMÁS DR.

Vas Megyei Markusovszky Kórház Nonprofit Zrt., Radiológiai Osztály, Diagnosztikai Részleg, Szombathely

A több detektorsoros spirál-CT-berendezések és a hozzájuk tartozó speciális rekonstrukciós szoftverek bevezetése lehetővé tette az erek jó minőségű CT-vizsgálatát. *Cél és módszerek:* A szerzők ismertetik a CT-angiográfiai vizsgálatok elvét, technikáját, amelyet az elmúlt három évben közel 700 saját betegükön végzett vizsgálataik eredményeivel, tapasztalataival egészítenek ki. Bemutatják a CT-angiográfia jelentőségét, valamint annak más vascularis képalkotó eljárások helyett vagy melletti alkalmazhatóságát. *Következtetések:* A CT-angiográfia gyors, noninvasív vizsgálati módszer, amellyel – önmagában vagy más vizsgálattal kiegészítve – pontos diagnózis állítható fel.

**Kulcsszavak:** CT-angiográfia, képrekonstrukció, vascularis képalkotás

## The importance of multidetector computed tomography in the vascular imaging

The introduction of multidetector CT and special post processing software has made an excellent image quality of vascular structures possible. *Aim and methods:* The authors present the method and technique of CT angiography, added their own experience acquired on 700 patients in the last 3 years. Beside other vascular imaging methods the importance of CT angiography and its usefulness is demonstrated. *Conclusions:* CT angiography is a fast, non-invasive method, and either in itself or combined with other ones it is suitable for a definitive diagnosis.

**Keywords:** CT angiography, image reconstruction, vascular imaging

(Beérkezett: 2009. május 13.; elfogadva: 2009. május 25.)

### Rövidítések

a. = artéria; AMI = arteria mesenterica inferior; AMS = arteria mesenterica superior; CT = (computer tomography) komputertomográf; CTA = CT-angiográfia; DSA = digitális szubtrakciós angiográfia; FOV = (field of view) látótér; MDCT = (multidetector CT) több detektorsoros CT; MIP = (maximal intensity projection) legnagyobb intenzitás kivetítése; MR = mágneses rezonancia (vizsgálat); PBV = (perfused blood volume) perfúziós vértérfogat; UH = ultrahang (vizsgálat); VRT = (volume rendering technique) térfogati rekonstrukció; v. = véna; 3D = háromdimenziós

A komputertomográf (CT) a szervek különböző röntgensugár-elnyelő képességét méri, a hagyományos röntgendiagnosztikai eljárásoknál lényegesen nagyobb szövetfelbontó képességű, részletgazdagabb ábrázolást tesz lehetővé. A CT-vizsgálat lehetőségei, technikai adottságai napról napra javulnak, a beteg számára elérhetőbbé és elviselhetőbbé válnak, az új módszerekkel a vizsgálatok szenzitivitása tovább növekszik. Kiemelendő az elterjedőben lévő több detektorsoros komputertomográf

(MDCT) szerepe, amellyel gyorsabb, pontosabb, jobb minőségű vizsgálatok végezhetők.

Az új berendezések, a folyamatosan fejlődő számítógépes programok, nemcsak a parenchymás szervek, hanem az erek viszonylatában is új diagnosztikai lehetőségeket jelentenek. Az MDCT egy olyan spirál-CT, amelyben a detektorok nemcsak egy, hanem több sorban helyezkednek el egymás mellett. Így a készülék egy időben több szeletről tud adatot gyűjteni.

Az MDCT-berendezések megjelenésével a korábbiakhoz képest sokkal nagyobb szerep jutott a megfelelő programokkal ellátott munkaállomásnak. Ezek a CT-berendezések lehetővé teszik olyan vékony szeletek készítését, amelyekből azután két- és háromdimenziós képek hozhatók létre közel izotrop felbontásban. Így megvalósítható egy olyan angiográfias technika, amely az ér lument kitöltő kontrasztanyag és a környező szövetek közötti nagy denzitás (sugárelnyelés) különbségén alapul [1].

## CT-angiográfia (CTA)

A CT-angiográfia alapelve hasonlít a hagyományos angiográfiához. A nagy sebességgel intravénásan befecskendezett kontrasztanyag az első boluspasszázs alkalmával az érlumenben jelentős denzitásnövekedést okoz, és az így létrejött kontrasztkülönbséget lehet felhasználni az angiográfias képek előállításához.

MDCT-vizsgálattal nagy érterület ábrázolható, ahol a munkaképek vékony szeletvastagsággal (0,75–1 mm), átfedéssel készülnek. Az adatgyűjtés időtartamára célszerű a vizsgált érszakaszban a kontrasztanyagot állandó magas szinten tartani.

A CT-angiográfia nagy előnye, hogy a munkaképek – amelyek teljes értékű diagnosztikai információt tartalmaznak – egyben az ér környezetének megítélését is lehetővé teszik (az adott ér és a környező képletek vonatkozásában). Ezenkívül meghatározhatók az aneurysmák teljes érátmérői, az intraluminalis thrombus kiterjedése, valamint az érfalban lévő mészlerakódások mértéke is.

A módszer kevésbé előnyös része a sugárterhelésből és az alkalmazott kontrasztanyag potenciális szövődémszövődményveszélyéből adódik. A magas denzitású csontok az érstruktúrák megítélését rontják. A keringési dinamikáról a vizsgálat nem ad információt [2].

CTA-vizsgálat ajánlható az alábbi esetekben:

- agyi érmalformációk, aneurysmák, szűkületek, elzáródások kivizsgálására;
- a nagyerek fejlődési rendellenességeinek diagnosztizálására;
- tüdőembólia klinikai gyanúja esetén;
- az aortán, annak ágain, valamint a végtagokon kialakult obliteratív eltérés gyanújakor;
- az aortát és ágait érintő aneurysma, dissectio, valamint ismert elváltozás pontosabb megítélésére, illetve nyomon követésére;
- érműtét utáni kontrollként szövődémszövődmény gyanúja esetén vagy a nélkül;
- stent vagy stent-graft beültetése után.

CTA-vizsgálat nem javasolt az alábbi esetekben:

- vesefunkció-károsodás esetén, a kontrasztanyag nefrotoxikus hatása miatt;
- ismert kontrasztanyag-érzékenység esetén, a szövődémszövődmény kialakulása miatt;
- fiatalkorúaknál, a sugárterhelés miatt;
- nyugtalan, zavart tudatú beteg esetén, a mozgási műtermékek miatt.

## Vizsgálati módszer

A vizsgálati technika spirálmódban történik, a vizsgálathoz szükséges mezőhosszal, a vizsgálati területre fókuszált látótérrel (FOV), boluskövetéses technika alkalmazásával (bolus tracking). A vizsgálat kivitelezéséhez szükséges: intravénás, nem ionos, jódot tartalmazó, magas koncentrációjú kontrasztanyag, amelyet perfúzor se-

gítségével, nagy sebességgel (4–5 ml/mp) megfelelő átmérőjű perifériás (kar)vénán keresztül juttatunk az érpályába. A kontrasztanyag mennyisége 80–150 ml [2].

A nagy sebességű kontrasztanyag beadására azért van szükség, hogy az erekben a kontraszt(vér)-koncentráció magas legyen. Ennek pontos detektálását a boluskövetéses technika teszi lehetővé, amelynek segítségével közvetlenül megfigyelés alatt lehet tartani a referenciefelvétel kijelölt területén haladó kontrasztanyagot. Ha az előre beállított denzitás-küszöbértéket a kontraszt(vér) eléri, a spirálmérés automatikusan elindul. Így a vérnyomás, testalkati, keringési különbségekből adódó eltérések kiküszöbölhetők. Az ultragyors vizsgálati idő lehetővé teszi többfázisú (artériás, portális, vénás) vizsgálatok kivitelezését.

## Képrekonstrukciós lehetőségek

A spirálmérés során kapott munkaképekből – ami több száz képet jelent – a gyorsabb és könnyebb áttekinthetőség érdekében többszörös és háromdimenziós rekonstruált képek készülnek. Ennek segítségével az érrendszer anatómiai és patológiás viszonyai a valódi helyzetnek megfelelően ábrázolódnak. A munkaképeken az érlumenek a környezetükhöz képest magas denzitású területként láthatók. Ennek eredményeként az erezettség (vasculatura) szelektíven is megjeleníthető.

