

Rusina M.<sup>1</sup>, Haršány J.<sup>1</sup>, Hoferica M.<sup>1</sup>, Lukáč M.<sup>1</sup>, Šálek M.<sup>1</sup>, Necpal R.<sup>2</sup>, Klepanec A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Rádiologická klinika, Fakultná nemocnica Trnava

<sup>2</sup> Oddelenie cievnej chirurgie, Fakultná nemocnica s poliklinikou F.D. Roosevelta Banská Bystrica

## Zobrazovacie možnosti u pacientov s dialyzačnými cievnymi prístupmi

### Abstrakt

Nárast počtu pacientov zaradených do dlhodobého hemodialyzačného programu zvyšuje nároky zdravotníckych zariadení na tvorbu a následných manažment cievnych prístupov u hemodialyzovaných pacientov. Arteriovenóza fistula (AVF) je podľa posledných odporúčaní najvhodnejší cievny prístup pre pacientov dlhodobo podstupujúcich hemodialýzu. Výber a správne technické prevedenie zobrazovania pred našitím AVF, počas jej maturácie ako aj v období hemodialýzy ovplyvňuje riziko morbidít a mortality, znižuje pravdepodobnosť včasného zlyhania a zvyšuje sekundárnu priechodnosť AVF ako cievneho prístupu. Cieľom tejto práce je poskytnúť prehľad o zobrazovacích možnostiach u pacientov s dialyzačnými cievnymi prístupmi.

**Kľúčové slová:** zobrazovanie, arteriovenóza fistula, maturácia, hemodialýza

### Abstract

Increase in the number of patients enrolled in the long-term program of hemodialysis increases the demand for medical equipment design and subsequent management of vascular access in hemodialysis patients. According to recent recommendations, arteriovenous fistula (AVF) is the most appropriate vascular approach for patients undergoing long-term hemodialysis. Choosing and properly performing diagnostic imaging before AVF sewing, during its maturation, and during hemodialysis affects the risk of morbidity and mortality, reduces the likelihood of its early failure, and increases secondary patency of AVF as a vascular approach.

**Key words:** imaging, arteriovenous fistula, maturation, hemodialysis

### Úvod

V súčasnosti možno pozorovať celosvetový trend nárastu pacientov s akútnym ako aj chronickým ochorením obličiek. V roku 2018 bolo na Slovensku približne 6000 pacientov zaradených do dlhodobého dialyzačného programu. Podľa najnovších postupov z roku 2018 najop-

timálnejším cievny prístupom pre týchto pacientov je vytvorenie radiocephalickej arteriovenózne fistuly (AVF) na nedominantnej ruke, ktorá umožňuje bezpečnú a opakovanú hemodialýzu s minimálnym výskytom závažných komplikácií. Ďalšou možnosťou je vytvorenie proximálnejšie našitých AVF, ktoré vykazujú podobne dobré výsledky. Jednou z nevýhod takto vytvoreného cievneho prístupu je relatívne vysoké riziko nedostatočnej maturácie AVF so skorým zlyhaním cievneho prístupu ako aj výskyt rekurentných závažných stenóz znemožňujúcich optimálnu realizáciu hemodialýzy s nutnosťou hľadania alternatívneho cievneho prístupu. Zobrazovanie AVF ako aj samotného cievneho riečiska pred tvorbou cievneho prístupu zohráva zásadnú úlohu v manažmente pacientov v dlhodobom hemodialyzačnom programe (1).

### Ultrasonografia AVF

Duplexná ultrasonografia (DUS) je neinvazívne, lacné, dostupné vyšetrenie s kľúčovým významom v manažmente hemodialyzovaného pacienta s AVF. DUS je vhodnou modalitou na predoperačné mapovanie cievneho riečiska, sledovanie maturácie fistuly a v neposlednom rade na sledovanie a včasné odhalenie neskorých komplikácií AVF (1).

