

Endovaskulární metoda vytvoření arteriovenózní fistuly

Katarína Tokarčíková¹, Ján Tokarčík¹, Tibor Varga ml.², Ondrej Zahornacký³

¹IV. interná klinika UPJŠ LF a UNLP, Košice, Slovenská republika

²Bethesda Medical Pro, s. r. o. – Súkromná interná ambulancia, Kráľovský Chlmec

³Klinika infektológie a cestovnej medicíny UPJŠ LF a UNLP, Košice

Arteriovenózne fistuly sú považované za preferovaný cievny prístup pre pacientov s potrebou dlhodobej hemodialýzy. Ich vynikajúca priechodnosť spolu s nízkou mierou infekcií a reintervencií v porovnaní s centrálnymi venóznymi katétrami a arteriovenóznymi graftmi z nich robí ideálnu voľbu prístupu pre mnoho pacientov s terminálnym renálnym zlyhaním. Tradičná metóda vytvárania arteriovenózných fistúl je chirurgická. Vývojom dvoch systémov – WavelinQ™ (Becton, Dickinson and Company; Franklin Lakes, NJ) a Ellipsys® (Medtronic, Minneapolis, MN) vznikla minimálne invazívna endovaskulárna metóda vytvárania arteriovenózných fistúl. Vzhľadom na fakt, že ide o metódu, s ktorou v porovnaní s chirurgickou metódou nie je veľa skúseností, a tiež vzhľadom na jej finančnú náročnosť, nie je metódou prvej voľby, ale metódou ďalšej voľby. Doterajšie skúsenosti ukazujú, že endovaskulárne vytvorené arteriovenózne fistuly sú asociované s dobrou mierou maturácie, nízkou mierou reintervencie, vysokou mierou primárnej a sekundárnej priechodnosti a nízkou mierou primárneho zlyhania. Ich výhodou je jednoduchosť ich použitia, možnosť ich vytvorenia bez potreby celkovej anestézie a neprítomnosť jaziev po výkone.

Kľúčové slová: arteriovenózna fistula, Ellipsys®, endovaskulárne vytvorená arteriovenózna fistula, chirurgicky vytvorená arteriovenózna fistula, WavelinQ™.

Endovascular method of arteriovenous fistula creation

Arteriovenous fistulas are considered the preferred vascular access for patients requiring long-term hemodialysis. Their excellent patency, combined with low rates of infection and reintervention compared to central venous catheters and arteriovenous grafts, makes them the ideal access option for many patients with end-stage renal failure. The traditional method of creating arteriovenous fistulas is surgical. The development of two systems – WavelinQ™ (Becton, Dickinson and Company; Franklin Lakes, NJ) and Ellipsys® (Medtronic, Minneapolis, MN) – has led to a minimally invasive endovascular method of creating arteriovenous fistulas. Given the fact that this is a method with which there is not much experience compared to the surgical method, and also considering its financial demands, it is not a first-choice method, but a secondary option. Experience to date shows that endovascularly created arteriovenous fistulas are associated with a good maturation rate, low reintervention rate, high primary and secondary patency rates, and low primary failure rate. Their advantages include ease of use, the possibility of creation without the need of total anesthesia, and the absence of scars after the procedure.

Key words: arteriovenous fistula, Ellipsys®, endovascularly created arteriovenous fistula, surgically created arteriovenous fistula, WavelinQ™.

Úvod

Prevalencia terminálneho zlyhania obličiek narastá. Prevažná väčšina pacientov s terminálnym zlyhaním obličiek podstupuje hemodialýzu,

celosvetovo je to vyše 2 miliónov pacientov. Menšia časť pacientov podstupuje peritoneálnu dialýzu alebo transplantáciu obličky (1). Možnosti hemodialyzačných prístupov zahŕňajú centrálny venózný

MUDr. Katarína Tokarčíková, PhD.
IV. interná klinika UPJŠ LF a UNLP, Košice
katarina.demkova@upjs.sk

Cit. zkr: Vnitř Lék. 2025;71(7):E7-E12
Článek přijat redakcí: 7. 8. 2025
Článek přijat po recenzích: 7. 10. 2025

katéter, arteriovenózný graft (AVG) a arteriovenóznou fistulu (AVF). AVG a AVF sú preferované pred centrálnym venóznym katétrom vzhľadom na nižšie riziko infekčných komplikácií (2). AVF sú preferované viac ako AVG vzhľadom na vyššiu mieru primárnej a sekundárnej priechodnosti. Tradične sa AVF vytvárajú chirurgicky, endovaskulárny prístup predstavuje novšiu, minimálne invazívnu metódu ďalšej voľby (Obr. 1).

