

A kontrasztanyag nélküli mágnesesrezonancia-angiográfia diagnosztikus teljesítménye alsó végtagi verőérbetegekben

Juhász Georgina¹ ■ Csőre Judit dr.¹ ■ Suhai Ferenc Imre dr.¹
Gyánó Marcell dr.¹ ■ Pataki Ákos dr.¹ ■ Vecsey-Nagy Milán dr.¹
Pál Dániel dr.² ■ Fontanini Daniele Mariastefano dr.¹
Bérczi Ákos dr.¹ ■ Csobay-Novák Csaba dr.^{1,3}

¹Semmelweis Egyetem, Városmajori Szív- és Érgyógyászati Klinika, Intervenció Radiológiai Tanszék, Budapest

²Semmelweis Egyetem, Városmajori Szív- és Érgyógyászati Klinika, Érsebészeti és Endovaszkuláris Tanszék, Budapest

³Semmelweis Egyetem, Semmelweis Aortacentrum, Budapest

Bevezetés: Az alsó végtagi verőérbetegség (lower extremity arterial disease, LEAD) gyakran szövődik krónikus veseelégtelenséggel, így az érintett betegeknek kiemelten fontos a nephroprotectív képalkotó eljárások alkalmazása.

Célkitűzés: Célunk a kontrasztanyag nélküli „quiescent-interval single-shot” mágnesesrezonancia-angiográfia (QISS MRA) és digitális szubtrakciós angiográfia (DSA) diagnosztikus teljesítményének összehasonlítása volt.

Módszerek: A LEAD-betegeknek az elektív, diagnosztikai célú DSA napján QISS MRA vizsgálatot is végeztünk. Egy 19 szegmentumból álló modell alapján értékeltük a szűkület mértékét (nincs szűkület, <50%, 50–70%, >70%) és a képminőséget (5 pontos Likert-skála, 1: nem diagnosztikus, 5: kiváló képminőség). A QISS MRA diagnosztikus teljesítményét az obstruktív (>70%) lumenszűkültre vonatkoztatva határoztuk meg, a DSA-t tekintve referenciastandardként. A szűkületek megítélhetőségének interobszerver reprodukálhatóságát az 'intraclass' korrelációs koefficiens (ICC) kiszámításával osztályoztuk.

Eredmények: 34 betegnél 623 szegmentumot értékeltünk a fenti szempontok szerint (10 nő, átlagéletkor: 67 ± 9 év). A QISS MRA minden régióban legalább a DSA-val megegyező, jó képminőséget eredményezett (minden régió: 4 [4–5] vs. 4 [3–5]; aortoiliacalis: 4 [4–4] vs. 4 [4–5]; femoropoplitealis: 4 [4–4] vs. 4 [4–5]; tibioperonealis: 4 [4–5] vs. 3,5 [3–4]; minden esetben p<0,01). A QISS MRA értékelhetősége az összes régióban felülmúlta a DSA-t (99,0% vs. 96,1%, p<0,001). A diagnosztikusan értékelhetetlen szegmentumok száma négyszer több volt a DSA esetében, mint a QISS MRA-nál (n = 24 vs. n = 6). A QISS MRA diagnosztikus pontossága 91,3%, szenzitivitása 84,8%, specificitása 93,0%, pozitív prediktív értéke 76,3%, negatív prediktív értéke 95,8% volt. A szűkület mértékének interobszerver variabilitása az összes régióra vonatkoztatva 0,94 volt a QISS MRA és 0,88 a DSA esetében.

Következtetés: A QISS MRA megbízható alternatívának bizonyult a DSA-val összehasonlítva az alsó végtagi verőérbetegség diagnosztikájában.

Orv Hetil. 2022; 163(45): 1782–1788.

Kulcsszavak: perifériás artériás betegség, veseelégtelenség, mágnesesrezonancia-angiográfia, digitális szubtrakciós angiográfia

Diagnostic performance of non-contrast magnetic resonance angiography in patients with lower extremity arterial disease

Introduction: Lower extremity arterial disease (LEAD) is often associated with chronic renal failure, so the use of nephroprotective modalities is essential.

Objectiv: We compared the diagnostic performance of non-contrast quiescent-interval single-shot magnetic resonance angiography (QISS MRA) and digital subtraction angiography (DSA).

Methods: QISS MRA and DSA images of LEAD patients were compared. A 19-segment model was used to grade the degree of stenosis (none, <50%, 50–70%, >70%) and image quality (5-point Likert scale; 1: non-diagnostic, 5: excellent image quality). The diagnostic accuracy and interpretability were calculated in terms of obstructive (>70%) ste-

nosis; DSA was the reference standard. Intraclass correlation coefficient (ICC) was calculated for interobserver reproducibility of image quality and stenosis assessment.