Pred našitím AVF je duplexná ultrasonografia vhodnou zobrazovacou modalitou na posúdenie kvality prívodnej artérie ako aj odvodnej vény. Diameter ciev pred vytvorením RC AVF má dosahovať minimálny priemer 2 mm na predlaktí, pri BC AVF 3 mm na ramene a pri AVG v oblasti lakťa cca 4 mm (1). Prípadné stenózy ciev nezachytené počas klinického vyšetrenia, či cievy s difúzne gracilnejším lumenom zvyšujú riziko primárneho skorého zlyhania AVF ako aj dlhodobú priechodnosť. DUS umožňuje správne vybrať miesto cievneho prístupu, odhadnúť hĺbku a kvalitu cievnych štruktúr ako aj zhodnotiť prietok krvi v cievnom riečisku. Predoperačná DUS zvyšuje úspešnosť vytvorenia AVF ako aj jej primárnu priechodnosť. Podľa randomizovanej štúdie Ferringa a kolektívu pacienti bez predoperačnej DUS mali o 19 % vyšší výskyt primárneho zlyhania AVF ako pacienti s predoperačnou DUS (2).

Po našití AVF je DUS vhodnou metódou na hodnotenie priebehu maturácie AVF ako aj na dlhodobé sledovanie priechodnosti AVF so skorou identifikáciou komplikácií ako sú závažné rekurentné stenotizácie, akútna trombóza AVF či AVG, či hyperfunkcia AVF s ischemizáciou distálneho úseku končatiny (3).

Počas endovaskulárnej liečby (EVL) možno využiť DUS na zobrazenie a následnú kanyláciu odvodnej vény ako aj prírodnej artérie. V ojedinelých prípadoch u pacientov alergických na jód je možné realizovať perkutánnu angioplastiku pod ultrasonografickou kontrolou bez podania jódovej kontrastnej látky (4, 5).

Ultrazvukový prístroj vhodný na hodnotenie cievnych štruktúr hornej končatiny musí mať k dispozícii lineárnu sondu s minimálnou frekvenciou 7 MHz na hodnotenie B-módu a 5 MHz na hodnotenie farebného a spektrálneho Dopplerovského záznamu, optimálna je však sonda s vyššou frekvenciou 9 MHz. Pacient má počas vyšetrenia ležať v polohe na chrbte, sledovaná ruka má byť v extenzii lakťového kĺbu. Každá povrchová vena, ako aj hlboký venózný a arteriálny systém má byť vyšetrený v dvoch rovinách (prične a pozdĺžne) bez tlaku sondy na žilový systém pri meraní jeho priemeru. Okrem klasického B-módu na správne zhodnotenie cievneho systému je nutné doplniť aj farebný a spektrálny Dopplerovský záznam s meraním prietokov (6, 7).

Pri predoperačnom ultrasonografickom hodnotení cievneho riečiska sledujeme morfológické a funkčné parametre ciev. Medzi morfológické parametre zaradíme priemer a priebeh cievy, hrúbku a morfológické zmeny steny (najčastejšie prítomnosť kalcifikovaných a mäkkých aterosklerotických plátov) a prítomnosť závažnej stenotizácie respektíve obliterácie cievneho riečiska. Funkčné parametre zahŕňajú prietok krvi v cievnom riečisku a schopnosť dilatácie prírodnej tepny (8). Na základe zhodnotenia jednotlivých parametrov cievneho riečiska môžeme zväziť miesto našitia AVF a tak pozitívne ovplyvniť jej primárnu a sekundárnu priechodnosť. Priemer cievy ovplyvňuje skoré zlyhanie AVF ako aj jej maturáciu. Pravdepodobnosť priechodnosti a prežitia AVF rastie s priemerom tepny použitej na vytvorenie AVF (8). Prítomnosť morfológických zmien a zhrubnutie steny nie sú kontraindikáciou na vytvorenie AVF, kalcifikované aterosklerotické pláty môžu negatívne ovplyvniť výsledok ako aj priebeh operácie (7). Prítomnosť závažnej stenotizácie respektíve obliterácie cievneho riečiska môžeme v ultrasonografickom obraze ľahko identifikovať. Následne môžeme zväziť endovaskulárnu respektíve chirurgickú liečbu pred našitím AVF alebo môžeme hľadať vhodnejšiu lokalitu na našitie AVF.