Chirurgická metóda vytvorenia arteriovenózneho fistuly (surgical method of arteriovenous fistula creation, sAVF)

Zlatým štandardom vytvorenia hemodialyzačných AVF je chirurgická metóda. Jej nevýhodou je potreba celkovej anestézie, prítomnosť jaziev po výkone a variabilná miera primárnych zlyhaní. Primárne zlyhanie znamená, že AVF nebude nikdy využiteľná, alebo dôjde k jej zlyhaniu v priebehu prvých troch mesiacov od jej vytvorenia. Patogenéza primárneho zlyhania je komplexná, podieľa sa na nej suboptimálna remodelácia, prítomnosť preexistujúcich lézií, napríklad artériovej alebo venózneho stenózy, či získaných lézií, ktoré väčšinou postihujú juxtaanastomotický segment (3). Získané lézie môžu byť spôsobené zvýšeným šmykovým napätím, chirurgickou technikou, alebo manipuláciou s cievou počas vytvárania fistuly. Tieto faktory spúšťajú prozápalovú kaskádu. Prozápalové faktory následne spôsobujú aktiváciu fibroblastov v adventícii, migráciu hladkých svalových buniek a nepriaznivú remodeláciu ciev. Tento proces následne vedie k neointimálnej hyperplázii, ktorá vedie k zúženiu lúmenu a primárnemu zlyhaniu AVF a môže byť tiež príčinou oneskorenej maturácie AVF (4). Okrem toho si AVF vyžadujú priemerne 1 až 2 intervencie na pacienta ročne, aby sa pomohlo maturácii a udržiavaniu priechodnosti AVF (3). AVF pre účely hemodialýzy vytvorené chirurgicky sa zvyčajne vytvárajú na hornej končatine (radiocefalická, brachiocefalická, ulnárobazilická, brachiobazilická, AVF v laktovej jamke cez

venóznym perforátorom podľa Gracza). Výhodou chirurgicky vytvorených AVF je veľká miera skúseností a nižšie finančné náklady.

Endovaskulárna (perkutánna) metóda vytvorenia arteriovenózneho fistuly (endovascular method of arteriovenous fistula creation, endoAVF)

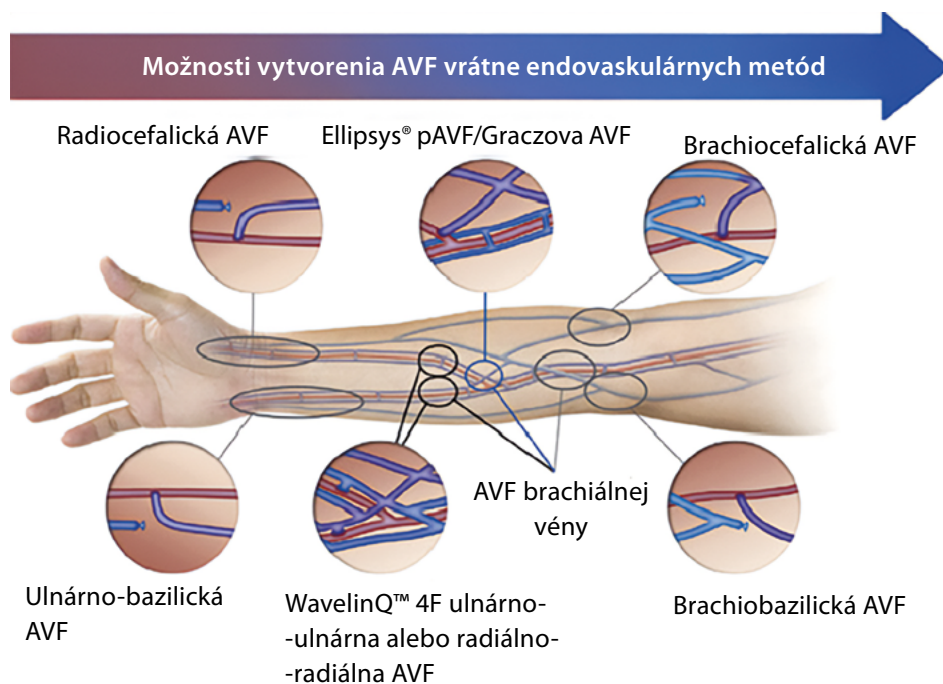
V prípade endoAVF sa hypotetizuje, že keďže je ich tvorba spojená s menšou mierou perioperačnej traumy ciev, sú spojené s menšou mierou neointimálnej hyperplázie. EndoAVF sú asociované s dobrou mierou maturácie, nízkou mierou reintervencie, vysokou mierou primárnej a sekundárnej priechodnosti, menšou mierou primárneho zlyhania (3). Výhodou endoAVF je jednoduchosť ich použitia, možnosť vytvorenia endoAVF bez potreby celkovej anestézie (5) a neprítomnosť jaziev po operácii. Endovaskulárna metóda je účinná, ale je nutná skúsenosť s endovaskulárnymi technikami a s ultrazvukovým vyšetrením. Komplikáciou vytvárania endoAVF v prípade neskuseného lekára môže byť vznik zápalu, masívnej hemorágie a zlyhanie vaskulárneho prístupu (3).