Leggyakrabban a MIP (legnagyobb intenzitás kivétel) algoritmusú rekonstrukció használatos. Az egymás mellé helyezett munkaképek egy hasábot alkotnak, amelyben az érlefutás folyamatosan követhető. Egy térfogatrész adott nézeti irányból történő ábrázolásakor mindig a legnagyobb denzitású térfogatelemek látszanak a képen. Az angiográfias kép úgy áll össze, hogy a legmagasabb denzitású térfogatelemek egy meghatározott mögöttes síkra vetülnek ki. A nagyobb kontrasztot mutató térfogatelemnek megfelelően a MIP-képeken is erősebb kontraszt fog ábrázolódni. Ez a projekció tetszőleges irányból és szögből elvégezhető, változtatható szeletvastagság mellett.

A valódi anatómiai, patológiás viszonyok szemléletes ábrázolása fontos. Például agyi aneurysmák esetén a MIP-képeken nem vagy nehezen észrevehető a trombotikus aneurysmazsák, de a munkaképeken az teljes méretben megjeleníthető.

VRT- (térfogati) rekonstrukcióval valódi 3D hatású angiográfias képek is készíthetők. Itt az alapképekből megszerkesztett háromdimenziós érhálózat ábrázolása számítógépes modellezés, felületi árnyékolás segítségével nyújt térbeli hatású vizuális élményt. A kontraszttartomány szabályozásával a keletkező képeken nem jelenik meg feltétlenül az alacsonyabb denzitású térfogatelemek által okozott háttérzaj, de ezzel együtt a kevésbé kontrasztos erek sem láthatóak. A számítógépes adatfeldolgozásnak köszönhetően az érképleteket körbeforgathatjuk, bármilyen nézetből áttekinthetjük. A színekódolt

szerv vagy érmegjelenítés révén a denzitásértékek alapján történő szinkódolás könnyebb tájékozódást tesz lehetővé a hagyományos szürke árnyalatú képekkel szemben [3].

A fentiekén kívül még több rekonstrukciós lehetőség kínálkozik.

Az *endoluminalis nézet* a 3D adathalmazban jelen lévő struktúrák belső felszínét jeleníti meg endoszkópszerű kép formájában. Ez egy perspektivikus térfogati rekonstrukció felületi árnyékolással, amely a határfelületek megjelenítését teszi lehetővé. A határfelületet a magas denzitású kontrasztanyag és az alacsony denzitású érfal képezi. Az ér lumenében egy virtuális kamera segítségével lehet manuálisan, illetve útvonal-kijelöléssel haladni.

*Csont- és szöveteltávolító program* segítségével csak az érstruktúra ábrázolása válik lehetővé, amely az adathalmaz célirányos csökkentésével megkönnyíti a tájékozódást [4].

A stenosisok mértékének megállapításában a *lumenanalízis* nyújt segítséget. A szűkület foka százalékban meghatározható. Az eljárás során érterületet számolunk ki az ép szakaszon és viszonyítjuk a szűkült szakaszhoz. Ez az úgynevezett areastenosis-mérés. Az 50%-nál nagyobb stenosis szignifikánsnak tekinthető. 75%-os szűkület már valamilyen beavatkozást tesz vagy tehet szükségessé. A mérés eredményét befolyásolja a vizsgálat kivitelezésénél alkalmazott látótér (FOV), az erekben lévő kontrasztanyag-koncentráció és a vizsgált ér falvastagsága [5]. E három tényező folytán a mérési hibalehetőségek száma szignifikánsan növekedhet. Nagy pontossággal mérhetők az a. carotis interna szűkületei, de praecocclusiv állapotok esetén (95% felett) az automatikus mérés hibás eredményt adhat, ezért ezekben az esetekben javasoljuk a manuális mérést. Az automatikus mérés referenciapontjait mindig ellenőrizni kell. A mérés megfelelő pontosságú az a. subclavia, a. renalis főág, a. mesenterica superior kezdeti szakasz, tripus Halleri és ágai, a. iliaca communis és externa, a. femoralis superficialis, a. poplitea szűkületének meghatározásában. Az a. cerebri media főágánál kisebb lumenű ereknél, valamint folyamatosan változó lumenű ereknél (például a. carotis externa, a. iliaca interna) a mérést nem ajánljuk.

Ezek mellett folyamatos képlejtászás, *moziüzemmód* választása is lehetséges, annak érdekében, hogy a valószínű viszonyokat tudjuk megjeleníteni. A rekonstrukciós és munkaképekből a felesleges részletek kivághatók, így csak a számunkra érdekes érstruktúra ábrázolható. Célszerű a vágást a 3D VRT-rekonstrukciókon végezni, mivel így jobban áttekinthető a kivágott térfogatrész.

A tökéletes angiográfias képek elkészítéséhez egy viszonylag új eljárást, a *CT-DSA-t* javasoljuk. Az angiográfias kép itt egy csökkentett dózisu natív és (normális dózisu) kontrasztos munkakép digitális úton történő kivonásával (szubtrakciójával) keletkezik. Kiváló minőségű, minimális rekonstrukciós igényű módszer, amely lehetővé teszi az erek szelektív ábrázolását a zavaró szöveti háttérzaj eltüntetésével. A csonteltávolító szoftve-

rekkel ellentétben a kritikus területek, mint például a. vertebralisok megjelenítése a cervicalis szakaszon, illetve carotisszifon ezzel a módszerrel könnyen ábrázolható. Hátránya a minimálisan megnövekedett sugárterhelésből, illetve az esetleges betegelmozdulásból adódik (tökéletlen szubtrakció). Mindezek ellenére ischaemiás stroke esetén javasolható az alkalmazása, mert ugyanazon méréssel egyben az agyi perfúziós vértér fogat (PBV) is ábrázolható. Megfelelő szoftver segítségével többsíkú parametrikus térkép hozható létre a teljes agyról, amelyen ábrázolódik a perfúziós kiesés helye és nagysága [6].

## A gyakorlati alkalmazás lehetőségei

A *cerebralis artériák* ábrázolásánál nagyon fontos a kiváló térbeli felbontás, mivel viszonylag kisméretű ereket kell nagy pontossággal megjeleníteni. A CT-angiográfia hasznos információt nyújt az agyi aneurysmák kimutatásában, megítélésében [1. a)–d) ábra]. Legnagyobb előnye, hogy akut subarachnoidealis vérzés esetén a natív vizsgálat után azonnal egy második kontrasztos méréssel elvégezhető, a beteg különösebb megterhelése nélkül. A koponyalap közelében a méisztartalmú csontok zavaróak a másodlagos rekonstrukciók elkészítésénél. A vénás-artériás megfordulási idő a cerebralis erek esetében néhány másodperc, ezért a szelektív ábrázolásra csak igen kevés idő áll rendelkezésre (a kitelődő vénák, sinusok zavarhatják az artériák megítélését) [7, 8, 9]. CT-angiográfiával a normál koponya-CT-vizsgálat alapján felmerülő aneurysmát imitáló képletek elkülöníthetők a valódi aneurysmától. Aneurysma gyanúját keltheti meningeoma [1. e) ábra] vagy rendellenes érlefutás [1. f) ábra] is.

További felhasználási terület az intracranialis artériás rendszerben cerebrovascularis történés esetén a stenosis vagy az occlusio kimutatása, a leptomeningealis collateralis hálózat megítélése. Az elzáródást a distalis érszakasz telődésének hiánya jelzi [10, 11]. Az arteria recurrens Heubner és az arteria chorioidea anterior is képi szempontból jelentős terület ellátásáért felelős, de ezek kimutatásában a DSA szenzitivitása lényegesen jobb a CT-angiográfiánál [12]. A határzóna-infarctusok kialakulásában egyéb okok mellett a nagyerek súlyos szűkületeinek, a Willis-kör hiányos voltának tulajdonítanak szerepet, ezek az elváltozások CT-angiográfiával szintén jól ábrázolhatók. Moyamoya-betegségben a CT-angiográfia mutatja a nagyérelzáródást és a fő collateralishálózatot [13].