Z funkčných parametrov ovplyvňuje primárnu a sekundárnu priechodnosť AVF prietok krvi v tepne, ktorá bude použitá na vytvorenie AVF. Prietok krvi viac ako 50 ml/min je spojený s nižšou pravdepodobnosťou skorého zlyhania AVF (7), naopak nízky prietok pod 20 ml/min je spojený s vysokou pravdepodobnosťou primárnej nepriechodnosti

AVF do 8 mesiacov (9). Ďalším z funkčných parametrov ovplyvňujúcim prežitie AVF je schopnosť dilatácie tepny po našití AVF. Počas predoperačného ultrasonografického vyšetrenia môžeme vyšetriť a zhodnotiť dilatáciu artérie testom reaktívnej hyperémie. Spektrálny Dopplerovský záznam by sa mal pri optimálnej dilatácii sledovanej tepny zmeniť z trifázickej krivky na bifázickú. Kvantifikovať mieru dilatácie môžeme pomocou výpočtu indexu rezistencie. Čím nižší je index rezistencie, tým vyššia je miera dilatácie tepny. Pre tvorbu AVF sú vhodné tepny s nízkym indexom rezistencie, so schopnosťou dilatácie. Index rezistencie vyšší ako 0,7 predpovedá okamžité zlyhanie našitej AVF (7). Všetky vyššie spomenuté morfológické a funkčné parametre pomáhajú pri voľbe správneho miesta pre vytvorenie AVF, prípadne pri nevhodnom cievnom riečisku môžu viesť k zvoleniu alternatívnych cievnych prístupov.

Pri ultrasonografickom sledovaní maturácie AVF je potrebné zhodnotiť prietok AVF za minútu, priemer odvodnej vény ako aj jej vzdialenosť od povrchu kožného krytu. Všetky spomínané parametre ovplyvňujú kanyláciu fistuly dvoma ihlami ako aj úspešný priebeh samotnej dialýzy. Vo všeobecnosti platí pravidlo „6“. Za zrelú pokladáme AVF s prietokom viac ako 600 ml/min, s priemerom odvodnej žily viac ako 6 mm, približne 6 mm od povrchu kožného krytu (10). Normálna vysokoodporová artéria na hornej končatine má prietok približne 80 – 120 ml/min. Po vytvorení spojky vysokoodporovej artérie s nízkooporovým venóznym riečiskom sa prietok v artérii výrazne zvyšuje. Prietokové krivky v odvodnej véne sa arterializujú. Vo farebnom dopplerovskom zobrazení môžeme pozorovať turbulentné prúdenie v mieste anastomózy ako aj v odvodnej véne. Klinicky je v mieste anastomózy a odvodnej véne hmatný vír, ktorý koreluje s turbulentným prúdením vo véne. Poddajná stena odvodnej vény sa pod zvyšujúcim tlakom postupne rozširuje, čo neskôr uľahčuje kanyláciu venózneho systému. Najvyšší percentuálny nárast prietoku AVF nastáva prvých 24 hodín po vytvorení AVF. Pri normálne zrejúcej AVF prvý pooperačný deň je prietok krvi prírodnou tepnou približne 250 – 500 ml/min, mesiac po našití prietok krvi dosahuje približne 500 – 900 ml/min (11). Ak v priebehu času prietok krvi v adekvátnej miere nerastie alebo sa ešte zmenšuje, najskôr AVF bez ďalšieho zásahu (chirurgického alebo endovaskulárneho) nebude vhodná na realizáciu hemodialýzy, môžeme ju označovať ako nematurovanú AVF.

Meranie a výpočet prietoku AVF je jednoduchý, rýchly a ľahko reprodukovateľný postup vhodný na sledovanie maturácie AVF. Objem prietoku za minútu vypočítame vzorcom plocha cievy x stredná rýchlosť x 60. Dnešné moderné ultrasonografické prístroje počítajú prietok AVF automaticky. Ak sa chceme vyhnúť nadhodnoteniu alebo podhodnoteniu merania je nutné správne technické prevedenie vyšetrenia na vhodnom mieste AVF. Turbulentné prúdenie v odvodnej véne ako aj riziko kompresie pri meraní priemeru vény značne skresľuje výsledky merania.

V prípade arteria radialis výsledok merania môže zase skreslovať spätný tok krvi z artérie ulnaris cez palmárny oblúk. Preto sa ako najvhodnejšie miesto merania odporúča artéria brachialis tesne nad kubitou (6, 10). Pred samotným meraním arteria brachialis zobrazíme v B móde v pozdĺžnom reze, následne čo najpresnejšie zmeriame jej priemer. Odmeriame prietokové rýchlosti, tak aby bol objem merania paralelne s priebehom cievy približne v strede lumen s rozšíreným rozsahom presahujúcim 70 % priemeru cievy s uhlom insonácie menším ako 60 stupňov.