Možnosti endoAVF

Obe v súčasnosti FDA (Food and Drug Administration) schválené endoAVF zariadenia využívajú venóznym perforátor medzi superficiálnym a hlbokým venóznym systémom, ktorý odkláňa tok arterIALIZOVANEJ venózneho krvi z hlbokého do superficiálneho venózneho riečiska v oblasti ramena, ktoré sa potom môže využiť na kanyláciu pre účely hemodialýzy (3).

EndoAVF využíva radiálnu artériu a radiálnu venu, ulnárnú artériu a ulnárnú venu alebo radiálnu artériu a venóznym perforátor v distálnej časti hornej končatiny v závislosti od typu zariadenia, ktoré je použité za účelom vytvorenia endoAVF. Výhodou oboch systémov je, že endoAVF

Obr. 1. Možnosti vytvorenia sAVF a endoAVF (upravené podľa 6)



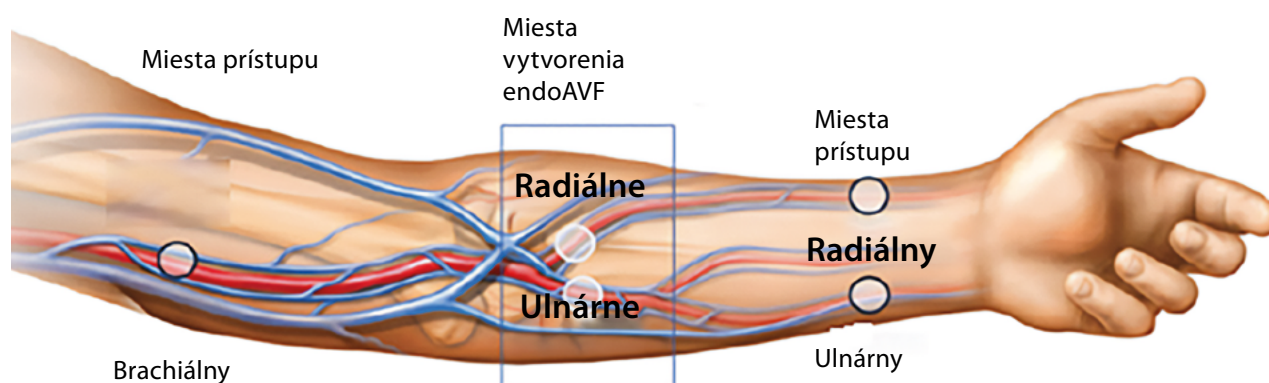
sú vytvárané v distálnej časti hornej končatiny, čo šetrí proximálne cievy pre prípad, že by v budúcnosti bolo potrebné vytvoriť AVF inde (7).