Results: 623 segments were evaluated in 34 patients (10 women, mean age: 67 ± 9 years). Image quality of QISS MRA was at least equivalent to DSA in all regions (all regions: 4 [4–5] vs. 4 [3–5]; aorto-iliac: 4 [4–4] vs. 4 [4–5]; femoro-popliteal: 4 [4–4] vs. 4 [4–5]; tibio-peroneal: 4 [4–5] vs. 3.5 [3–4]; all $p \leq 0.01$). The interpretability of QISS MRA was superior to DSA in all regions (99.0% vs. 96.1%, $p < 0.001$). The proportion of non-diagnostic segments was six times higher for DSA than for QISS MRA (24 vs. 4). The diagnostic accuracy of QISS MRA was 91.3%, sensitivity 84.8%, specificity 93.0%, positive predictive value 76.3%, negative predictive value 95.8%. In stenosis grading, the ICC for all regions was 0.94 for QISS MRA and 0.88 for DSA.

Conclusion: QISS MRA proved to be a reliable alternative to DSA in the diagnosis of lower extremity arterial disease.

Keywords: peripheral arterial disease, renal failure, magnetic resonance angiography, digital subtraction angiography

Juhász G, Csöre J, Suhai FI, Gyánó M, Pataki Á, Vecsey-Nagy M, Pál D, Fontanini DM, Bérczi Á, Csobay-Novák Cs. [Diagnostic performance of non-contrast magnetic resonance angiography in patients with lower extremity arterial disease]. *Orv Hetil.* 2022; 163(45): 1782–1788.

(Beérkezett: 2022. július 12.; elfogadva: 2022. augusztus 21.)

Rövidítések

3D = háromdimenziós; CE = (contrast-enhanced) kontrasztanyag; CI = (confidence interval) konfidenciaintervallum; CIN = (contrast-induced nephropathy) kontrasztanyag-indukált nephropathia; CTA = (computed tomography angiography) komputertomográfia-angiográfia; DSA = digitális szubtrakciós angiográfia; EKG = elektrokardiográfia; GFR = (glomerular filtration rate) glomerularis filtrációs ráta; ICC = (intraclass correlation coefficient) osztályon belüli korrelációs koefficiens; IQR = (interquartile range) interkvartilis tartomány; LEAD = (lower extremity arterial disease) alsó végtagi verőérbetegség; MIP = (maximal intensity projection) a legnagyobb intenzitás kivetítése; MRA = mágnesesrezonancia-angiográfia; NEMRA = (non-enhanced MRA) kontrasztanyag nélküli mágneses rezonancia angiográfia; NSF = nephrogen szisztémás fibrosis; QISS = (quiescent-interval single-shot); SD = standard deviáció

Az alsó végtagi verőérbetegség (LEAD) az atheroscleroticus megbetegedés egyik leggyakoribb megnyilvánulási formája, amely a legfrissebb nemzetközi elemzések szerint – az öregedés és a kockázati tényezők előre jelzett növekedése miatt – az elkövetkező évek kiemelten fontos népegészségügyi problémájává válhat [1–4].

A LEAD 2010-ben világszerte 202 millió személyt érintett, és mindössze öt év leforgása alatt 237 millióra nőtt a betegek száma; ez 17%-os incidencianövekedést jelent [5–7].

A Song és mtsai által publikált metaanalízis szerint a betegség globális prevalenciája 5,6%-ra tehető (95% CI 3,8–8,6), ez a szám azonban az életkor előrehaladtával jelentős mértékben nő: a 70 évesek körében csaknem 13% (12,9%; 95% CI 9,8–16,9), és a 85 év feletti populációban a 19%-ot is meghaladja (19,3%; 95% CI 12,8–27,8) [4].

A betegség jelentőségét tovább növeli, hogy a betegek 10 éven belüli halálzási kockázata eléri a 40%-ot, és a vascularis kórokú halálzás esélye hatszor nagyobb az

érintett betegpopulációban [8, 9]. A kórkép korai felismerése és kezelése tehát a növekedő esetszám mellett – a nem kívánt szív- és érrendszeri szövödmények megelőzése és a következményes halálzás elkerülése érdekében – kiemelt jelentőségű [10].

A diagnosztika alapját a fizikális vizsgálat mellett a digitális szubtrakciós angiográfia (DSA), a komputertomográfia-angiográfia (CTA) és a mágnesesrezonancia-angiográfia (MRA) vizsgálatok jelentik. A képalkotó modalitás megválasztásakor tekintettel kell lennünk a beteg vesefunkciójára, valamint az ionizáló sugárzás alkalmazásának kockázatára [11].

A jódos kontrasztanyaggal végzett DSA kiváló térbeli felbontása és valós idejű, dinamikus jellege miatt még napjainkban is a perifériás erek vizsgálatának referencia-standardja. Invazív modalitásként azonban mind vérzéses, mind ionizáló sugárzással összefüggő komplikációk jelentkezhetnek a vizsgálat során, és problémát jelenthet az alkalmazott jódtartalmú kontrasztanyag nephrotoxicus hatása is [12].

