

Kocan D.¹, Vincze L.²¹Oddelenie diagnostickej a intervenčnej rádiológie²Oddelenie intervenčnej angiológie

Význam kontrastnej sonografie v postprocedurálnom sledovaní endovaskulárne ošetrených aneuryziem aorty

Abstrakt

Kontrastná sonografia (CEUS) ako neinvazívna metóda a technika bez radiačnej záťaže je dobre dostupná pre dynamické zobrazenie toku v implantovanom stentgrafte v rámci endovaskulárnej liečby aneuryziem brušnej aorty (EVL AAA). CEUS je dobre senzitívny pri detekcii endoleakov ale aj ďalších komplikácií EVL AAA. CT angiografia (CTA) poskytuje vysokokontrastné zobrazenie a je považovaná za zlatý štandard v rámci post-procedurálneho surveillance, avšak je zaťažovaná radiačným žiarením a podaním kontrastnej látky. Prínosom CTA je tiež zobrazenie celého rozsahu priebehu aorty ako aj okolitých anatomických štruktúr. Cieľom tohto článku je preukázať relevantnosť CEUS pri follow-up pacientov v rámci dispenzárnej liečby po EVAR pre AAA. Sekundárnym cieľom je tiež porovnanie CEUS a CTA a zhodnotenie ich silných stránok a limitácií v kontexte sledovania efektu EVL AAA.

Kľúčové slová: Kontrastná sonografia, aneurizma aorty, EVAR, endoleak, CT.

Abstract

Contrast-enhanced sonography (CEUS) as a non-invasive and radiation-free technique is well available for dynamic flow imaging in implanted stent grafts in the endovascular treatment of abdominal aortic aneurysms (EVL AAA). CEUS is well sensitive in detecting endoleaks as well as other complications of EVL AAA. CT angiography (CTA) provides high-contrast imaging and is considered as the gold standard in postprocedural follow-up, but is burdened by radiation and contrast agent administration. CTA also has the advantage of imaging the full course of the aorta as well as the surrounding anatomical structures. The aim of this paper is to demonstrate the value of CEUS in the follow-up of patients undergoing dispensary after EVAR AAA. A secondary aim is also to compare CEUS and CTA and to evaluate their strengths and limitations in the context of monitoring the effect of EVAR AAA.

Key words: Contrast-enhanced sonography, aortic aneurysm, EVAR, endoleak, CT.

Úvod

CEUS je neustále sa rozvíjajúca zobrazovacia metóda, ktorá získava na popularite v rôznych oblastiach vaskulárnej medicíny, vrátane dlhodobého sledovania pacientov po EVAR. Vak aneurizmy a stentgraft možno pomocou CEUS zobraziť v časovom intervale 5 - 10 minút z rôznych uhlov tak, aby bolo možné posúdiť perfundovaný lúmen graftu, prípadný endoleak vo vaku aneurizmy. CEUS teda nielen zobrazuje podrobnú morfológiu AAA po EVAR, ale prispieva aj diagnostikou prípadnej perfúzie z cirkulácie vylúčeného vaku aneurizmy, čím napomáha pri diagnostike postprocedurálnych komplikácií.¹ and the follow-up imaging modality of choice has been traditionally computed tomography angiography (CTA

Čoraz viac pacientov s aneurizmou brušnej aorty (AAA) podstupuje endovaskulárny výkon (EVAR) namiesto otvoreného chirurgického výkonu. Výhody EVAR sa ukázali v čase, pokiaľ ide o krátkodobú a strednodobú morbiditu a mortalitu. Komplikácie, spôsobené endoleakmi, však môžu pre týchto pacientov predstavovať významnú hrozbu, čo vedie k väčšiemu počtu reintervencií. Incidencia endoleakov sa líši podľa typu a pohybuje sa od 4 % do 10 % v prípade endoleakov typu I a III a od 10 % do 27 % v prípade endoleakov typu II. Pre dlhodobé prežívanie pacienta je nevyhnutné včas diagnostikovať endoleak a vyhnúť sa tak nimi spôsobeným komplikáciám, ktoré môžu viesť až k ruptúre vaku.²