Meranie prietoku má význam okrem sledovania maturácie AVF aj pri dlhodobom pozorovaní funkčnej AVF. V súčasnosti sa meranie prietoku považuje za najlepší spôsob sledovania vaskulárneho prístupu (10). Cieľom samotného sledovania funkčnej AVF je maximalizovať dĺžku jej prežitia včasnou detekciou a okamžitou liečbou neskorých komplikácií AVF. Minimálne technické požiadavky na sledovanie AVF sú zhodné s predoperačnou ultrasonografiou, podobne ako aj technika merania prietoku AVF pri hodnotení maturácie. Zásadný rozdiel spočíva v správnej interpretácii ultrasonografického obrazu v B-móde ako aj Dopplerovskom farebnom a spektrálnom zázname. Našitím AVF sa na hornej končatine zmenia anatomicko-morfologické pomery ako aj hemodynamika cievneho riečiska. Pri funkčnej AVF môžeme pozorovať v pozdĺžnom reze prívodnú artériu ako anechogénny pruh ohraničený stenou s troma vrstvami, s prítomnou pulzáciou, nestlačiteľnou pri kompresii sondou. Vo farebnom dopplerovskom zobrazení je prívodná artéria charakteristická laminárnym prúdením, lumen cievy sa zobrazuje červenou farbou až k miestu anastomózy AVF. Spektrálny Dopplerovský záznam sa mení z vysokoodporového záznamu typického pre končatinu na nízkooporový s veľkým anterográdnym prietokom v diastolickej fáze s narastajúcimi rýchlosťami s blížiacim sa miestom anastomózy. Miesto anastomózy AVF má v B-móde typický vzhľad podľa typu našitia anastomózy (side to side, end to side a end to end anastomózy). Vo farebnom Dopplerovskom zázname je anastomóza charakteristická výrazným zvýšením rýchlosti so zmenou farby miestami dokonca až na bielu, ako aj turbulentným prúdením s typickým nehomogénnym farbením tzv. aliasingom. V spektrálnom Dopplerovskom zázname je miesto anastomózy charakteristické stratou arteriálnej fázicity s veľkými variabilnými rýchlosťami zasahujúcimi nad aj pod nulovú líniu. Odvodná vena AVF je typická nepravidelnou ektáziou lumen a tortuóznym priebehom na podklade zvýšeného tlaku a opakovaných kanylácií. Lumen aj napriek zvýšenému tlaku je kompresibilný. Stena odvodnej vény v porovnaní s kontralaterálnou stranou je mierne zhrubnutá. Vo farebnom Dopplerovskom zázname má odvodná vena nepravidelné prevažne turbulentné prúdenie s obrazom aliasingu, ktorý vzniká na podklade nepravidelného priemeru odvodnej vény a vysokých prietokových rýchlostí. V spektrálnom Dopplerovskom zázname má odvodná vena v blízkosti anastomózy arterializovaný záznam s výraznou

systolicko-diastolickou fázou so širokou amplitúdou. S narastajúcou vzdialenosťou od anastomózy sa postupne stráca arterializovaný záznam, znižuje sa priemerná rýchlosť toku a postupne spektrálny Dopplerovský záznam preberá charakteristiky venózneho toku (12). Prietok krvi v zrelej dobre fungujúcej AVF sa pohybuje v rozmedzí 700 – 1300 ml/min. Prietok AVF menej ako 500 ml/min je prediktorom dysfunkcie respektíve prítomnosti trombózy. V prípade ďalšieho poklesu pod 300 ml/min môžeme už hovoriť o hypofunkcii AVF s nutnosťou zahájenia endovaskulárneho alebo chirurgického riešenia. Okrem sledovania absolútnych hodnôt prietoku zohráva dôležitú úlohu aj relatívny pokles. Ak pri dobre fungujúcej AVF s prietokom 1000 ml/min klesne prietok v priebehu niekoľkých mesiacov o viac ako 25 % viacero štúdií poukazuje na vysoké riziko trombózy alebo hemodynamicky závažnej stenotizácie (6, 10, 12). Význam ultrasonografického vyšetrenia spočíva nie len v detekcii zhoršujúcich sa funkčných parametrov AVF, ale aj v možnosti presnejšie identifikovať lokalitu a charakter patológie zodpovednej za dysfunkciu. V prípade uzáveru alebo tesnej kritickej stenotizácie odvodnej vény môže byť prítomný na AVF výrazne alterovaný monofázický záznam s výrazne zníženým prietokom AVF (Obr. 1).