Az utóbbi évtizedekben egyre inkább a noninvazív képalkotó eljárások kerültek előtérbe, mint például a CTA, illetve a kontrasztanyag MRA (CE MRA) [12, 13]. Ugyan átfogó vizsgálatok igazolták a fenti módszerek kiváló diagnosztikus teljesítményét, alkalmazásuk veselégtelen betegek esetén a kontrasztanyag-indukált nephropathia (CIN, jódtartalmú kontrasztanyagok esetén) és a nephrogen szisztémás fibrosis (NSF, gadolíniumtartalmú kontrasztanyagok esetén) kockázata miatt alapos megfontolást igényel [14, 15].

A LEAD vizsgálatának noninvazív, kontrasztanyag nélküli ábrázolását teszi lehetővé az utóbbi évek egyik ígéretes MRA-technikája, a „quiescent-interval single-shot” (QISS) angiográfia [16–20]. Jelen vizsgálatunk célja a QISS MRA és a hagyományos DSA diagnosztikus teljesítményének összehasonlítása volt a LEAD képalkotásában.

Módszer

Vizsgálatunk az Országos Gyógyszerészeti és Élelmezés-egészségügyi Intézet jóváhagyásával történt (OGYÉI 7984/2020), és minden esetben megfelelt a Helsinki Deklarációban rögzített irányelveknek. A betegek tájékozott írásbeli beleegyezésüket adták mindegyik vizsgálat elvégzéséhez.

A vizsgálatba 2020. június 1. és december 1. között a Semmelweis Egyetem Városmajori Szív- és Érgyógyászati Klinikájára elektív alsó végtagi DSA-vizsgálatra érkező krónikus LEAD-betegeket vontunk be, akiknél ugyanazon a napon QISS MRA-t is végeztünk. Csak azokat a betegeket zártuk ki, akiknek ismert kontraindikációjuk volt az MR-vizsgálatot illetően, illetve akiknél korábban alsó végtagi sztentbeültetés történt – jelen vizsgálatunkban elsősorban a natív, sztentimplantáció által nem érintett erek megítélhetőségét szeretnénk volna előtérbe helyezni.

Képalkotási protokoll

Jódos kontrasztanyag DSA. A jódtartalmú kontrasztanyag (Ultravist, Bayer, Leverkusen, Németország) DSA-vizsgálatot minden betegnél transzradiális behatolásból végeztük. A kontrasztanyag bejuttatásához automatizált injektort (MEDRAD Avanta, Bayer) használtunk. A felvételeket standardizált protokoll szerint rögzítettük, a terminális aortába helyezett 4 F „flush” katéter használatával. Szelektív angiográfia a vizsgálatot végző radiológus szakorvos véleménye alapján csak szűk esetén történt.

QISS MRA. A QISS MRA-felvételeket 1.5 T MR-beendezéssel rögzítettük (MAGNETOM Aera, Siemens Healthineers, Erlangen, Németország). A fektetés lábbal előre, hanyatt fekvő pozícióban történt. Az alsó végtagon 36 elemből álló, dedikált alsó végtagi tekercset alkalmaztunk, melyet a hasi és kismedencei régióban két további, 18 elemes torzótekercsrel egészítettünk ki.

A vizsgálat elektrokardiográfiás (EKG-) kapuzással, a zsr és a vénák által adott jel elnyomása mellett történt. A képalkotást a csípőízület szintje alatt az anatómiai szabad alsó végtagon szabad légzésben, a hasi régióban pedig a mozgási artefaktumok minimalizálása érdekében légzésvisszatartás mellett végeztük. A technikai paraméterek tekintetében az *Arendt és mtsai* által publikált technikai irányelveket követtük [21]. Az így elkészült transzverzális síkú felvételekből háromdimenziós (3D) maximum intenzitású projekciós (MIP) rekonstrukciós képeket készítettünk.

Képelemzés

A DSA- és a QISS MRA-felvételek feldolgozását négy, a cardiovascularis képalkotásban többéves tapasztalattal rendelkező radiológus végezte.

Az olvasók egymástól függetlenül értékelték, majd a végső értékelés során konszenzus alapján bírálták el a képeket. A vizsgálok a betegek kórtörténetét, klinikai leleteit és korábbi vizsgálatait nem ismerték.

A képminőséget és az érszűkület mértékének meghatározását 19 szegmentumból álló alsó végtagi verőéremmodell alapján határoztuk meg a következők szerint: 1. – aorta, 2. és 3. – kétoldali arteria (a.) iliaca communis, 4. és 5. – kétoldali a. iliaca externa, 6. és 7. – kétoldali a. femoralis communis, 8. és 9. – kétoldali a. femoralis superficialis és a. poplitea, 10. és 11. – kétoldali a. profunda femoris, 12. és 13. – kétoldali tibioperonealis törzs, 14. és 15. – kétoldali a. tibialis anterior, 16. és 17. – kétoldali a. tibialis posterior, 18. és 19. – kétoldali a. peronea.

A szubjektív képminőséget minden érszakaszon 5 pontos Likert-skála segítségével határoztuk meg: 1 – nem diagnosztikus, a képminőség nem megfelelő a diagnózis felállításához, 2 – elégséges, a képminőség minimálisan elégséges a diagnózis felállításához, 3 – közepes, a képminőség a diagnózis felállításához elfogadható, 4 – jó, a képminőség kielégítő a diagnózis felállításához, 5 – kiváló, a képminőség a diagnózis felállításához nagy fokú biztonságot ad.