Systém WavelinQ™ (Becton, Dickinson and Company (BD), Franklin Lakes, NJ) je duálny katérový systém, ktorý využíva systém dvoch paralelných katétrov, ktoré sú zavedené do susediacich artérií a vén (Obr. 2 a 3). Vytvára AVF medzi radiálnou artériou a vénou alebo ulnárnu artériou a vénou (8). Tieto cievy sú zvolené kvôli ľahkosti ich perkutánnej punkcie a ich vzájomnej blízkosti. Ulnárno-ulnára fistula je viac preferovaná vzhľadom na blízkosť ulnárnej vény a venózneho perforátora, čo zlepšuje prietok do superficiálneho venózneho systému. Brachiálny prístup predstavuje výzvu vzhľadom na prítomnosť venózných chlopní, preto je v prípade voľby tohoto prístupu nutné použiť tuhší vodič (7).

Pod ultrazvukovou kontrolou sa najskôr vytvorí venózny prístup zavedením sheathu do brachiálnej vény alebo niektorej z hlbokých vén predlaktia, odkiaľ sa vodič zavádza do vény plánovanej na vytvorenie endoAVF (do mediálnej/laterálnej radiálnej alebo ulnárnej vény). Arteriálny prístup sa vytvorí zavedením sheathu do brachiálnej artérie (on-label) alebo do distálneho úseku radiálnej/ulnárnej artérie (off-label). Následne sa cez arteriálny prístup zavedie vodič buď antegrádne (cez brachiálny prístup), alebo retrográdne (cez prístup na zápästí) do radiálnej alebo ulnárnej artérie v proximálnom úseku predlaktia (3).

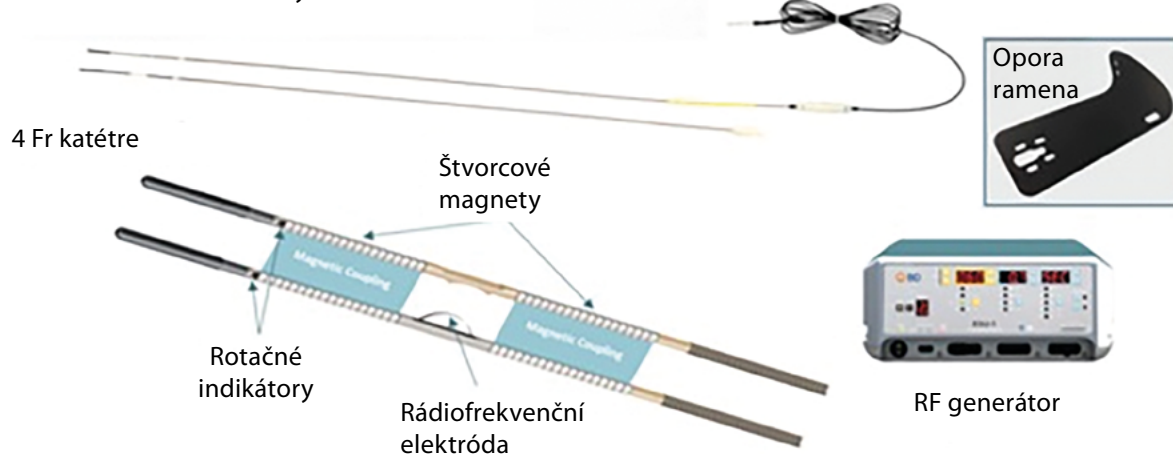
Vykoná sa digitálna subtrakčná angiografia na zobrazenie anatómie artériového a venózneho systému hornej končatiny a na určenie polohy venózneho perforátora (7). Katetre WavelinQ sa zavedú do brachiálnej artérie a vény a potom sa posúvajú distálne k miestu venózneho perforátora. Ak sa používa 4-Fr systém, je možné zaviesť katetre cez ulnárnu artériu/vénu alebo radiálnu artériu/vénu. Pred pokračovaním v tomto prístupe by sa však mal vykonať Barbeauov test, aby sa zabezpečila priechodnosť radiopalmárneho oblúka (7). Venózny katéter s elektródou a arteriálny katéter s keramickým sedlom (zarážkou) sa následne pod fluoroskopickou kontrolou zarovnávajú tak, aby sa magnety obsiahnuté v katéroch navzájom priťahovali a pritiahli k sebe paralelné cievy (vénu a artériu) do kontaktu (3). Presné zarovnanie sa dosiahne mikroúpravami katétra a potvrdí sa ortogonálnym pohľadom. Po zarovnaní sa aktivuje pružinová rádiokvénčná elektróda obsiahnutá vo vnútri venózneho katétra, ktorá sa na chvíľu dotkne keramickej záložky na arteriálnom katétri a vytvorí fistulu. Rádiokvénčný impulz trvá len 0,7 sekundy a spôsobuje chvíľkový spazmus ramena, ktorý sa minimalizuje tým, že sa iniciálne končatina zafixuje (7). Medzi magneticky pritiahnutou radiálnou alebo ulnárnu artériou a vénou v proximálnom úseku predlaktia vznikne anastomóza side-to-side. Zopakuje sa angiografia. Po vytvorení anastomózy krv prúdi cez čerstvo vytvorenú anastomózu smerom k perforátoru a následne prúdi cez superficiálne veny v oblasti