#### CT flebografia u pacientov s našitou AVF

CT flebografia je zobrazovacie vyšetrenie, pri ktorom pacient dostáva jódovú kontrastnú látku do venózneho riečiska s využitím ionizujúceho žiarenia. CT flebografia v porovnaní s klasickou diagnostickou DSA je menej invazívna a lacnejšia, avšak neumožňuje po diagnostike prejsť v jednom sedení priamo na EVL. CT flebografia obdobne ako DSA je spoľahlivou metódou na detekciu závažných stenóz, trombózy ako aj oklúzie ciev v AVF (13), avšak v praxi ju nahrádza neinvazívna, dostupnejšia a lacnejšia DUS. Nezastupiteľné využitie u pacientov s našitou AVF má CT flebografia len pri detekcii centrálnych venózných stenóz, ktoré nie sú dostupné ultrasonografickému vyšetreniu. Prípadne po zlyhaní AVF u pacienta s vyčerpanými štandardnými cievnymi prístupmi môže byť CT flebografia užitočná pri hľadaní alternatívnych cievnych prístupov (Obr. 2 – 4).

Príprava pacienta na CT flebografiu zahŕňa identifikáciu rizikových faktorov asociovaných s vyšším výskytom nežiadúcich účinkov po podaní jódovej kontrastnej látky s následným zahájením preventívnych opatrení (14). Pred samotnou realizáciou je nutné zaviesť kanylu ideálne do povrchového systému pravej hornej končatiny. U pacientov s našitou AVF jednoznačne volíme povrchový systém hornej končatiny na kontralaterálnej ruke alebo môžeme zvážiť aj podanie kontrastnej látky do dočasného centrálného venózneho katétra. Vzhľadom na podávanie kontrastnej látky s pomalším prietokom okolo 2,5 ml/s nie je nutné mať zavedené hrubšie 20 G respektíve 18 G chiraflex kanyly vhodné pre CT angiografické vyšetrenia.

Na našom CT pracovisku sa parametre skenovania nastavujú automaticky podľa realizácie plánovacieho topogramu v rozmedzí 100 – 120 kV a smart mA 80 – 475. Objem kontrastnej látky môže byť znížený na 80 ml aj pri pacientoch s vyššou hmotnosťou so zachovaním dobrej rozlišovacej schopnosti. Rozsah vyšetrenia závisí od toho, či je nutné vylúčiť centrálnu venóznú stenotizáciu v oblasti hrudníka alebo zrealizovať mapovanie celého venózneho systému v snahe nájsť optimálne miesto cievneho prístupu u pacientov po opakovaných zavedeniach cievnych prístupov a s vyčerpanými cievnymi prístupmi. V prvom prípade realizujeme CT flebografiu od bázy lebky až tesne nad bránicu. V druhom prípade zachytíme aj dutinu brušnú a malú panvu do výšky trochanterov os femoris. Zásadný vplyv na výsledok vyšetrenia je voľba času akvizície dát od podania jódovej kontrastnej látky do venózneho riečiska. Za bežných okolností sa volia dve venózne fázy – prvá skorá venózna fáza za 60 sekúnd a následne oneskorená fáza za 30 sekúnd (Tabuľka 1). Natívne skeny pre hodnotenie cievneho riečiska nemajú žiaden prínos a len zvyšujú radiačné zaťaženie pacienta. Radiačná záťaž nášho protokolu je priemerne okolo 1000 DLP mGy na cm<sup>2</sup>.