A szűkületek mértékét vizuálisan értékeltük, a mindennapi klinikai gyakorlatban használt séma szerint, távolabban elhelyezkedő, ép érszakaszhoz viszonyítva: nincs látható szűkület, <50%, 50–70%, >70%. Az egy szegmentumban előforduló többszörös szűkület esetén a legsúlyosabbat rögzítettük az értékelésben. A képek elemzésekor kizártuk a legalább egy bíráló által részben leképezettnek vagy nem leképezettnek értékelt szegmentumokat.

Az adatok könnyebb áttekinthetősége érdekében a végső elemzéshez a nagyszámú szegmentumot három kiemelt anatómiai régióra osztottuk: aortoiliacalis, femoropoplitealis és tibioperonealis régióra.

Statisztikai elemzés

Minden statisztikai elemzést az SPSS programmal (25.0 verzió, IBM Corporation, Armonk, NY, USA) végeztünk, és a vizsgálat során a 0,05 alatti p-értéket tekintettük statisztikailag szignifikánsnak. A mérések kategorikus változóit esetszám (százalék), míg a folyamatos változókat medián (interkvartilis tartomány [IQR]) formájában tüntettük fel.

A szubjektív képminőséget kifejező Likert-pontszámokat, valamint a szűkület értékét Wilcoxon-féle rangösszegteszt (vagyis a nem normáloszlás, valamint ordinális változók különbségeinek vizsgálatkor használandó hipotézispróba) segítségével elemeztük a kiemelt régiókra vonatkozóan.

A QISS MRA szenzitivitását, specificitását, pozitív és negatív prediktív értékét a 70%-nál nagyobb szűkülethez vonatkoztatva határoztuk meg, a DSA-t tekintve referenciastandardnak. Az egyes modalitások szubjektív kép-

1. táblázat | Demográfiai adatok

Paraméterek	n = 34
Életkor (év)	67 (62–72)
Női nem, N (%)	10 (29%)
Testmagasság (cm)	170 (162–174)
Testtömeg (kg)	74 (66–90)
BMI>25 kg/m ² , N (%)	19 (56%)
Dohányzás (korábbi és aktív), N (%)	24 (71%)
Magas vérnyomás, N (%)	24 (71%)
Dyslipidaemia, N (%)	16 (47%)
Cukorbetegség, N (%)	22 (65%)
eGFR (ml/min/1,73 m ²)	81 (62–90)
Koszorúér-betegség, N (%)	9 (27%)
Stroke, N (%)	4 (12%)
Veseégtelenség	
II. stádium, N (%)	19 (56%)
III. stádium, N (%)	5 (15%)
IV. stádium, N (%)	1 (3%)
Fontaine-stádium	
IIa	2 (6%)
IIb	12 (35%)
III.	4 (12%)
IV.	9 (26%)

BMI = testtömegindex; eGFR = becsült glomerularis filtrációs ráta; N = gyakoriság

minőségének és a stenosisok megítélésének interobszerver variabilitását a megítélői megbízhatóság vizsgálatára alkalmas 'intraclass' korrelációs együttható (ICC) kiszámításával objektívizáltuk (gyenge, ICC<0,50; mérsékelt, ICC = 0,5–0,74; jó, ICC = 0,75–0,90; kitűnő, ICC>0,90) [22].

Eredmények

A vizsgálat során 34 betegnél összesen 623 szegmentumot értékeltünk diagnosztikus képminőség és lumen-szűkület szempontjából. A betegpopuláció részletes adatait az 1. táblázat tartalmazza.

Képminőség

A konszenzusos értékelést követően összevetettük a modalitások képminőségét: ez alapján megállapítható, hogy a QISS MRA mind az összes régiót tekintve, mind a cruralis régióban felülmúlta a DSA képminőségét (QISS vs. DSA; összes régió: 4 [4–5] vs. 4 [3–5], p<0,001; tibioperonealis: 4 [4–5] vs. 3,5 [3–4], p<0,001), és az aortoiliacalis és a femoropoplitealis régióban is jó képminőséget biztosított (aortoiliacalis: 4 [4–4] vs. 4 [4–5], p<0,001; femoropoplitealis: 4 [4–4] vs. 4 [4–5], p = 0,01) (2. táblázat).

2. táblázat | A digitális szubtrakciós angiográfia (DSA) szubjektív képminőségének régiónkénti értékelése a „quiescent-interval single-shot magnetic resonance angiography” (QISS MRA-) protokollal összehasonlítva

	QISS MRA	DSA	p-Érték
Összes régió	4 (4–5)	4 (3–5)	<0,001
Aortoiliacalis régió	4 (4–4)	4 (4–5)	<0,001
Femoropoplitealis régió	4 (4–4)	4 (4–5)	0,01
Tibioperonealis régió	4 (4–5)	3,5 (3–4)	<0,001

Diagnosztikus teljesítmény

A QISS MRA diagnosztikus teljesítményét arányszámként, illetve a 95%-os CI mellett adtuk meg, és a referenciaként használt DSA-val összehasonlítva a következő eredményeket kaptuk: szenzitivitás: 84,8% (95% CI, 77,3–90,6%), specificitás: 93,0% (95% CI, 90,3–95,1%), pozitív prediktív érték: 76,3% (95% CI, 69,6–81,8%), negatív prediktív érték: 95,8% (95% CI, 93,8–97,2%), diagnosztikus pontosság: 91,3% (95% CI, 88,7–93,4%).