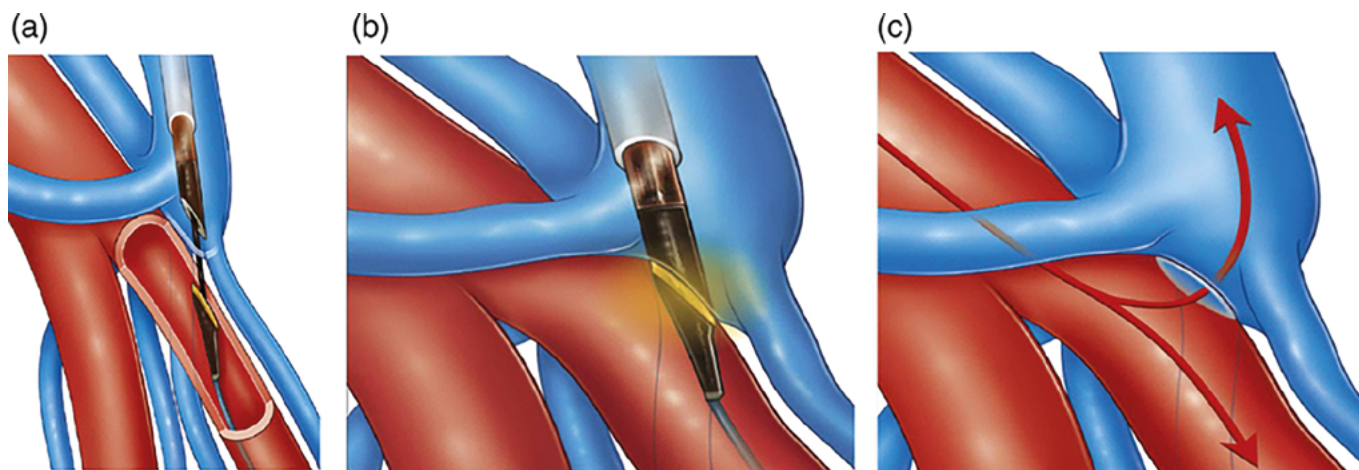
Obr. 2. Systém WavelinQ™ využíva brachiálny, radiálny alebo ulnárny prístup. Znárodné sú miesta možného vytvorenia AVF medzi radiálnou artériou a vénou alebo ulnárnu artériou a vénou (upravené podľa 9)



Obr. 3. Systém WavelinQ™ (upravené podľa 9)

WavelinQ™ 4F endoAVF systém



Obr. 4. EndoAVF vytvorená pomocou systému Ellipsys® (10)

ramena (véna cephalica a/alebo basilica) a okrem toho krv odteká aj cez hlboký žilový systém ramena (3).