**Tabuľka 1.** Protokol CT flebografie vo Fakultnej nemocnici Trnava

| Parametre skenovania                                            | Hodnoty                                                      |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Smart mA                                                        | 80 – 475                                                     |
| kV                                                              | 100 – 120                                                    |
| Noise index                                                     | 20                                                           |
| CT flebografia hrudníka                                         | Tesne nadbránične až po bázu lebky vo všetkých fázach        |
| CT flebografia s mapovaním celého centrálného venózneho systému | Od linea bitrochanterica až po bázu lebky vo všetkých fázach |
| Cievny prístup                                                  | Rýchlosť podania kontrastnej látky                           |
| Chiraflex 22 – 18 G                                             | 2,5 ml                                                       |
| Akvizícia dát (fázy vyšetrenia)                                 | Čas                                                          |
| Venózna fáza                                                    | 60 sekúnd od podania kontrastnej látky                       |
| Neskorá venózna fáza                                            | 90 sekúnd od podania kontrastnej látky                       |

## MR angiografia

MR angiografia (MRA) AVF a centrálnych vén je neinvazívne zobrazovacie vyšetrenie bez radiačnej záťaže pre pacienta. MRA môže byť realizovaná v dvoch formách, v prípade podania kontrastnej látky, tzv. contrast enhanced (CE) MRA a nekontrastnú MRA či už vo forme technik TOF (time of flight) alebo phase contrast (PC) MRA. MR angiografia okrem navigácie pri intervenciách na vysoko špecializovaných pracoviskách sa používa ako neinvazívna zobrazovacia modalita pred plánovaním endovaskulárnej alebo chirurgickej liečby v ojedinelých vybraných

prípadoch (16,17). Niektoré štúdie poukazujú na vysokú citlivosť (100 %) ako aj špecifitu (94 %) na sledovanie priechodnosti arteriálneho i venózneho systému, ako aj vysokú pozitívnu a negatívnu prediktívnu hodnotu stenotizovaných ciev u dysfunkčných AFV a AVG (18,19). Nekontrastná MRA nezaťažuje pacienta podaním gadolína. Predoperačné mapovanie ako aj pooperačné hodnotenie maturácie AVF vykazuje sľubné výsledky v predikcii skorého zlyhania AVF (20,21). MR angiografia umožňuje komplexné hodnotenie centrálnych vén, avšak medzi limitácie sa zaraďuje najmä klaustrofóbia, riziko nefrogénnej systémovej fibrózy u pacientov s renálnym poškodením, dlhší čas vyšetrenia a nižšie priestorové rozlíšenie ako CT (22).

## Digitálna subtrakčná angiografia (DSA)

DSA je miniinvazívny endovaskulárny výkon s podaním minimálneho množstva kontrastnej látky s relatívne nízkou radiačnou záťažou. U pacientov s dysfunkciou AVF sa DSA čisto na diagnostické účely nevyužíva. Vo väčšine prípadov sa kombinuje priamo aj s EVL dysfunkčných AVF diagnostikovaných najčastejšie ultrasonografickým vyšetrením (23). V ojedinelých prípadoch možno DSA použiť pri predoperačnom mapovaní, v diagnostike centrálnych venózných stenóz ako aj pri nejasnom respektíve hraničnom ultrasonografickom náleze. Najčastejším využitím však zostáva bezprostredné plánovanie endovaskulárnej intervencie s následnou kontrolou jej efektu (Obr. 4).

## Záver

Zobrazovacie možnosti dialyzačných cievnych prístupov zohrávajú zásadnú úlohu v manažmente pacientov v dlhodobom hemodialyzačnom programe. Najvhodnejšia zobrazovacia modalita na predoperačné mapovanie, sledovanie maturácie ako aj detekciu neskorých komplikácií je duplexná ultrasonografia. CT flebografia má v praxi význam najmä pri hodnotení centrálnych vén pri hľadaní optimálneho miesta na zavedenie dočasného resp. permanentného centrálného venózneho katétra a pri klinickom podozrení na závažnú centrálnu venóznú stenózu. Podobnú úlohu má aj MR angiografia, ktorá je však horšie dostupná s viacerými ďalšími limitáciami. Samotná diagnostická DSA má význam len vo vybraných prípadoch prevažne pri nejasnom ultrasonografickom náleze. Vo väčšine prípadov sa DSA kombinuje priamo s endovaskulárnou liečbou už diagnostikovaných malfunkčných AVF na potvrdenie diagnózy a hodnotenie efektu endovaskulárnej liečby.