Értékelhetőség

A vizsgálatok értékelhetőségének régiónkénti összehasonlítását a 3. táblázat mutatja be. A QISS MRA és a DSA értékelhetőségének összevetése során szignifikáns különbséget találtunk az összesített régiók tekintetében: a QISS MRA esetén a vizsgált 623 szegmentumból csupán 6 szegmentum (1%, p<0,001) bizonyult diagnosztikusan értékelhetetlennek; ez a szám a DSA esetén 24 (3,9%, p<0,001) volt, ami a QISS MRA eredményének a négyszerese.

A különbség a cruralis régióban még kifejezettebb: míg a QISS MRA esetében csupán 4 szegmentum (1,5%, p<0,001) nem volt diagnosztikus, addig a DSA-nál 24 szegmentumot (9,1%, p<0,001), azaz hatszor több érszakaszt találtunk elégtelen képminőségűnek.

Reprodukálhatóság

A felvételek szubjektív képminőségének és az érszűkületek megítélhetőségének interobszerver variabilitását illetően a Likert-pontszámok ICC-értéke a QISS MRA-nál

3. táblázat | A „quiescent-interval single-shot magnetic resonance angiography” (QISS MRA) és a digitális szubtrakciós angiográfia (DSA) értelmezhetőségének régió szerinti összehasonlítása

	QISS MRA	DSA	p-Érték
Összes régió	99,0% (617/623)	96,1% (599/623)	<0,001
Aortoiliacalis régió	100,0% (160/160)	100,0% (160/160)	1,00
Femoropoplitealis régió	99,0% (197/199)	100,0% (199/199)	0,32
Tibioperonealis régió	98,5% (260/264)	90,9% (240/264)	<0,001

az összes régióra vonatkoztatva 0,85 (0,82–0,87), míg a DSA esetén csupán 0,73 (0,69–0,77) volt. A lumenszűkültre vonatkozó ICC-értékek a 4. táblázatban láthatók, itt az összes régióra vonatkoztatott érték 0,94 (0,93–0,95) a QISS MRA és 0,88 (0,86–0,90) a DSA esetében.

Megbeszélés

Vizsgálatunk során a LEAD diagnosztikájában standard módszerként használt DSA-t hasonlítottuk össze a non-invazív, kontrasztanyag nélküli MRA-vizsgálómódszerrel, a QISS MRA-val.

A QISS MRA képminősége csaknem az összes régióban, különösen a tibioperonealis régióban jobbnak bizonyult, mint a DSA esetén. Az aortoiliacalis és a femoropoplitealis régióban a DSA teljesített jobban – itt általánosan is kiemelkedően jó képminőséggel bír ez a vizsgálómódszer [23] –, azonban a QISS MRA is jó képminőséget biztosított, mely a diagnózis felállításához megfelelő volt.

A diagnosztikus teljesítményt illetően a QISS MRA kiemelkedően jónak bizonyult a specificitás (93,0%), a negatív prediktív érték (95,8%) és a diagnosztikus pontosság (91,3%) tekintetében is.

A reprodukálhatóság értékelésekor is jobban teljesített a QISS MRA, mint a DSA: az összes szegmentumra számított ICC a Likert-értékek vizsgálatánál magasabbnak bizonyult a QISS MRA esetében (QISS MRA vs. DSA: 0,85 vs. 0,73). A szűkületek megítélésében, ahogy a 4. táblázatban is láthatjuk, a QISS MRA-nál minden régióban kiváló ICC-t mértünk, ami bizonyítja a módszer kitűnő reprodukálhatóságát. Ezzel szemben a DSA esetében csak a femoropoplitealis régióban bizonyult kiemelkedőnek az érték (0,90 [0,87–0,93]).

Az aortoiliacalis régióban a képeket – a légzési műtékek minimalizálása érdekében – légzésvisszatartás mellett rögzítettük, ennek relevanciájáról azonban nem áll rendelkezésre korábbi irodalmi adat. Saját tapasztalatunk alapján számottevő javulást nem hozott a légzésvisszatartás alkalmazása. Vizsgálatunk során az aortoiliacalis és a femoropoplitealis régió felvételei tekintetében nem találtunk szignifikáns különbséget a modalitások között, mivel mindkét esetben jó képminőség és csaknem tökéletes értékelhetőség igazolódott.