Systém Ellipsys® (Medtronic, Minneapolis, MN) je systém s jedným katétrom, ktorý vytvára priamu anastomózu medzi radiálnou artériou v proximálnom úseku predlaktia a venóznym perforátorom (Obr. 4). Pod ultrazvukovou kontrolou sa najskôr vytvorí prvotný venózný prístup cez véna mediana cubiti alebo véna cephalica k perforátoru. Potom sa pod kontinuálnou ultrazvukovou kontrolou zavedie mikropunkčná ihla cez perforátor do radiálnej artérie v proximálnom úseku predlaktia. Mikropunkčná ihla sa následne vymení za 6-Fr sheath, cez ktorý sa zavádza vodič. Katéter Ellipsys sa potom posúva cez vodič, kým sa špička katétra nenachádza v radiálnej artérii a jeho báza vo véne. V tomto momente sa hrot a báza katétra pritiahnu k sebe, aby sa priláhla artéria a véna dostali do kontaktu. Punkčné miesto medzi artériou a vénou sa potom pomocou tepelnej energie spojí a vytvorí sa eliptická side-to-side anastomóza. Konečným výsledkom je, že krv prúdi cez anastomózu a následne cez perforátor do superficiálnych vén ramena (3). Fistulografia alebo ultrasonografia následne potvrdí adekvátnu funkciu AVF. Za účelom hemodialýzy je možné realizovať punkciu a kanyláciu oboch superficiálnych vén ramena (7).

Selekcia pacientov a anatomické podmienky

Vzhľadom na to, že metóda endoAVF je minimálne invazívna, predstavuje ideálnu možnosť pre pacientov, ktorí sa chcú vyhnúť chirurgickému riešeniu resp. je pre nich chirurgické riešenie kontraindikované. Je vhodná aj u pacientov, u ktorých nie je možné zhotoviť radiocefalickú sAVF. EndoAVF neprichádza do úvahy u pacientov so závažnou limitáciou artériového alebo venózneho toku, napríklad u pacientov s trombózou véna cephalica alebo basilica, alebo prietok limitujúcou transmuralnou kalcifikáciou artériovej steny (7).

Posúdenie anatómie a priechodnosti ciev je nutné realizovať za účelom určenia, či je pacient vhodným kandidátom na vytvorenie endoAVF. Venóznym perforátorom je nevyhnutnou podmienkou endoAVF pri oboch typoch zariadení. Adekvátny perforátor musí byť priechodný a mať priemer > 2 mm, rovnako vény cephalica a basilica musia mať priemer > 2 – 2,5 mm bez prietok limitujúcej centrálnej stenózy. Systém Ellipsys® navyše vyžaduje, aby venóznym perforátorom a radiálna artéria

v proximálnom úseku predlaktia boli od seba vzdialené menej ako 1,5 mm. Systém WavelinQ™ vyžaduje, aby brachiálna/radiálna/ulnárna artéria aj véna mali priemer > 2 mm a vzdialenosť medzi anastomozujúcou artériou a vénou bola < 1 mm (3).

Anestézia

Vytvorenie endoAVF je zvyčajne realizované v lokálnej anestézii a miernej sedácii (midazolam a fentanyl). Blokáda brachiálneho plexu je tiež prínosná vzhľadom na to, že vedie k intraprocedurálnej artériovej a venózne dilatácii, čo môže zlepšiť priechodnosť AVF. Taktiež minimalizuje diskomfort a pohyby pacienta v priebehu aplikácie rádiografického impulzu pri využití systému WavelinQ™ (7).

Postprocedurálny priebeh

Vzhľadom na to, že vytvorenie endoAVF je minimálne invazívny výkon, pacienti môžu byť prepustení do ambulantnej starostlivosti krátko po výkone, často ešte v ten istý deň, s odporúčením duálnej antiagregačnej liečby (kyseliny acetylsalicylovej a klopidoogrelu) po dobu 1 mesiaca za účelom zabránenia vzniku trombózy endoAVF (7).

Po vytvorení endoAVF sú pacienti ultrasonograficky kontrolovaní každé dva týždne za účelom posudzovania maturácie endoAVF. Akonáhle sa na dopplerovskom ultrazvuku v endoAVF dosiahne prietok 500 až 600 ml/min., je považovaná za vhodnú pre účely hemodialýzy (2). Ak endoAVF nedosahuje tento cieľový prietok, môžu sa zvážiť ďalšie endovaskulárne intervencie na podporu maturácie endoAVF vrátane angioplastiky samotnej anastomózy endoAVF (v prípade endoAVF vytvorenej systémom Ellipsys®), prípadne aj chirurgická korekcia (11). Dopplerovská sonografia je dôležitá aj pri hodnotení venózneho odtoku. Preferuje sa odtok cez vénu cephalica vzhľadom na jej relatívne superficiálny priebeh, čo zvyčajne umožňuje ľahšiu kanyláciu bez potreby chirurgickej manipulácie (transpozície, elevácie alebo lipektómie) (7).