Follow-up v rámci dlhodobého sledovania sa líši v závislosti od prítomnosti alebo absencie endoleaku. Ak je detekovaný endoleak, CTA surveillance sa realizuje v intervale každých 6 až 12 mesiacov. V prípade absencie endoleaku 1 mesiac po EVAR sa postupuje podľa protokolu s frekvenciou CTA každých 12 mesiacov a následne CDUS raz ročne. Ak dôjde k nárastu veľkosti vaku aneurizmy alebo progresii endoleaku, pacient sa presúva do protokolu intenzívneho sledovania a/alebo reintervencie.³

Problematika dostupnosti – výhody a nevýhody

Vzhľadom na to, že endoleaky sú zväčša asymptomatické, včasná diagnostika umožňuje elektívnu reintervenciu, spo-

ločnosť pre cievnu chirurgiu (Society of Vascular Surgery - SVS) vyžaduje následne dlhodobé sledovanie. Zlatým štandardom je podľa SVS CTA s 3D rekonštrukciou v intervale jedného mesiaca po výkone a následne v ročných intervaloch.

Ak sa pri prvom postprocedurálnom CTA zistí komplikácia EVL, odporúčaná je ďalšia CTA o 6 mesiacov na zobrazenie stability AAA. SVS pripúšťa, že pri celožitovnom CTA sledovaní existujú obavy z nákladov, potenciálnej nefrotoxicity a radiačnej záťaže. Zároveň navrhuje, aby sa namiesto CTA použila farebná dopplerovská ultrasonografia, ak sa v intervale počas dvanástich mesiacov nezistia žiadne komplikácie, a taktiež u pacientov s kontraindikáciami CTA. Schopnosť odlíšiť antegrádne endoleaky (typ I, III a IV) od retrográdnych endoleakov (typ II) je rozhodujúca pre ďalší manažment. Antegrádne endoleaky sú výsledkom mechanického zlyhania graftu implantovaného do vaku aneurizmu. Naopak, retrográdne endoleaky perfundujú vak spätným tokom z plniacich kolaterál. Zatiaľ čo endoleaky typu II sú detekované často a ich manažment je v prípade stabilného vaku konzervatívny, endoleaky typu I a všetky endoleaky typu III majú často za následok expanziu vaku a vyžadujú si rýchlu intervenciu. CEUS môže mať jedinečné postavenie pri charakterizácii endoleaku.⁴

CEUS bol zavedený ako vhodná metóda na hodnotenie endoleaku u pacientov, ktorí podstúpili endovaskulárnu náhradu aneurizmu brušnej aorty (EVAR) pomocou endograftu.⁵

Užitočnosť CEUS v postprocedurálnom sledovaní po EVAR prezentujeme na prípade 57-ročného pacienta, ktorý v novembri 2022 podstúpil FEVAR pre nález „no neck“ aneurizmu abdominálnej aorty s celkovým priemerom preprocedurálne do 67 mm. V rámci prvej postprocedurálnej CTA kontroly (Obrázok 1) v januári 2023 došlo k progresii priemeru vaku o 2 mm, pričom bol zároveň identifikovaný endoleak typu II cestou patentnej arteria mesenterica inferior. Paralelne s ďalšou CTA kontrolou (Obrázok 2) bol realizovaný už aj CEUS, ktorý v korelácii s predchádzajúcou CTA preukázal prítomnosť tzv. slow flow endoleaku (Obrázok 3, endoleak označený žltými šípkami, pozorovateľný ešte v čase 6:44 od samotného podania kontrastnej látky). Uvedené preukazuje spoľahlivosť CEUS ako metódy pre detekciu endoleakov typu II.

Štúdie venované senzitivite a špecificite CEUS pri diagnostike endoleakov vrátane alternatív použitia

Práca Frenzel a kol. konštatujú, že CEUS sa ukázal ako výhodnejší v porovnaní s CTA pri diagnostike „slow flow“ endoleakov, a to obzvlášť v štyroch prípadoch, u ktorých neskôr ako 45 sekúnd po podaní intravenózneho kontrastnej látky CTA nepreukázala prítomnosť endoleaku. Z celkového počtu 97 hodnotených CTA/CEUS vyšetrení, endoleaky boli identifikované pomocou CTA v 47 prípadoch, zatiaľ čo CEUS detekoval endoleaky u 53 pacientov. Negatívna

prediktívna hodnota CEUS bola na úrovni 97,73 %, pričom pozitívna prediktívna hodnota dosiahla 98,11 %.⁶