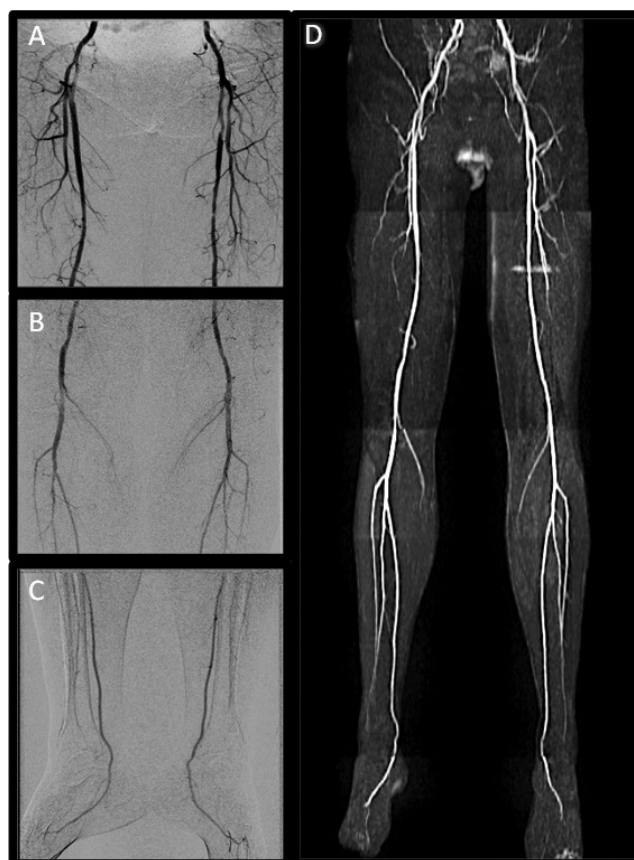
4. táblázat | A „quiescent-interval single-shot magnetic resonance angiography” (QISS MRA) és a digitális szubtraktív angiográfia (DSA) reprodukálhatóságának régió szerinti összehasonlítása 95%-os konfidenciaintervallum mellett (minden $p < 0,01$)

	QISS MRA	DSA
Összes régió	0,94 (0,93–0,95)	0,88 (0,86–0,90)
Aortoiliacalis régió	0,91 (0,87–0,93)	0,79 (0,71–0,84)
Femoropoplitealis régió	0,92 (0,89–0,94)	0,90 (0,87–0,93)
Tibioperonealis régió	0,95 (0,94–0,97)	0,86 (0,81–0,89)

A modalitások közötti legnagyobb különbséget a tibioperonealis régió felvételei jelentették. A képminőség tekintetében a QISS MRA szignifikánsan jobban teljesített (4 [4–5]), mint a DSA (3,5 [3–4]; $p < 0,001$). Emellett a régió megítélhetőségében is kiemelkedő különbséget találtunk: míg a QISS MRA-nál az érszakaszok értékelhetősége 98,5% volt, addig a DSA-felvételek esetén csupán a szegmentumok 90,2%-a volt diagnosztikus (1. ábra).

Kutatásunk eredményei tehát jól korrelálnak a Varga-Szemes és mtsai által a témában korábban publikált adatokkal, miszerint a QISS MRA a magas diagnosztikai pontossága és kiemelkedő megbízhatósága révén elkerülhetővé teszi a kontrasztanyag alkalmazását a LEAD-betegek diagnosztikája során [24].

Fontos megjegyezni, hogy mindkét modalitásnak megvannak a korlátai. A DSA hátrányai közé tartozik az invazivitás, melynek következtében vérömleny, ritkább esetben dissectio vagy vérrög alakulhat ki a beavatkozás során, sugárvédelmi szempontból pedig nem hanyagolható el a vizsgálatnál használt ionizáló sugárzás. A jódtartalmú, nephrotoxicus kontrasztanyag alkalmazása beszűkült vesefunkciójú betegeknél jelent problémát. Ennek kiküszöbölésére CO₂-DSA végezhető, melynek



1. ábra | Digitális szubtraktív angiográfias (DSA; A, B, C) és „quiescent-interval single-shot magnetic resonance angiography” (QISS MRA; D) felvételek összehasonlítása. A QISS MRA képminősége a cruralis régióban jobbnak bizonyult, mint a DSA esetén

diagnosztikus teljesítménye azonban nem egyenértékű a jódos kontrasztanyagával [25].

A DSA esetében előfordulhat, hogy a többszörös alsó végtagi érelzáródások, súlyos fokú szűkületek és a következményesen meglassult áramlási viszonyok miatt a kontrasztanyag csak nehezen jut el az alsó végtag távolabbi régióiba. A QISS MRA a mérés jellege miatt az áramlási viszonyoktól függetlenül tud jó képminőséget biztosítani az ilyen problémás esetekben is (2. ábra). Ha a DSA esetében nem megfelelő a képminőség az érintett régióban, segítheti az érintett régió megítélését a szelektív érfestés alkalmazása, ez viszont általában a beavatkozás komplexitását és így az alkalmazott sugáridőt és sugármennyiséget is növeli.