## Literatúra

- (1) Schmidli J, Widmer MK, Basile C et al. Editor's Choice Vascular Access: Clinical Practice Guidelines of the. Eur J Vasc Endovasc Surg. 2018, Zv. 55, 757-818.

- (2) Wiese P, Nonnast-Daniel B. Colour Doppler ultrasound in dialysis access. *Nephrol Dial Transpl.* 2004;19:1956–1963. doi: 10.1093/2244.
- (3) Gorin DR, Perrino L, Potter DM, Ali TZ. Ultrasound-guided angioplasty of autogenous arteriovenous fistulas in the office setting. *J Vasc Surg* 2012;55:1701-5.
- (4) Wiese P, Nonnast-Daniel B. Colour Doppler ultrasound in dialysis access. *Nephrol Dial Transpl.* 2004;19:1956–1963. doi: 10.1093/2244.
- (5) Lu M, Li H, Feng J, Hu W. Ultrasound-Guided Pharmacomechanical Thrombolysis and Angioplasty for Treatment of Acute Thrombotic Prosthetic Arteriovenous Access: 5-Year Experience with 154 Procedures in a Single Center. *Ultrasound in Medicine & Biology.* 2018;44(11):2314-2322. doi:10.1016/j.ultrasmedbio.2018.06.019.
- (6) Malovrh M. The role of sonography in the planning of arteriovenous fistulas for hemodialysis. *Semin Dial.* 2003;16:299–303. doi: 10.1046/j.1525-139X.2003.16069.x.
- (7) Malovrh M. Native arteriovenous fistula: preoperative evaluation. *Am J Kidney Dis.* 2002;39:1218–1225. doi: 10.1053/ajkd.2002.33394
- (8) Sato M, Io H, Tanimoto M, Shimizu Y, Fukui M, Hamada C, et al. Relationship between preoperative radial artery and postoperative arteriovenous fistula blood flow in hemodialysis patients. *J Nephrol.* 2012;25(5):726–731. doi: 10.5301/jn.5000050.
- (9) NKF-K/DOQI (2006) Clinical practice guidelines for vascular access update 2006. *Am J Kidney Dis* 48(Suppl 1):176–32
- (10) Lomonte C, Casucci F, Antonelli M, Giammaria B, Losurdo N, Marchio G, et al. Is there a place for duplex screening of the brachial artery in the maturation of arteriovenous fistulas? *Semin Dial.* 2005;18(3):243–246. doi: 10.1111/j.1525-139X.2005.18320.x.
- (11) Zamboli P, Calabria M, Camocardi A, Fiorini F, D'Amelio A, Lo Dico C, et al. Color-Doppler imaging and arteriovenous fistula: preoperative evaluation and surveillance. *G Ital Nefrol.* 2012;29(Suppl 57):S36–S46.
- (12) Wasinrat J, Siriapisith T, Thamtorawat S, Tongdee T. 64-slice MDCT angiography of upper extremity in assessment of native hemodialysis access. *Vasc Endovasc Surg* 2011;45:69-77.
- (13) Hossain MA, Costanzo E, Cosentino J, Patel C, Qaisar H, Singh V, Khan T, Cheng JS, Asif A, Vachharajani TJ. Contrast-induced nephropathy: Pathophysiology, risk factors, and prevention. *Saudi J Kidney Dis Transpl* 2018;29:1-9.
- (14) Karadeli E, Tarhan NC, Ulu EM, Tutar NU, Basaran O, Coskun M, et al. Evaluation of failing hemodialysis fistulas with multidetector CT angiography: comparison of different 3D planes. *Eur J Radiol* 2009;69:184-92.
- (15) Fraum TJ, Ludwig DR, Bashir MR, Fowler KJ. Gadolinium-based contrast agents: A comprehensive risk assessment. *J Magn Reson Imaging* 2017;46:338-53.
- (16) Han KM, Duijm LE, Thelissen GR, Cuypers PW, DouwesDraaijer P, Tielbeek AV, et al. Failing hemodialysis access grafts: evaluation of complete vascular tree with 3D contrast-enhanced MR angiography with high spatial resolution: initial results in 10 patients. *Radiology* 2003;227:601-5.
- (17) Bakker CJ, Peeters JM, Bartels LW, Elgersma OE, Zijlstra JJ, Blankestijn PJ, et al. Magnetic resonance techniques in hemodialysis access management. *J Vasc Access* 2003;4:125-39.
- (18) Planken RN, Tordoir JH, Dammers R, de Haan MW, Oei TK, van der Sande FM, et al. Stenosis detection in forearm hemodialysis arteriovenous fistulae by multiphase contrast-enhanced magnetic resonance angiography: preliminary experience. *J Magn Reson Imaging* 2003;17:54-64.
- (19) Froger CL, Duijm LE, Liem YS, Tielbeek AV, Donkers-van Rossum AB, Douwes-Draaijer P, et al. Stenosis detection with MR angiography and digital subtraction angiography in dysfunctional hemodialysis access fistulas and grafts. *Radiology* 2005;234:284-91.
- (20) Bode AS, Planken RN, Merckx MA, van der Sande FM, Geerts L, Tordoir JH, et al. Feasibility of non-contrast-enhanced magnetic resonance angiography for imaging upper extremity vasculature prior to vascular access creation. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2012;43:88-94.
- (21) Tattersall J, Martin-Malo A, Pedrini L, Basci A, Canaud B, Fouque D, et al. EBP guideline on dialysis strategies. *Nephrol Dial Transplant* 2007;22:5-21.
- (22) Kim CY, Mirza RA, Bryant JA, Whiting ED, Delong DM, Spritzer CE, Merkle EM. Central veins of the chest: evaluation with time-resolved MR angiography. *Radiology.* 2008 May; 247(2):558-66.
- (23) Sidawy AN, Spergel LM, Besarab A, Allon M, Jennings WC, Padberg Jr FT, et al. The Society for Vascular Surgery: clinical practice guidelines for the surgical placement and maintenance of arteriovenous hemodialysis access. *J Vasc Surg* 2008;48:2-25.