Ma a kol. publikovali údaje z postprocedurálneho sledovania súboru 102 pacientov s aneurizmou infrarenálnej abdominálnej aorty liečených EVAR. Endoleaky boli zistené 36-krát (17,7 %) pomocou CTA, 31-krát (15,3 %) pomocou CEUS, 16-krát (7,9 %) pomocou CDUS, pričom u všetkých sa jednalo o endoleaky typu I, typu II a typu III. Medzi CEUS a CTA nebol významný rozdiel v miere detekcie endoleakov a určenia typov endoleakov (miera detekcie endoleakov: 15,3 % oproti 17,7 %; určenie typov endoleakov: typ I 4 oproti 4, typ II 26 oproti 31, typ III 1 oproti 1). V porovnaní s CTA má CEUS senzitivitu 83,3 %, špecificitu 99,4 %, pozitívnu prediktívnu hodnotu 96,8 %, negatívnu prediktívnu hodnotu 96,5 %. Zo zistení platí, že CEUS v oblasti detekcie endoleakov je ekvivalentná metóda voči CTA.⁷

Posúdiť užitočnosť kontrastného ultrazvuku (CEUS) a kontrastného 3D ultrazvuku (3D CEUS) ako intraprocedurálneho zobrazovacieho nástroja po endovaskulárnej liečbe aneurizmu - EVAR) v porovnaní s rotačnou angiografiou bolo primárnym cieľom práce Rogers a kol.. Celkovo 20 pacientov, u ktorých bol realizovaný EVAR, podstúpilo bezprostredne po implantácii stentgraftu rotačnú angiografiu, po ktorej nasledovalo použitie CEUS a 3D CEUS. Výsledkom bolo hodnotenie prítomnosti endoleaku, priechodnosti renálnej tepny a deformity endograftu. CEUS a 3D CEUS odhalili 12 endoleakov, z ktorých 8 nebolo detekovaných rotačnou angiografiou. CEUS a 3D CEUS klasifikovali 7 resp. 8 endoleakov typu IIb, ktoré neboli zistené rotačnou angiografiou. CEUS/3D CEUS nedokázali identifikovať priechodnosť renálnej artérie celkovo u 13 pacientov ktoré boli naopak verifikované rotačnou angiografiou. Rotačná angiografia aj 3D CEUS identifikovali 1 deformitu nožičky graftu, ktorá sa okamžite korigovala. CEUS a 3D CEUS sú citlivejšie metódy na detekciu endoleaku typu II ako rotačná angiografia, hoci je nižšia detekcia priechodnosti renálnych artérií. CEUS alebo 3DCEUS má preto využitelnosť na okamžitú detekciu endoleaku po EVAR, kde je nevyhnutný režim redukcie kontrastnej látky pri koincidencii nefropatie.⁸

Tantawi a kol. opisujú svoje skúsenosti s kombináciou EVAR s využitím CO₂ s periprocedurálnym kontrastným ultrazvukom (CEUS) v snahe vyhnúť sa alergii vyvolanej kontrastom alebo nefropatií. Pätnásť pacientov (z toho 10 mužov) bolo liečených v intervale 5 rokov. Vo všetkých prípadoch sa dosiahol technický úspech implantácie. Úplne bez jódového kontrastu sa EVAR vykonal v 9 prípadoch, zatiaľ čo zvyšných 6 si vyžadovalo podanie jódovej kontrastnej látky na doplnujúce výkony. CO₂ angiografia odhalila všetky endoleaky typu I (celkovo 2 typu Ia a 1 typu Ib), ale bola menej senzitívna na endoleak typu II. Periprocedurálny CEUS potvrdil všetky endoleaky typu I a 2 prípady endoleakov typu II. U pacientov s aneurizmami brušnej aorty a s kontraindikáciou podania jódovej

kontrastnej látky sa po procedúre nezaznamenalo žiadne významné zhoršenie renálnych funkcií. Kombinovaný prístup s použitím digitálnej subtrakčnej angiografie CO₂ a CEUS sa môže bezpečne a účinne použiť na minimalizáciu alebo vylúčenie potreby použitia jódoých kontrastných látok s uspokojivými strednodobými výsledkami.⁹