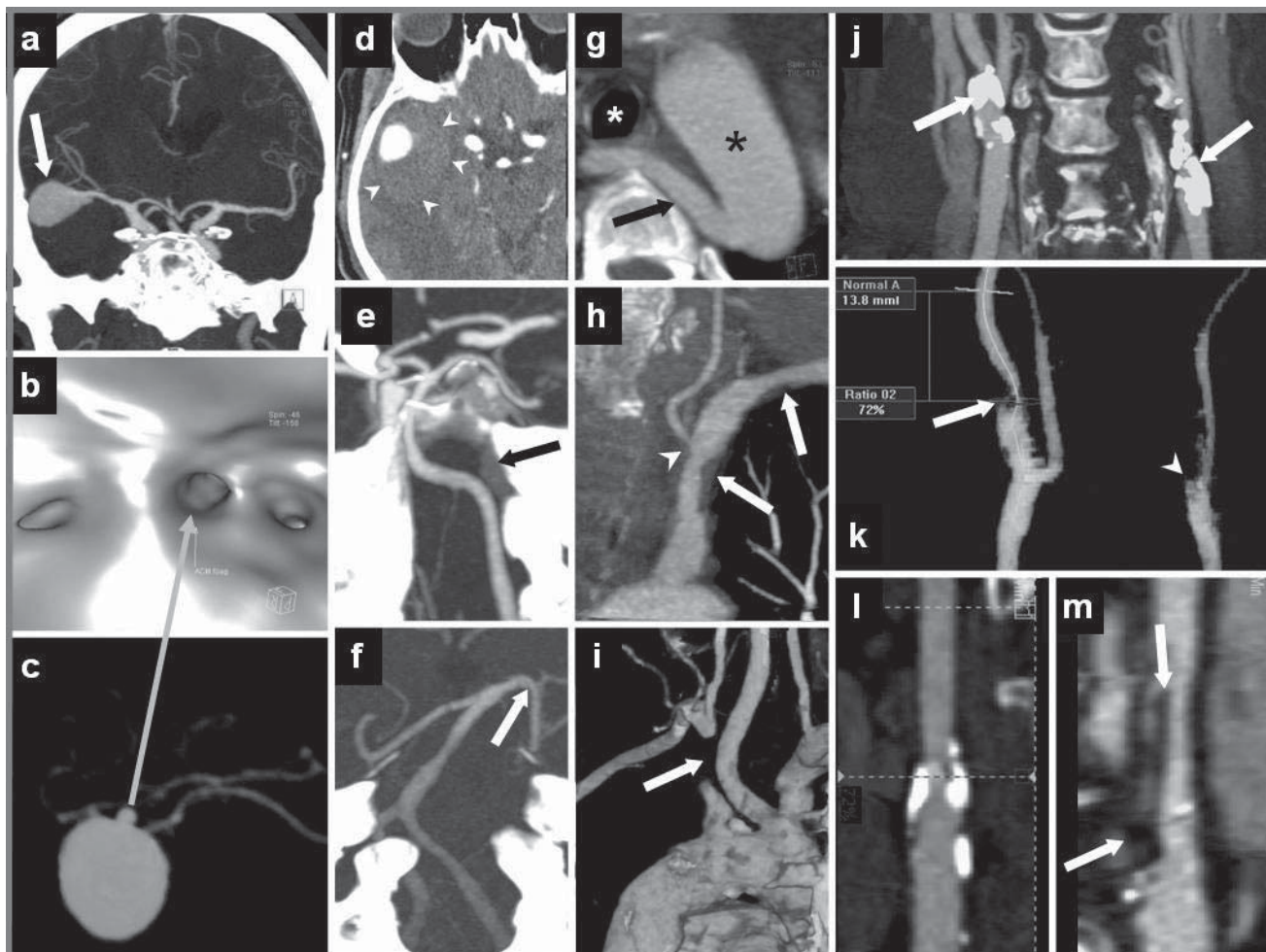
Arteriovenosus malformációk esetén a CT- vagy MR-vizsgálat kontrasztanyaggal kiegészítve legtöbbször elegendő a diagnózis felállításához. A CT-angiográfia segíthet a pontosabb tápláló artériák és drenáló vénák meghatározásában. Az elzáródott ereket a CT-angiográfia nem mutatja, viszont a hagyományos CT-képeken meszesedés formájában megjelenhetnek. CT-angiográfiával felállítható a carotideo-cavernosus fistula diagnózisa.

Az angiográfiai képek jellegzetesek, „felpuffadt” sinus cavernosus és vena ophthalmica(k) kontrasztanyagos telődése látható.

Tapasztalataink szerint a cerebralis aneurysmák és az obliteratív érbetegségek területén a CT-angiográfia egyre inkább teret hódít a DSA-val szemben, de az arteriovenosus malformációk vizsgálatában továbbra is a DSA-t kell mérvadónak tekinteni.

A nyaki nagyerek a supraaorticus eredéstől az intracranialis szakaszig kiválóan ábrázolhatók, a variáns és pa-

tológiás érlefutások pontosan megítélhetők. Az aortaív ágain gyakoriak a normál variációk. Az anomáliás éreredések közül kiemelendő az a. lusoria [14]. Az aberráns lefutású, gyakran nyelési panaszokat okozó ér és környezetéhez való viszonya CT-angiográfiával jól megítélhető [1. g] ábra]. A kóros elváltozások közül a szűkületek [1. b] ábra], elzáródások mellett aneurysmák, dissectiók kimutatása is lehetséges. Arteriovenosus malformációk esetén az aberráns erek a MIP és VRT ábrázolásmóddal jól feltérképezhetők.



1. ábra

Koponya- és supraaorticus erek CT-angiográfiai képei:

- 1. a) A. cerebralis media területi trombotizált giant aneurysma (fehér nyíl), coronalis MIP-kép (a trombotizált rész nehezen látható)
- 1. b) Az aneurysmazsák belsejében endoluminalis nézetben megjelent a. cerebralis media főtrónus tápláló szájadéka (szürke nyíl), valamint az elvezető erek szájadéka látható jobb és bal oldalon
- 1. c) Aneurysmazsák 3D VRT-modell
- 1. d) CT-angiográfiai munkakép, amelyen elkülöníthető a trombotizált rész (nyílhegyek) a valódi lumentől
- 1. e) Meningeoma (fekete nyíl), amely a hagyományos kontrasztanyag CT-vizsgálat során aneurysma gyanúját keltette. A coronalis MIP-képen elkülöníthető a bal a. vertebralistól (a jobb a. vertebralis hypoplasziás)
- 1. f) Rendellenes lefutású a. cerebralis posterior látható a coronalis MIP-képen (fehér nyíl), amely a natív CT-vizsgálat képein imitált aneurysmát
- 1. g) A. lusoria (fekete nyíl), axiális MIP-kép. Aortaív (fekete csillag), trachea (fehér csillag)
- 1. h) A. subclavián lágyplokk okozta szűkületek (fehér nyílak), coronalis MIP-kép. Szűkült az a. vertebralis kezdeti szakasza is (nyílhegy)
- 1. i) A. subclavia elzáródás (fehér nyíl), coronalis VRT-kép (hátsó nézet). Subclavian steal syndrome. Carotis communis rendellenes eredés (normális anatómiai variáns)
- 1. j) Coronalis MIP-kép a carotisbifurkációról, amelyen mindkét oldalon súlyos fokú meszesedés (fehér nyílak) látható
- 1. k) Az 1. j) képen látható jobb oldali carotis interna szűkület (fehér nyíl) – mértéke 72% – és bal oldali carotis interna elzáródás (nyílhegy), coronalis szegmentált VRT-kép
- 1. l) Az 1. j) és 1. k) képeken látható jobb oldali a. carotis interna szűkület érkitérítéssel készült MIP-képe
- 1. m) Érkitérítéssel készített MIP-kép az a. carotis communisból eredő és az a. carotis internába belépő „lebegő thrombusról” (fehér nyílak)

Az *arteria subclavián* a szubtotális occlusiók biztosan elkülöníthetők a teljes elzáródásoktól. Subclavian steal syndroma esetén az occlusio szintje CT-angiográfiával igazolható [1. i) ábra]. Az *arteria subclavián* az *arteria vertebralis* eredésénél esetlegesen fennálló szűkület mértéke is jól meghatározható. Lényeges a vizsgálat kivitelezésében, hogy a kontrasztanyagot az érintett oldallal ellentétes kar vénáján keresztül juttassuk be, így elkerülhető a v. subclavián beérkező magas koncentrációjú kontrasztanyag műtermékképző hatása (sugárfelkémnyedés).