Adresa pre korešpondenciu:  
 MUDr. Andrej Klepanec, Ph.D., MPH, EBIR  
 Rádiologická klinika FN Trnava  
 A. Žarnova 11  
 917 75 Trnava  
 Tel.: +421 33 59 38951  
 Email.: andrej.klepanec@fntr.sk

## Obrazová príloha



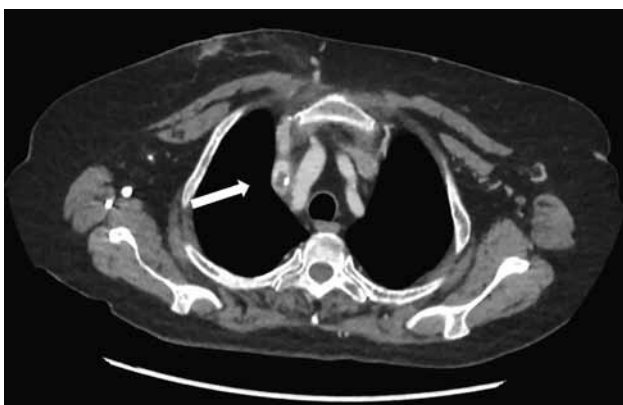
**Obr. 1.** Ultrazvukový nález výrazne alterovanej monofázickej krivky u pacienta s krátkym uzáverom prox. úseku odvodnej v.cephalica radiocephalickej AVF. Archív Rádiologickej kliniky FN Trnava



**Obr. 3.** Koronárna rekonštrukcia CT flebografie hrudníka so zavedeným PermCathom vpravo cestou vena jugularis interna (biela šípka) a parciálnou trombózou vľavo v mieste konfluens vena subclavia a vena jugularis interna (čierna šípka). Archív Rádiologickej kliniky FN Trnava



**Obr. 2.** Koronárny sken CT flebografie hrudníka s trombózou vena brachiocephalica vľavo (čierna šípka). Archív Rádiologickej kliniky FN Trnava



**Obr. 4.** Axiálny sken CT flebografie hrudníka s parciálnou trombózou vo vena cava superior v mieste zavedeného PermCathu (biela šípka). Archív Rádiologickej kliniky FN Trnava



**Obr. 5.** Vpravo DSA s nálezom kritickej juxtaanastomickej stenózy odvodnej vény. Vľavo kontrolná DSA po endovaskulárnej liečby. Archív Rádiologickej kliniky FN Trnava