Park a kol., publikovali prospektívnu štúdiu, ktorá zahŕňala 110 spárovaných vyšetrení u pacientov s aneuryzmou infrarenálnej aorty a pelvických artérií alebo izolovanú aneuryzmu ilickej artérie. Follow-up po EVAR s použitím CEUS alebo CTA vyšetrení, bol štatisticky podobný a pohyboval sa od jedného do 58 mesiacov (priemer 12,2), resp. od jedného do 65 mesiacov (priemer 9,7). Senzitivita CEUS bola 75,5 %, špecificita 96,7 %, falošne pozitívnych výsledkov bolo 24,5 % a falošne negatívnych 3,3 %. Presnosť medzi oboma vyšetreniami bola 87,3 %. Sekundárna analýza, ktorá porovnávala CTA s CEUS ako referenčným štandardom, odhalila citlivosť CEUS 24,5 %, vyššiu ako CTA na detekciu endoleakov, pričom miera zhody pravdivých pozitívnych výsledkov bola 75,5 %. Spomedzi endoleakov zistených výlučne pomocou CEUS (12 prípadov) bol jeden prípad typu Ia a jedenásť typu II, zatiaľ čo z endoleakov zistených len pomocou CTA (2 prípady) bol jeden typ Ia a jeden typ II. Okrem toho endoleak typu II spojený s typom Ib, identifikovaný pomocou CEUS, bol pri CTA len ako typ II. Medzi priemerom aortoiliakálnej aneuryzmy pred a po EVAR nebol preukázaný signifikantný rozdiel, a to v prípade CEUS aj CTA.¹⁰

Kapetanios a kol. vo svojej metaanalýze si kládli za cieľ vyhodnotiť diagnostickú presnosť kontrastného ultrazvukového vyšetrenia (CEUS) na detekciu endoleaku po endovaskulárnej liečbe aneuryzmy (EVAR). Identifikovali celkovo 26 štúdií, ktoré uvádzali 2638 párovaných skenov v počte 2217 pacientov. Hlavné riziko skreslenia vybraných štúdií sa týkalo zaslepenia pre indexový test a referenčný štandard. Súhrnná senzitivita a špecificita CEUS pre všetky endoleaky bola 0,94 (95 % interval spoľahlivosti [CI], 0,89 - 0,97) a 0,93 (95 % CI, 0,89 - 0,96). plocha pod krivkou (AUC) bola 0,98 (95 % CI, 0,93-0,99). Zo zistení vyplýva, že CEUS má vysokú senzitivitu a špecificitu pri detekcii endoleakov po EVAR, preto je užitočným nástrojom pri sledovaní pacientov po EVAR.¹¹

Diskusia

CTA zostáva hlavnou metódou sledovania, pretože umožňuje presné hodnotenie morfológických zmien aneuryzmy, priemeru vaku, ukotvenia štepu a jeho integrity. US je neinvazívna, lacná, prenosná a nezahŕňa expozíciu žiareniu a nefrotoxickému kontrastu. Kontrastom zosilnený ultrazvuk (CEUS) je relatívne nová, nákladovo efektívna a minimálne invazívna modalita pri detekcii endoleakov.¹²

CTA sa považuje za základ následného zobrazovania po EVAR. Rutinné používanie opakovaných CTA vyšetrení pri sledovaní po EVAR je však diskutabilné, pretože

vystavuje pacienta vysokej kumulatívnej dávke žiarenia a zvýšenému riziku poškodenia funkcie obličiek. Okrem toho CTA neposkytuje informácie o dynamike toku.¹³

Je dôležité posúdiť diagnostickú presnosť a citlivosť CEUS v porovnaní s už zavedenou CTA. Okrem toho je vzhľadom na obmedzenia spojené s CTA potrebné identifikovať alternatívne techniky, ktoré poskytujú rovnakú úroveň diagnostickej presnosti, ale majú aj minimálne vedľajšie účinky.¹⁴

Viaceré práce dokazujú klinickú užitočnosť aj intraprocedurálneho CEUS, ktorý umožňuje včasnú identifikáciu endoleaku typu Ia. Okrem toho je intraoperačný CEUS užitočný v prípade pochybného typu Ia EL pri DSA, čím sa predchádza zbytočnému periprocedurálnej korekcii alebo bezprostrednej postprocedurálnej realizácii CTA.¹⁵

Okrem toho sa na celom svete čoraz viac pacientov s aneuryzmou brušnej aorty lieči metódou EVAR, vrátane vekovo mladších jedincov. Použitie CEUS pri sledovaní po EVAR sa preto zdá byť logické a malo by nahradiť rutinnú kontrolnú CTA. Okrem toho je CEUS nákladovo efektívnejší ako CTA.¹⁶