A *carotisrendszer* állapotának a felmérése különösen nagy jelentőségű, mivel a carotisbifurkációban fellépő szűkületek, elzáródások számos neurovascularis betegség forrásai lehetnek [1. j) ábra]. A szűkületek mértéke százalékos formában meghatározható [1. k) ábra], amely az ultrahangvizsgálattal mért adatokkal jó korrelációt mutat. Ezenkívül információt kapunk a szűkület hosszáról, a plakkok jellegéről [1. l)–m) ábra] [15, 16, 17]. A rekonstrukciós lehetőségekkel szemléletesen megjeleníthető az *arteria carotis interna* elongációja, és a ritkábban előforduló coiling, kinking is.

*Saját gyakorlatunkban a carotisrendszer diagnosztikájában a CT-angiográfia teljes mértékben helyettesíti – kiváltotta – a DSA-vizsgálatot.*

Az *arteria vertebralisok* megítélése korlátozott értékű lehet a csontok közelsége miatt. Megfelelő szoftver (csonteltávolító) segítségével vagy CT-DSA alkalmazásával ez a korlát kiküszöbölhető. Amennyiben rendelkezésre áll mindkét lehetőség, javasoljuk a CT-DSA kivitelezését, mivel a szubtrakcióval tökéletesebb háttérkivonás érhető el.

A lobaris és szegmentális *pulmonalis artériák* embóliájának kimutatásában a CT-angiográfia érzékenysége magas, a specificitás megközelíti a 100%-ot [2. a)–b) ábra]. Szubssegmentális artériák embolizációja esetén azonban valamelyest szerényebb a diagnosztikus megbízhatóság. Magasabb koncentrációjú kontrasztanyag (400 mg I/ml) adásával azonban szignifikánsan magasabb a szubssegmentális artériák vizualizálása [18]. Az embolus forrása leggyakrabban az alsó végtagi és a medencei vénákban található. Klinikai gyanú esetén ezért az alsó végtag képalkotó (UH) vizsgálata is szükséges [19, 20, 21, 22]. Célszerű a CT-angiográfia után, késleltetés nélkül egy második fázis készítése a teljes mellkasi régióról, ugyanis más betegségek is állhatnak a háttérben, hasonló tüneteket okozva. Arteriovenosus malformációk esetén az általában nagyobb kaliberű ellátó és drenáló erek jól feltérképezhetők (2. c) ábra). Fistuláknál az artériás és vénás rendszer közötti sönt jól ábrázolódik. A többirányú, térfogati rekonstrukciók segítséget jelenthetnek a sebészi beavatkozás megtervezésében. Pulmonalis szekvesztráció esetén az ellátó szisztémás artériás érhalózat megjelenítése a diagnózis egyik fő szempontja. *A szív-CT-angiográfia specifikussága miatt nem képezi a tanulmány részét.*

A magzati életben az *aorta* és a pulmonalis artéria között fennálló kommunikáció normális esetben a megszületés után elzáródik. Nyitott Botall-vezeték (patent ductus arteriosus) esetén a nagyvérkör felől a kisvérkörbe többletvér áramlik. Attól függően, hogy milyen protokollal végezzük a CT-angiográfiát, pozitív (aortaprotokoll) vagy negatív (pulmonalis embólia protokoll) kontrasztú jet (folyadéksugár) jelenséget láthatunk a sagittalis képeken [23]. Coarctatio aortae elsődleges diagnózisának felállítása és kontrollvizsgálata is a beteg számára lényegesen kisebb megterhelése mellett végezhető el CT-angiográfiával, mint katéteres angiográfiával. Aortaműtétek utáni posztoperatív szövödmények (aneurysma), restenosisok szintén jól felismerhetők [24].

Az aortaaneurysmák mérete pontosan megállapítható a munkaképek alapján, figyelembe véve a valódi és a betrombotizált lumen viszonyát [2. d) ábra]. A VRT és MIP lehetősége a sebészi rekonstrukcióhoz is precíz útmutatóul szolgál [2. e) ábra]. DSA-val az aneurysma mérete a fali véralvadék miatt alulbecsülhető. Gyulladásos aneurysma esetén az aortafal és kisebb mértékben az aortát körülvevő lágyrész-szövet kontrasztanyag-halmozást mutat. Az akut dissectiók esetében egyértelműen CT-angiográfia javasolt, mert a kiterjedés (De Bakey-besorolás) mellett az oldalágak érintettsége, a valódi és állumen viszonya egyaránt ábrázolható. Az intima flap a munkaképeken és vékony rétegű MIP-képeken tisztán látszik. Általában az állumen nagyobb, lassúbb keringésű, ami második fázis alkalmazásával jobban megjeleníthető [25, 26].

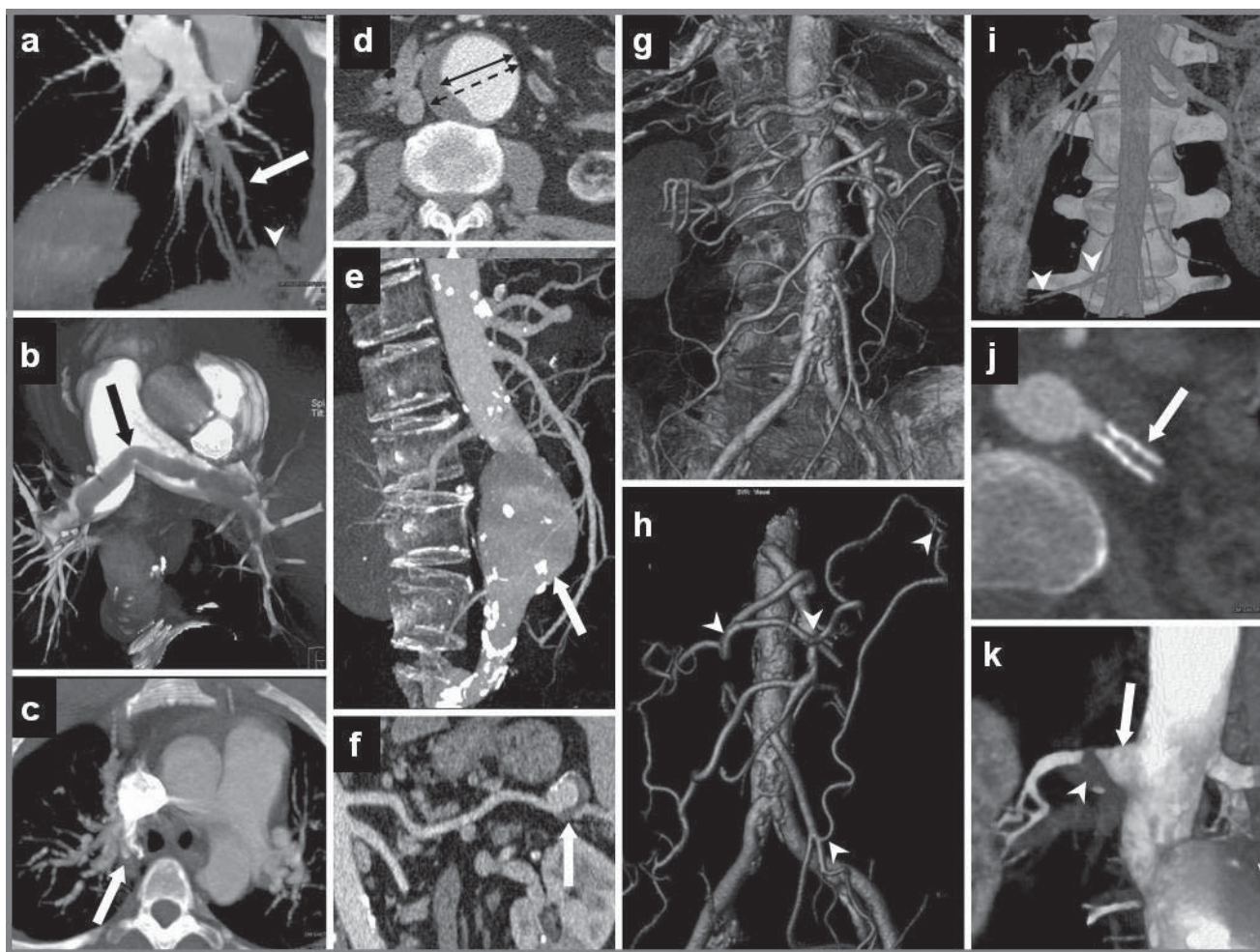
A hasi aorta főbb ágainak elzáródása vagy súlyos szűkülete lehet akut és krónikus jellegű. A *tripus Halleri* (truncus coelicus) ágainak elzáródása kevésbé életveszélyes. Felléphet részleges máj- vagy lépinfarktus. A szűkület, elzáródás mellett pancreatitishez társuló vagy degeneratív eredetű *arteria lienalis* aneurysma [2. f) ábra], illetve egyéb congenitalis eredetű tágulatok és aneurysmák megítélésére is használható a CT-angiográfia [27]. Az *arteria mesenterica superior* hirtelen elzáródása életveszélyes állapot, sürgős beavatkozást igényel. A CT-angiográfia a fő ág intravasculáris thromboemboliáját képes kimutatni, kis perifériás ágak megítélése már nehézségekbe ütközhet. Nem specifikus jelek, mint a koncentrikus bélfal-megvastagodás, kokárda, késői esetben intramuralis és portalis gáz segítheti a diagnózis felállítását. A heveny elzáródás embolizáció vagy aortadissectio következménye lehet. Idült elzáródás vagy szűkület főleg atherosclerosis miatt alakul ki, ritkábban külső kompresszió áll a háttérben. Ebben az esetben CT-angiográfiával a szűkület mértékének meghatározása mellett megjeleníthető az arcus Riolani major (Riolan-ív) is [2. g)–h) ábra]. Tapasztalataink szerint ez az anastomosis – amely az AMS-ből eredő a. colica media és az AMI-ből eredő a. colica sinistra között jön létre – 60% körüli AMS-főtörzs szűkületénél a MIP-képen már ábrázolható. Idült *arteria mesenterica inferior* elzáródása esetén sem kifejezett a collateralis hálózat az angiográfias képeken. Első-