QISS MRA esetén problémát jelenthet a vizsgálat időtartama. A nyugalmi végtagfájdalommal küzdő betegeknek sok esetben lehetetlen lehet mozdulatlan testhelyzetben közel 30 percet eltölteni; az ebből adódó



2. ábra | Digitális szubtrahciós angiográfiás (DSA; A, B, C, D) és „quiet-interval single-shot magnetic resonance angiography” (QISS MRA; E) felvételeken jól látható a kétoldali többszörös iliofemorális szintű occlusio és súlyos fokú szűkület. Bal oldalon a DSA-képeken a meglassult áramlási paraméterek miatt a kontrasztanyag nem jutott el a távolabbi régiókba, míg a QISS MRA itt is kiváló képminőséget adott

mozgásműtermékek pedig korlátozhatják a modalitás képminőségét.

A szubjektív képminőséget emellett az erekbe implantált sztentek is jelentős mértékben befolyásolhatják. Ezek pontos mértékével kapcsolatban számottevő irodalmi adat nem áll rendelkezésünkre. Varga-Szemes és mtsai a kutatásukban feltételezik, hogy a sztentek heterogén ábrázolhatósága mögött különböző architekturális eltérések állhatnak [24]. A QISS MRA ellenjavallatát képezi továbbá minden, az általános MR-vizsgálatot kontraindikáló tényező.

A QISS MRA egyik egyértelmű előnye a DSA-val szemben, hogy 3D adatgyűjtés történik, mely így utólagosan tetszőleges irányú ábrázolást tesz lehetővé. A szummációs röntgenfelvételekből készülő DSA-képek csak egyirányú, jellemzően anteroposterior ábrázolást nyújtanak. Ettől eltérő képsík szükségessége esetén ismételt sugár- és kontrasztanyagadózisra van szükség.

Vizsgálatunk korlátai

Kutatásunk relatíve kis beteganyaggal készült, retrospektív vizsgálat. A diagnosztikus értékelhetőségi paraméterek számításakor a DSA-t vettük alapul, mivel nem készült felvétel a vizsgált képalkotó eljárásoktól független modalitással.

Következtetések

A QISS MRA a LEAD diagnosztikájában jó szubjektív képminőséget kínál, kitűnően reprodukálható eljárás, melynek diagnosztikus teljesítménye hasonló a széles körben használt DSA-éhoz. A noninvaszív, kontrasztanyag és ionizáló sugárzás nélküli képalkotó módszer kis megterhelést jelent a betegek számára, így ideális alternatívát nyújthat a LEAD-betegeknek.

Anyagi támogatás: A jelen tanulmány megjelenését a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal támogatta a Nemzeti Szívprogram (NVKP_16-1-2016-0017), a Befektetés a Jövőbe (2020-1.1.6-JÖVŐ-2021-00013) és az OTKA (K135076; B.M.) pályázatok keretében. A kutatást továbbá az Innovációs és Technológiai Minisztérium Tématerületi Kiválósági Programja (2020-4.1.1.-TKP2020) finanszírozta, a Semmelweis Egyetem Terápiás fejlesztés és Bioimaging tématerületi programja keretében.

Szerzői munkamegosztás: J. G.: Adatgyűjtés és adatfeldolgozás, leíró statisztika, a közlemény megírása. Cs. J.: Adatgyűjtés és adatfeldolgozás, kutatásszervezés, betegbevonás, a vizsgálatok kivitelezése és elemzése, a szöveg revíziója. S. F. I.: Kutatásszervezés, a vizsgálatok kivitelezése és elemzése, az adatok és a szöveg revíziója. Gy. M. és P. Á.: A vizsgálatok kivitelezése és elemzése, kutatásszervezés. V.-N. M.: A statisztikai elemzés elké-

szítése. P. D.: Betegbevonás, adatgyűjtés. F. D. M. és B. Á.: Betegbevonás. Cs.-N. Cs.: Kutatásszervezés, a közlemény szövegének és szakmai tartalmának ellenőrzése. A cikk végleges változatát valamennyi szerző elolvasta és jóváhagyta.

Érdekeltségek: A szerzőknek nincsenek érdekeltségeik.