Ako uvádza Curti et al. výhodou CEUS je jeho možnosť kombinovania s ďalšími dopplerovskými technikami zobrazovania akým je napríklad technika superb microvascular imaging (SMI). V práci došlo k porovnaniu troch metód (CEUS a SMI vs. CTA) ako referenčného štandardu pre detekciu endoleaku typ II. CT odhalilo celkovo 54 prípadov, naproti tomu SMI a CEUS dosiahli rovnakú senzitivitu na úrovni 91,5% a špecificitu na úrovni 100%. Zároveň platí, že diagnostická presnosť SMI samostatne je porovnateľná s CEUS.¹⁷

Záver

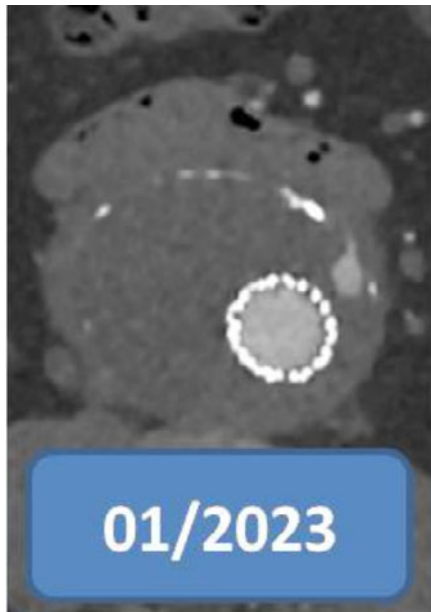
Z doterajších publikovaných prác vyplýva, že výber medzi CEUS a CTA pre postprocedurálny follow-up by mal byť prispôbený individuálne na pacienta a podľa špecifických cieľov surveillance. CEUS dominuje v detekcii endoleakov (bez rizika kontrastnej nefropatie a radiačnej záťaže), CTA zostáva významným prínosom z hľadiska komplexného anatomického zhodnotenia. Kombinácia oboch metód, teda použitie CEUS pre pravidelný skrining endoleakov a CTA pre pravidelné komplexné posúdenie predstavujú nateraz optimálnu stratégiu v postprocedurálnom monitoringu.

Použitá literatúra

1. Partovi S, Kaspar M, Aschwanden M, et al. Contrast-enhanced ultrasound after endovascular aortic repair—current status and future perspectives. *Cardiovasc Diagn Ther.* 2015;5(6):454-463. doi:10.3978/j.issn.2223-3652.2015.09.04
2. Karaolanis GI, Antonopoulos CN, Georgakarakos E, et al. Colour Duplex and/or Contrast-Enhanced Ultrasound Compared with Computed Tomography Angiography for Endoleak Detection after Endovascular Abdominal Aortic Aneurysm