sorban MIP-rekonstrukció segíthet ezek feltérképezésében [28, 29, 30, 31].

A szám feletti *arteria renalisok* (variációs éreredések) megítélésében a CT-angiográfiának komoly szerepe van. A vizsgálattal nagy érszakasz fedhető le, ezért távoli, distalis eredésű szám feletti veseartériák is felfedezhetők, amelyeknek ismerete sebészi szempontból fontos [2. *i*) *ábra*] [32]. Az egyik vagy mindkét veseartéria szignifikáns szűkülete és elzáródása renovascularis hipertensióhoz vezethet. A vizsgálat kimagasló határfokú az *arteria renalisok* főtörzs- és eredésstenosisának diagnosztikájában. A különböző vascularis stentek műtermékképző hatása minimális, így átjárhatóságuk jól meg-

ítélhető [2. *j*) *ábra*]. A kis szegmentális ágak megítélése a limitált térbeli felbontóképesség miatt bizonytalanabb lehet, ennek főleg tisztázatlan eredetű renovascularis hipertóniánál van jelentősége [33, 34, 35]. A hasi aortaaneurysma ráterjedhet a veseartériákra, és a betrombotizált rész szintén okozhat szűkületet [2. *k*) *ábra*].

Mivel a CT-angiográfiánál alkalmazott kontrasztanyagoknak nephrotoxicus hatásuk van, ezért vesefunkciókárosodás esetén MR-angiográfia javasolt (transzplantált vesék monitorozása). Érdekességként megemlítjük, hogy a gadolíniumtartalmú MR-kontrasztanyag alternatívaként alkalmazható CT-angiográfiához is. *Chicoskie* és *Tello* a hasi erekben végzett tanulmányukban részletesen



2. *ábra*

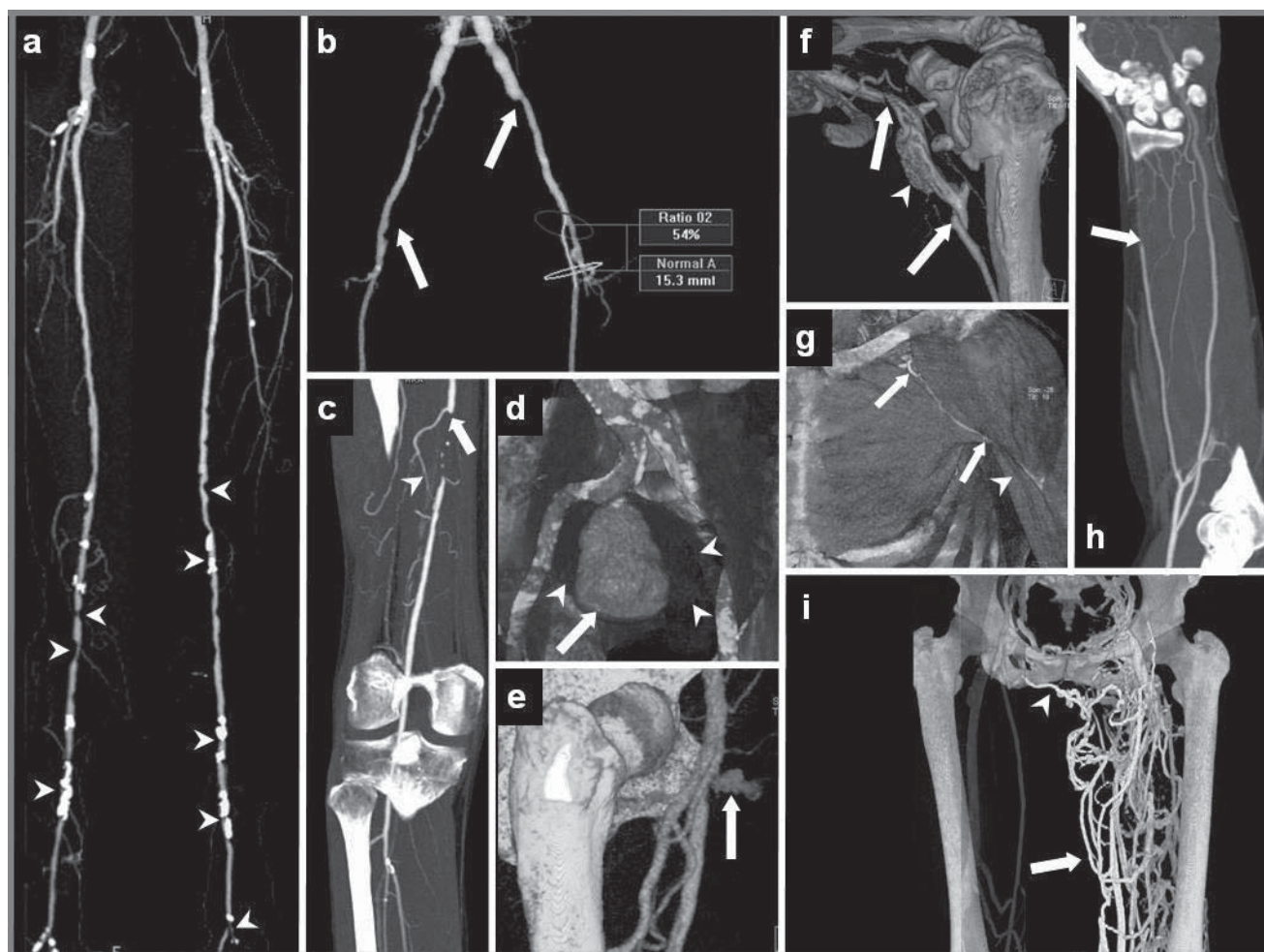
Mellkasi és hasi erek CT-angiográfias képei:

2. *a*) Bal oldali szegmentális pulmonalis embólia (fehér nyíl), sagittalis MIP-kép. Következmenyes infarktus (nyílhegy)
2. *b*) „Lovaglóthrombus” a pulmonalis főtörzs oszlásában (fekete nyíl), paraxialis VRT-metszet
2. *c*) Pulmonalis arteriovenosus malformáció (fehér nyíl), axialis MIP-kép. Kóros összeköttetés a v. pulmonalisok és v. cava superior között (bal-jobb sönt)
2. *d*) Hasi aortaaneurysma munkaképe. Valódi lumen átmérője (fekete nyíl), állumen átmérője (szaggatott fekete nyíl)
2. *e*) Hasi aortaaneurysma (fehér nyíl), sagittalis VRT-kép. Az aorta- és a. iliaca communis falán meszes plakkok is láthatók
2. *f*) Részlegesen trombotizált a. lienalis aneurysma (fehér nyíl) érkitertéssel készült MIP-képe
2. *g*) Hasi aorta és ágainak coronalis VRT-képe. Arcus Riolani major nehezen kivehető a szegmentális nélküli képen
2. *h*) Hasi aorta és ágainak szegmentált coronalis VRT-képe. Arcus Riolani major lefutása követhető (nyílhegyek)
2. *i*) Jobb vese alsó pólusát ellátó járulékos artéria (nyílhegyek), coronalis VRT-kép. Eredése közvetlenül az aortabifurkáció felett látható
2. *j*) Bal a. renalisba ültetett stent elzáródása (fehér nyíl), axialis MIP-kép
2. *k*) A. renalis aneurysma (fehér nyíl), coronalis VRT-kép. A trombotizált rész (nyílhegy) súlyos fokban szűkíti (95%) a lument

kifejtik ennek megvalósítási lehetőségét és határait. Speciális protokollt javasolnak olyan esetekben, amikor vesekárosodás miatt nem ajánlott a jódtartalmú kontrasztanyag alkalmazása, és az MR ellenjavallat (esetleg berendezéshiány) miatt MR-angiográfia sem végezhető [36].

Több detektorsoros CT-berendezésekkel teljes végtagi CT-angiográfiák elkészítésére is lehetőség van. A perifériás obliteratív érbetegségek közül a leggyakoribb az alsó *végtagi artériák* atheroscleroticus kórfolyamata [3. a)–c) *ábra*], de egyéb kórok következtében is fellép-

hetnek stenotizáló, occlusiv elváltozások (fibromuscularis dysplasia, thrombangitis obliterans, arteritisek). A vizsgálatot az aortabifurkáció felett kell kezdeni. Ismert Leriche-szindróma esetén célszerű a vizsgálatot az a. renalisok magasságától indítani, mivel az elzáródás felső szintje a renalis artériák alatt található. Az atheroscleroticus, traumás, posztoperatív aneurysmák és pseudoaneurysmák leggyakrabban az a. iliaca, femoralis, poplitea rendszeren alakulnak ki [3. d)–e) *ábra*]. Az aneurysmában képződő thrombus okozhat distalis embolizációt. Az erek szelektív megjelenítése nélkül is kiértékelhetők



3. *ábra*

Medence, alsó és felső végtag ereinek CT-angiográfias képei:

3. a) Súlyos fokú atherosclerosis következtében kialakult mindkét oldali a. femoralis szűkületei, szegmentált MIP-kép. A többszörös szűkületet meszes és lágy plakk egyaránt okozza (nyílhegyek)
3. b) Szegmentált coronalis MIP-kép, amely a jobb oldali a. femoralis superficialis és bal oldali a. iliaca interna elzáródását (fehér nyílak) ábrázolja (a jobb oldali a. femoris profunda megerősödött). A bal a. femoralis superficialis kezdeti szakaszán szignifikáns szűkület (54%) is mérhető
3. c) A. femoralis superficialis részleges elzáródása (fehér nyíl). A coronalis MIP-képen a collateralis (nyílhegy) is ábrázolódik
3. d) A. iliaca interna aneurysma (fehér nyíl), paracoronalis VRT-kép. Az aneurysma részlegesen trombotizált (nyílhegyek). Az aorta és a. iliaca rendszer súlyos fokban meszesedett
3. e) Iatrogen beavatkozás következtében kialakult álaneurysma (fehér nyíl). Sagittális VRT-kép
3. f) A. axillaris elzáródás (fehér nyílak). A coronalis VRT-képen a vállízület alatt egy amorf meszes képlet (nyílhegy) ábrázolódik, amely az elzáródást okozta (régóta trauma következménye)
3. g) A 3. f) ábrán látható a. brachialis elsődleges collateralisa (fehér nyílak), amely a mell- és vállizom között fut. Coronalis (alacsony küszöbértékű) VRT-rekonstrukció. A. brachialis (nyílhegy)
3. h) A. radialis distalis elzáródás (fehér nyíl), coronalis MIP-kép
3. i) Krónikus mélyvénás trombózis következtében kialakult collateralis hálózat (fehér nyíl), coronalis VRT-kép. Palme-sönt (nyílhegy). Az ellenoldalon normális vénás rendszer

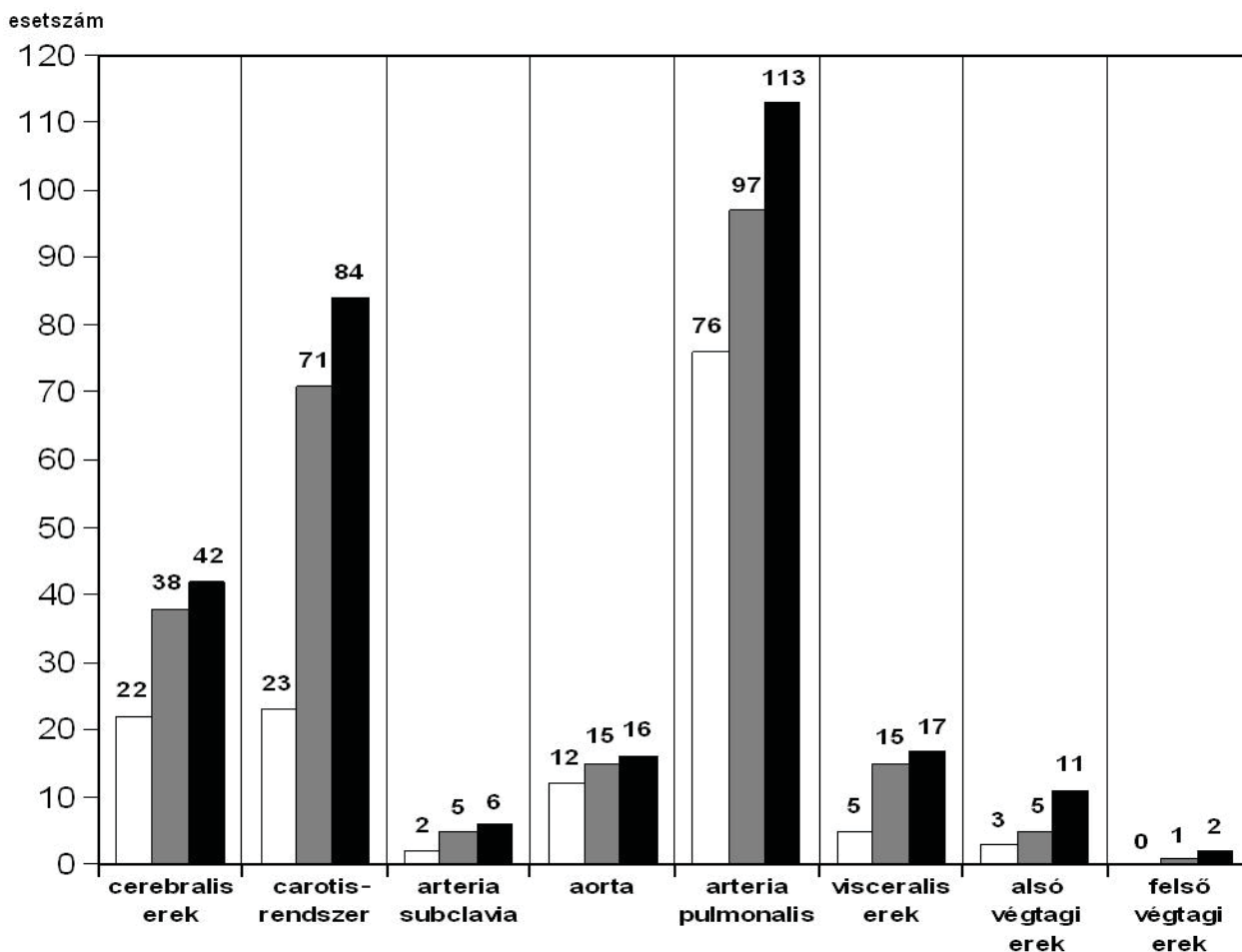
az adott érszakaszok, de csonteltávolító szoftver segítségével a rekonstrukciós kidolgozás ideje lényegesen lerövidül. Proximalis szűkület és elzáródás esetén a lassúbb áramlású végtagon a kontrasztanyag-halmozás az ellenoldalhoz képest alacsonyabb intenzitású. A DSA-vizsgálathoz képest ez a jelenség nem zavaró, mert a MIP-képek elkészítéséhez a kismértékű intraluminalis opacitás-növekedés is elegendő. A felső végtagok érbetegségei ritkább előfordulásúak, mint az alsó végtagi elváltozások [3. f) ábra]. Artériás embólia következtében kialakuló elzáródás CT-angiográfiával igazolható [3. g) ábra]. Itt is lényeges, hogy a kontrasztanyagot az ellenoldali kar vénáján keresztül juttassuk be [37, 38, 39, 40, 41].