Irodalom

- [1] Fowkes FG, Rudan D, Rudan I, et al. Comparison of global estimates of prevalence and risk factors for peripheral artery disease in 2000 and 2010: a systematic review and analysis. *Lancet* 2013; 382: 1329–1340.
- [2] Golomb BA, Dang TT, Criqui MH. Peripheral arterial disease: morbidity and mortality implications. *Circulation* 2006; 114: 688–699.
- [3] Sampson UK, Fowkes FG, McDermott MM, et al. Global and regional burden of death and disability from peripheral artery disease: 21 world regions, 1990 to 2010. *Glob Heart* 2014; 9: 145–158.e21.
- [4] Song P, Rudan D, Zhu Y, et al. Global, regional, and national prevalence and risk factors for peripheral artery disease in 2015: an updated systematic review and analysis. *Lancet Glob Health* 2019; 7: e1020–e1030.
- [5] Leng GC, Lee AJ, Fowkes FG, et al. Incidence, natural history and cardiovascular events in symptomatic and asymptomatic peripheral arterial disease in the general population. *Int J Epidemiol.* 1996; 25: 1172–1181.
- [6] Selvin E, Erlinger TP. Prevalence of and risk factors for peripheral arterial disease in the United States: results from the National Health and Nutrition Examination Survey, 1999–2000. *Circulation* 2004; 110: 738–743.
- [7] Horváth L, Boncz I, Kivés Zs, et al. Hungarian adaptation of the Peripheral Artery Disease Quality of Life questionnaire. [A perifériás verőérbetegség életminőségét vizsgáló angol nyelvű kérdőív magyar adaptálása.] *Orv Hetil.* 2020; 161: 2153–2161.
- [8] Huang CL, Wu IH, Wu YW, et al. Association of lower extremity arterial calcification with amputation and mortality in patients with symptomatic peripheral artery disease. *PLoS ONE* 2014; 9: e9201.
- [9] Tóth-Vajna Zs, Tóth-Vajna G, Gombos Z, et al. A summary of data of screening of the lower limb peripheral arterial diseases in the region of Northern Hungary. [Tapasztalataink az alsó végtagi perifériás artériás érbetegség szűréséről az Észak-Magyarország régióban.] *Orv Hetil.* 2020; 161: 1382–1390. [Hungarian]
- [10] Dózsa C, Szeberin Z, Sóttonyi P, et al. The territorial distribution of amputations in healthcare and social context in Hungary in 2016–2017. [Az amputációk területi gyakorisága társadalmi és ellátórendszeri összefüggésben Magyarországon 2016–2017-ben.] *Orv Hetil.* 2020; 161: 747–755.
- [11] Hodnett PA, Koktzoglou I, Davarpanah AH, et al. Evaluation of peripheral arterial disease with nonenhanced quiescent-interval single-shot MR angiography. *Radiology* 2011; 260: 282–293.
- [12] Saini A, Wallace A, Albadawi H, et al. Quiescent-interval single-shot magnetic resonance angiography. *Diagnostics (Basel)* 2018; 8: 84.
- [13] Verma M, Pandey NN, Singh V, et al. A meta-analysis of the diagnostic performance of quiescent-interval-single-shot magnetic resonance angiography in peripheral arterial disease. *Eur Radiol.* 2022; 32: 2393–2403.
- [14] Heijenbrok-Kal MH, Kock MC, Hunink MG. Lower extremity arterial disease: multidetector CT angiography – meta-analysis. *Radiology* 2007; 245: 433–439.
- [15] Daftari Besheli L, Aran S, Shaqdan K, et al. Current status of nephrogenic systemic fibrosis. *Clin Radiol.* 2014; 69: 661–668.
- [16] Carr JC. QISS MR angiography: an alternative to CT angiography for peripheral vascular evaluation. *JACC Cardiovasc Imaging* 2017; 10(10 Pt A): 1125–1127.
- [17] Edelman RR, Carr M, Koktzoglou I. Advances in non-contrast quiescent-interval slice-selective (QISS) magnetic resonance angiography. *Clin Radiol.* 2019; 74: 29–36.
- [18] Okur A, Kantarci M, Karaca L, et al. Non-contrast-enhanced imaging of haemodialysis fistulas using quiescent-interval single-shot (QISS) MRA: a feasibility study. *Clin Radiol.* 2016; 71: 244–249.
- [19] Salehi Ravesh M, Tesch K, Lebenatus A, et al. Clinical value of noncontrast-enhanced radial quiescent-interval slice-selective (QISS) magnetic resonance angiography for the diagnosis of acute pulmonary embolism compared to contrast-enhanced computed tomography and cartesian balanced steady-state free precession. *J Magn Reson Imaging* 2020; 52: 1510–1524.
- [20] Amin P, Collins JD, Koktzoglou I, et al. Evaluating peripheral arterial disease with unenhanced quiescent-interval single-shot MR angiography at 3 T. *Am J Roentgenol.* 2014; 202: 886–893.
- [21] Arendt CT, Leithner D, Lenga L, et al. Multi-observer comparison study between unenhanced quiescent-interval single-shot magnetic resonance angiography and invasive carbon dioxide angiography in patients with peripheral arterial disease and chronic renal insufficiency. *Eur J Radiol.* 2018; 108: 140–146.
- [22] Koo TK, Li MY. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *J Chiropr Med.* 2016; 15: 155–163. [Erratum: *J Chiropr Med.* 2017; 16: 346.]
- [23] Wicky S, Pinto EG, Oklu R. Catheter-directed thrombolysis of arterial thrombosis. *Semin Thromb Hemost.* 2013; 39: 441–445.
- [24] Varga-Szemes A, Wichmann JL, Schoepf UJ, et al. Accuracy of noncontrast quiescent-interval single-shot lower extremity MR angiography versus CT angiography for diagnosis of peripheral artery disease: comparison with digital subtraction angiography. *JACC Cardiovasc Imaging* 2017; 10(10 Pt A): 1116–1124.
- [25] Sharafuddin MJ, Marjan AE. Current status of carbon dioxide angiography. *J Vasc Surg.* 2017; 66: 618–637.

(Csobay-Novák Csaba dr.,
Budapest, Határőr út 18., 1122
e-mail: csobay.csaba@med.semmelweis.hu)