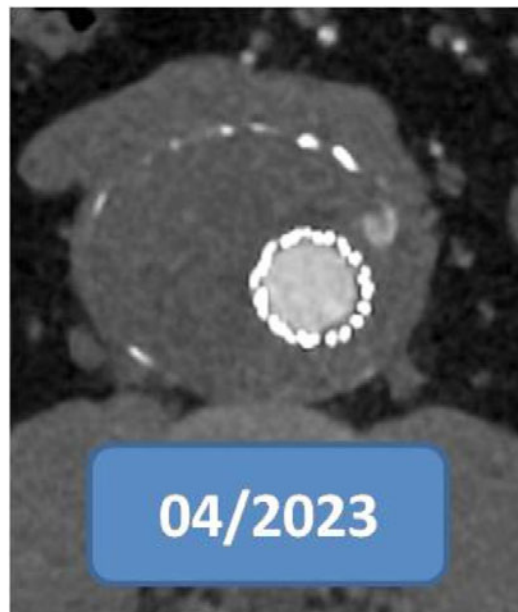
- Repair: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med*. 2022;11(13):3628. doi:10.3390/jcm11133628
3. Cantisani V, Di Leo N, David E, Clevert DA. Role of CEUS in Vascular Pathology. *Ultraschall Med Stuttg Ger* 1980. 2021;42(4):348-366. doi:10.1055/a-1403-2400
 4. Gummadi S, Eisenbrey JR, Lyshchik A. A Narrative Review on Contrast-Enhanced Ultrasound in Aortic Endograft Endoleak Surveillance. *Ultrasound Q*. 2018;34(3):170-175. doi:10.1097/RUQ.0000000000000353
 5. Malone CD, Fetzer DT, Monsky WL, et al. Contrast-enhanced US for the Interventional Radiologist: Current and Emerging Applications. *RadioGraphics*. 2020;40(2):562-588. doi:10.1148/rg.2020190183
 6. Frenzel F, Kubale R, Massmann A, et al. Artifacts in Contrast-Enhanced Ultrasound during Follow-up after Endovascular Aortic Repair: Impact on Endoleak Detection in Comparison with Computed Tomography Angiography. *Ultrasound Med Biol*. 2021;47(3):488-498. doi:10.1016/j.ultrasmedbio.2020.11.032
 7. Ma C, Zhang J, Xiao M, Kang N, Chen YH, Dai XC. [Value of contrast-enhanced ultrasonography in detection of endoleak after endovascular repair of infrarenal abdominal aortic aneurysm]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*. 2023;103(27):2106-2111. doi:10.3760/cma.j.cn112137-20230214-00202
 8. Rogers S, Lowe C, Carreira J, McCollum C, Ghosh J. Comparison of Contrast-Enhanced Tomographic 3-D Ultrasound Against Rotational Angiography Imaging Immediately After Endovascular Aneurysm Repair. *Ultrasound Med Biol*. 2019;45(9):2356-2362. doi:10.1016/j.ultrasmedbio.2019.05.030
 9. Tantawy TG, Seriki D, Rogers S, Katsogridakis E, Ghosh J. Endovascular Aneurysm Repair Assisted by CO₂ Digital Subtraction Angiography and Intraoperative Contrast-Enhanced Ultrasonography: Single-Center Experience. *Ann Vasc Surg*. 2021;70:459-466. doi:10.1016/j.avsg.2020.06.036
 10. Park JH, Filho AR, Pires APM, et al. Can we replace computed tomography angiography by contrast-enhanced ultrasound in the surveillance of patients submitted to aortoiliac aneurysm repair? *Vascular*. 2022;30(4):803-808. doi:10.1177/17085381211027440
 11. Kapetanios D, Kontopodis N, Mavridis D, McWilliams RG, Giannoukas AD, Antoniou GA. Meta-analysis of the accuracy of contrast-enhanced ultrasound for the detection of endoleak after endovascular aneurysm repair. *J Vasc Surg*. 2019;69(1):280-294.e6. doi:10.1016/j.jvs.2018.07.044
 12. Chung J, Kordzadeh A, Prionidis I, Panayiotopoulos Y, Browne T. Contrast-enhanced ultrasound (CEUS) versus computed tomography angiography (CTA) in detection of endoleaks in post-EVAR patients. Are delayed type II endoleaks being missed? A systematic review and meta-analysis. *J Ultrasound*. 2015;18(2):91-99. doi:10.1007/s40477-014-0154-x
 13. Benedetto F, Spinelli D, La Corte F, Pipitò N, Passari G, De Caridi G. Role of Contrast-Enhanced Ultrasound in the Follow-Up after Endovascular Abdominal Aortic Aneurysm Repair. *Diagnostics*. 2022;12(12):3173. doi:10.3390/diagnostics12123173
 14. Harky A, Zywicka E, Santoro G, Jullian L, Joshi M, Dimitri S. Is contrast-enhanced ultrasound (CEUS) superior to computed tomography angiography (CTA) in detection of endoleaks in post-EVAR patients? A systematic review and meta-analysis. *J Ultrasound*. 2019;22(1):65-75. doi:10.1007/s40477-019-00364-7
 15. Bianchini Massoni C, PERINI P, Fanelli M, et al. The Utility of Intraoperative Contrast-enhanced Ultrasound for Immediate Treatment of Type Ia Endoleak during EVAR: Initial Experience. *Acta Bio Medica Atenei Parm*. 2021;92(2):e2021046. doi:10.23750/abm.v92i2.9154
 16. Johnsen L, Hisdal J, Jonung T, Braaten A, Pedersen G. Contrast-enhanced ultrasound detects type II endoleaks during follow-up for endovascular aneurysm repair. *J Vasc Surg*. 2020;72(6):1952-1959. doi:10.1016/j.jvs.2020.02.020
 17. Curti M, Piacentino F, Fontana F, et al. EVAR Follow-Up with Ultrasound Superb Microvascular Imaging (SMI) Compared to CEUS and CT Angiography for Detection of Type II Endoleak. *Diagnostics*. 2022;12(2):526. doi:10.3390/diagnostics12020526
- MUDr. Dávid Kocan
 NÚSCH, a.s., Pod Krásnou hôrkou 1, 833 48 Bratislava
 +421 949 714 230
 david.kocan@nusch.sk