CT-angiográfias vizsgálattal az intravénás kontrasztanyag befecskendezési helyétől számítva a proximalis vénák is vizsgálhatók az artériás fázis előtt. Így a hagyományos röntgenkontraszt-vizsgálatokhoz hasonlóan vena cava superior és inferior, illetve végtagi vénás angiográfias képek készíthetők [3. i) ábra]. Természetesen vena cava inferior és alsó végtagi vénák vizsgálata esetén láb felől történik a kontrasztanyag befecskendezése. A vénás rendszer vizsgálatánál kisebb mennyiségű kontrasztanyagot, alacsony befecskendezési sebességet (0,5–2 ml/s)

alkalmazunk, hogy csökkentsük a kontrasztanyag műtermékképző hatását. Jó időzítéssel akár 20–50 ml kontrasztanyag is elegendő lehet.

### Eredmények

A 4. ábrán látható, hogy az általunk elvégzett vizsgálatok közül kimagasló az a. pulmonalisok CT-angiográfias vizsgálata a többi CT-angiográfias vizsgálathoz képest. Ennek részben az oka, hogy pulmonalis embólia diagnózisának felmerülésekor az elsőként választandó képalkotó diagnosztikai eljárás a CT-angiográfia. A többi CT-angiográfias vizsgálat a bevezető, 2006-os évben a módszernek a klinikusokkal való megismertetését jelentette. 2007-ben már lényeges progresszió következett be, elsősorban a carotis- és cereberalis rendszer CT-angiográfias vizsgálatainak számában, amely 2008-ban további, de az előző évhez képest csekélyebb növekedést mutat. Megjegyezzük, hogy az általunk végzett carotis-CT-angiográfiai protokollhoz az aortaív és a cereberalis erek vizsgálata is hozzátartozik. Az itt feltüntetett cereberalis CT-angiográfia kizárólag ezen vizsgálatokat tartalmazza.



4. ábra

Három év CT-angiográfiai vizsgálatainak felosztása.

Fehér oszlopok – 2006-os év, összes esetszám 143; Szürke oszlopok – 2007-es év, összes esetszám 247; Fekete oszlopok – 2008-as év, összes esetszám 291



## Következtetés

A CT-angiográfia noninvazív vizsgálati módszert jelent az érdiagnosztikában, jó minőségű vascularis képi megjelenítéssel. Nagy előnye, hogy a lumennel egyidejűleg az érfal és a perivascularis tér is megítélhető. Számos esetben, akár ultrahangos vascularis vizsgálattal kiegészítve, pontos diagnózis állítható fel, mellőzve a beteg számára megterhelőbb invazív angiográfiát. A Markusovszky Kórházban található Siemens Somatom Emotion 16 CT-berendezésen elvégzett közel 700 CT-angiográfias vizsgálat lehetővé tette gyors és pontos diagnózisok felállítását, elősegítve ezzel a klinikusok és sebészek munkáját, valamint a betegek számára invazív beavatkozások elkerülését. Tapasztalataink alapján első sorban a carotis-, cerebialis, pulmonalis erek CT-angiográfias vizsgálatát igénylik a klinikusok. Egyre több esetben kiváltható vele más, a betegek számára megterhelőbb, képalkotó módszer (DSA), illetve egyéb képalkotó eljárásokkal együtt, azokat kiegészítve, növeli a diagnózis pontosságát. Az általunk elvégzett vizsgálatok eredményei jó korrelációt mutatnak a nemzetközi irodalomban leírt tapasztalatokkal.

Az MDCT-berendezések, és ezáltal a CT-angiográfia is a közeljövőben további, forradalmi változásokon megy át, amely még jobban hangsúlyozni fogja a jelentőségét. A technikai fejlődésnek köszönhetően, olyan több száz (256, 320) detektorsoros (szeletes) berendezések jelennek meg, amelyek teljesen új protokoll kidolgozását igénylik [42]. A szeletek háborúja (slice wars) folytatódik.