Obrazová príloha



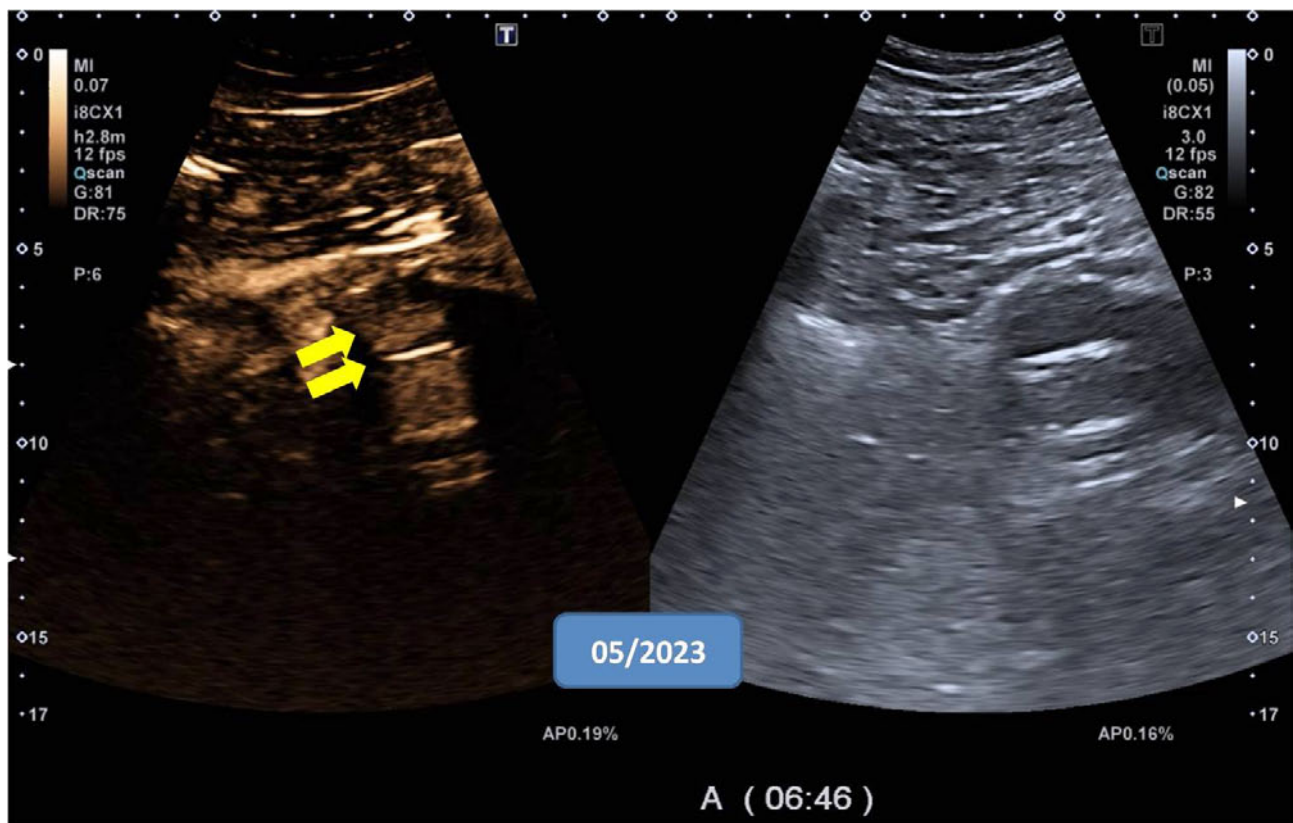
Obr. 1 Prvá postprocedurálna CTA, axiálny rez, endoleak II

Fig. 1 First postprocedural CTA, axial view, endoleak II



Obr. 2 Druhá postprocedurálna CTA, axiálny rez, endoleak II

Fig. 2 Second postprocedural CTA, axial view, endoleak II



Obr. 3 CEUS, detekcia endoleaku II vo ventrálnej časti vaku z patentnej arteria mesenterica inferior

Fig. 3 CEUS, endoleak type II detection in ventral part of aneurysmal sac arising from patent inferior mesenteric artery