## Irodalom

- [1] Reiser, F. M., Takahashi, M., Modic, M. és mtsai: Multislice CT. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2002, 3–19.
- [2] Cademartiri, F., Luccichenti, G., Pavone, P. és mtsai: Sixteen-row multislice computed tomography: Basic concepts, protocols, and enhanced clinical applications. *Seminars in Ultrasound CT and MRI*, 2004, 25, 2–16.
- [3] Salgado, R., Mulken, T., Özsarlak, Ö. és mtsai: CT angiography: Basic principles and post-processing applications. *JBR-BTR*, 2003, 86, 336–340.
- [4] van Straten, M., Venema, H. W., Majoie, C. B. L. M. és mtsai: Automatic bone removal in CT angiography. *Medicamundi*, 2005, 49, 4–8.
- [5] Suzuki, S., Furui, S., Kaminaga, T.: Accuracy of automated CT angiography measurement of vascular diameter in phantoms: Effect of size of display field of view, density of contrast medium, and wall thickness. *Am. J. Roentgenol.*, 2005, 184, 1940–1944.
- [6] Halász Sz., Puskás T.: A perfúziós komputertomográfiai vizsgálatok szerepe az ischaemiás stroke diagnosztizálásában. *Orv. Hetil.*, 2008, 149, 1059–1065.
- [7] Tomandl, B. F., Köstner, N. C., Schempersbofe, M.: CT angiography of intracranial aneurysms: A focus on postprocessing. *Radiographics*, 2004, 24, 637–675.
- [8] Vörös, E., Barzó, P., Szentgyörgyi, R. és mtsai: Az MR-angiográfia, a CT-angiográfia és a digitális subtractió angiográfia helye az intracranialis aneurysmák diagnosztikájában. *Ideggy. Szle.*, 1998, 51, 389–394.
- [9] Vörös E.: A mágneses rezonanciás angiográfia és komputertomográfias angiográfia alkalmazása ér eredetű neurológiai kórképekben. *Ideggy. Szle.*, 2000, 53, 409–412.
- [10] Romero, J. M.: CT angiography source image evaluation for stroke. *Seminars in Ultrasound CT and MRI*, 2005, 26, 387–393.
- [11] Nemes B., Kalina I., Simonffy Á.: Modern képalkotó eljárások heveny vascularis kórképekben. *Háziorvosi Továbbképző Szemle*, 2006, 11, 683–687.
- [12] Villablanca, J. P., Rodriguez, F. J., Stockman, T.: MDCT angiography for detection and quantification of small intracranial arteries: Comparison with conventional catheter angiography. *Am. J. Roentgenol.*, 2007, 188, 593–602.
- [13] Larazzabal, C. G., Bhoey, H. K., Lim, M. C. L.: Use of multidetector CT in the diagnosis of moyamoya disease. *Medicamundi*, 2005, 49, 22–26.
- [14] Ka-tak, W., Lam, W. W. M., Yu, S. C. H.: MDCT of an aberrant right subclavian artery and of bilateral vertebral arteries with anomalous origins. *Am. J. Roentgenol.*, 2007, 188, 830–831.
- [15] Randoux, B., Marro, B., Koskas, F. és mtsai: Carotid artery stenosis: prospective comparison of CT, three-dimensional gadolinium-enhanced MR, and conventional angiography. *Radiol.*, 2001, 220, 179–185.
- [16] Alvarez-Linera, J., Benito-León, J., Escribano, J. és mtsai: Prospective evaluation of carotid artery stenosis: elliptic centric contrast-enhanced MR angiography and spiral CT angiography compared with digital subtraction angiography. *Am. J. Neuroradiol.*, 2003, 24, 1012–1019.
- [17] Janof, J., Olszewski, M. E., Virmani, S. és mtsai: The emerging role of cerebral CTA in carotid diagnosis and individualized treatment planning. *Medicamundi*, 2006, 50, 4–11.
- [18] Schoellnast, H., Deutschmann, H. A., Fritz, G. A. és mtsai: MDCT angiography of the pulmonary arteries: Influence of iodine flow concentration on vessel attenuation and visualization. *Am. J. Roentgenol.*, 2005, 184, 1935–1944.
- [19] Filippek, M. S., Gosselin, M. V.: Multidetector pulmonary CT angiography: Advances in the evaluation of pulmonary arterial diseases. *Seminars in Ultrasound CT and MRI*, 2004, 25, 83–98.
- [20] Macdonald, S. L. S., Mayo, J. R.: Computed tomography of acute pulmonary embolism. *Seminars in Ultrasound CT and MRI*, 2003, 24, 217–231.
- [21] Wittram, C., Maher, M. M., Yoo, A. J. és mtsai: CT angiography of pulmonary embolism: Diagnostic criteria and causes of misdiagnosis. *Radiographics*, 2004, 24, 1219–1238.
- [22] Wittram, C.: How is do it: CT pulmonary angiography. *Am. J. Roentgenol.*, 2007, 188, 1255–1261.
- [23] Goitein, O., Fuhrman, C. R., Lacomis, J. M.: Incidental finding on MDCT of patent ductus arteriosus: Use of CT and MRI to assess clinical importance. *Am. J. Roentgenol.*, 2005, 184, 1924–1934.
- [24] Sebastiá, C., Quiroga, S., Boyé, R. és mtsai: Aortic stenosis: Spectrum of diseases depicted at multisection CT. *Radiographics*, 2003, 23, s79–s91.
- [25] Blankenstejn, J. D.: Imaging techniques for endovascular repair of abdominal aortic aneurysms. *Medicamundi*, 2000, 44, 18–26.
- [26] Macura, K. J., Szarf, G., Fishman, E. K.: Role of computed tomography and magnetic resonance imaging in assessment of acute aortic syndromes. *Seminars in Ultrasound CT and MRI*, 2003, 24, 232–254.
- [27] Agrawal, G. A., Johnson, P. T., Fishman, E. K.: Splenic artery aneurysms and pseudoaneurysms: Clinical distinctions and CT appearances. *Am. J. Roentgenol.*, 2007, 188, 992–999.
- [28] Horton, K. M., Fishman, E. K.: Multidetector row and 3D CT of the mesenteric vasculature: Normal anatomy and pathology. *Seminars in Ultrasound CT and MRI*, 2004, 24, 353–363.
- [29] Horton, K. M., Fishman, E. K.: Volume-rendered 3D CT of the mesenteric vasculature: Normal anatomy, anatomic variants, and pathologic conditions. *Radiographics*, 2002, 22, 161–172.

- [30] *Cademartiri, F., Raaijmakers, R. H. J. M., Kuiper, J. W. és mtsai:* Multidetector row CT angiography in patients with abdominal angina. *Radiographics*, 2004, 24, 969–984.
- [31] *Wintersperger, B. J., Nikolaou, K., Becker, C. R.:* Multidetector-row CT angiography of the aorta and visceral arteries. *Seminars in Ultrasound CT and MRI*, 2004, 25, 25–40.
- [32] *Raman, S. S., Pojchamarnwiputh, S., Muangsomboon, K. és mtsai:* Surgically relevant normal and variant renal parenchymal and vascular in preoperative 16-MDCT evaluation of potential laparoscopic renal donors. *Am. J. Roentgenol.*, 2007, 188, 105–114.
- [33] *Green, D., Parker, D.:* CTA and MRA: Visualization without catheterization. *Seminars in Ultrasound CT and MRI*, 2003, 24, 185–191.
- [34] *Talenfeld, A. D., Schwoppe, R. B., Alper, H. J. és mtsai:* MDCT angiography of the renal arteries in patients with atherosclerotic renal artery stenosis: Implications for renal artery stenting with distal protection. *Am. J. Roentgenol.*, 2007, 188, 1652–1659.
- [35] *Nagy E., Kardos L., Morvay Z. és mtsai:* A spirál CT-angiográfia szerepe az arteria renalis szűkületek kimutatásában. *Magyar Radiológia*, 2000, 74, 101–105.
- [36] *Chicostie, C., Tello, R.:* Gadolinium-enhanced MDCT angiography of the abdomen: Feasibility and limitations. *Am. J. Roentgenol.*, 2005, 184, 1821–1828.
- [37] *Jakobs, T. F., Wintersperger, B. J., Becker, C. R.:* MDCT-imaging of peripheral arterial disease. *Seminars in Ultrasound CT and MRI*, 2004, 25, 145–155.
- [38] *Kock, M. C. J. M., Dijkshoorn, M. L., Pattynama, P. M. T.:* Multi-detector row computed tomography angiography of peripheral arterial disease. *Eur. Radiol.*, 2007, 17, 3208–3222.
- [39] *Umeoka, S., Koyama, T., Togashi, K.:* Vascular dilatation in the pelvis: Identification with CT and MR imaging. *Radiographics*, 2004, 24, 193–208.
- [40] *Wright, L. B., Matchett, W. J., Cruz, C. P.:* Popliteal artery disease: Diagnosis and treatment. *Radiographics*, 2004, 24, 467–506.
- [41] *Becker, C. R., Wintersperger, B., Jakobs, T. F.:* Multidetector-row CT angiography of peripheral arteries. *Seminars in Ultrasound CT and MRI*, 2003, 24, 288–279.
- [42] <http://www.visions-journal.com/GB-2008-V13S/S-30-33.pdf?PHPSESSID=8c644be74e86f283c8671ecc61daa6c8>

(Halász Szabolcs,  
Szombathely, Szent Flórián krt. 39., 9700  
e-mail: hal04@freemail.hu)



## Reha-Klinik NATURANA

36364 Bad Salzschlirf, Németország

Orvoscsapatunk erősítéséhez keresünk **Osztályos orvost (szakvizsga nélkül is)**, valamint **Neurológus szakvizsgával rendelkező orvost (adjunktusi beosztásra)**

140 ágyas klinikánkon neurológiai, ortopédiai, belgyógyászati és baleseti sebészeti osztályokon kezeljük a betegeket.

Klinikánk a legmodernebb diagnosztikai felszereltséggel és terápiás lehetőségekkel rendelkezik.

Ha Ön jól beszél és ír németül, és magas kereseti lehetőségre vágyik, akkor jelentkezzen klinikánkra orvosnak.

Segítségére leszünk a lakáskeresésnél és a munkába való beilleszkedésnél is.

Várjuk jelentkezését az alábbi elérhetőségeken:

**Főorvos Dr. Chaker (a budapesti Semmelweis Egyetemen diplomázott)**

**Reha-Klinik NATURANA**

**Bonifatiusstraße 7, 36364 Bad Salzschlirf, Németország**

**Telefon: 00496648-58-905, telefax: 00496648-58-580,**

**e-mail: chaker@naturana.net, honlap: <http://www.rehaklinik-naturana.de>**