Technika kanylácie pri endoAVF sa mierne líši od techniky používanej pri sAVF. Je dôrazne odporúčané rutinné používanie turniketu, plytký uhol ihly (25 – 35°), pri kanylácii vyvíjať iba jemný tlak, aby nedošlo k poraneniu zadnej steny žily. Prvotne môže byť užitočné poskytnúť fotografiu resp. schému kanyláčnych zón vzhľadom na absenciu jaziev súvisiacich s vytvorením endoAVF (7).

Komplikácie súvisiace s vytváraním endoAVF sú hematómy (9 %), pseudoaneuryzma (3 %), disekcia (1 %), trombóza (9 %) (11). Výskyt komplikácií celkovo sprevádza 5,46 % vytvorenia endoAVF (12). Komplikácie môžu vzniknúť aj v dôsledku toho, že endoAVF vizuálne neprominuje a nie sú prítomné ani jazvy ako po chirurgickom výkone. K poškodeniu vény môže dôjsť pri pokusoch o kanyláciu alebo následkom opakovaného nafukovania manžety pri meraní krvného tlaku (7).

Porovnanie výsledkov endoAVF a sAVF

Vzhľadom na to, že metóda endoAVF je relatívne nová, počet štúdií porovnávajúcich endoAVF a sAVF je limitovaný, avšak ukazuje sa, že ich výsledky sú porovnateľné. Výsledky sú v oboch prípadoch ovplyvnené skúsenosťami lekára. Štúdia Sun et al. z roku 2022 porovnávala procedurálny úspech, mieru maturácie AVF a výskyt komplikácií v súvislosti s výkonom pri endovaskulárne vytvorených AVF a chirurgicky vytvorených AVF a medzi oboma skupinami neboli zistené signifikantné rozdiely (13).

Maturačný čas endoAVF typu WavelinQ™ je 24 – 137 dní (14 – 17) a $65,6 \pm 45,7$ dní v prípade systému Ellipsys® (18). Maturácia sAVF trvá 2 – 3 mesiace, priemerne 79 dní (2).

Miera primárnej priechodnosti (t. j. priechodnosť AVF pred intervenciou, oklúziou) so systémom WavelinQ™ predstavuje 69 – 94,3 % po 1 roku (6, 16). Pri systéme Ellipsys® bola hlásená 1-ročná miera primárnej priechodnosti 54 % (15). Retrospektívna štúdia priamo porovnávajúca systém Ellipsys® so sAVF ukázala mieru priechodnosti 86 % po 1 roku pri endoAVF oproti 61 % po 1 roku pri sAVF (19).

Sekundárna miera priechodnosti (t. j. miera priechodnosti AVF od vytvorenia a zahŕňa zásahy použité na udržanie priechodnosti). Pri systéme WavelinQ™ bola hlásená 1-ročná miera sekundárnej priechodnosti 60 – 84 % (6). Pri systéme Ellipsys® bola hlásená miera sekundárnej priechodnosti 85 – 96 % (6). Miera sekundárnej priechodnosti endoAVF a sAVF je porovnateľná (90 vs. 91 %) (6).

AVF si často vyžadujú reintervenciu na podporu maturácie alebo na udržanie priechodnosti. Potenciálne reintervencie zahŕňajú angioplastiku, stenting, embolizáciu a chirurgickú revíziu. Opakovaná kanylácia AVF má za následok trauma ciev, ktorá môže vyvolať neointimálnu hyperpláziu a následnú stenózu vény. Miera následnej reintervencie

sa medzi endoAVF a sAVF líši, sAVF si v porovnaní s endoAVF častejšie vyžadujú dodatočnú reintervenciu. Dvojročná miera reintervencií pri sAVF je 36 % v porovnaní so 17 % v prípade endoAVF (19).

Dostupnosť endovaskulárnych metód

V súčasnosti existujú dve unikátne zariadenia schválené FDA – WavelinQ™ a Ellipsys®, ktoré sa využívajú pri tvorbe endoAVF. Spomedzi uvedených zariadení je v Českej republike v priebehu posledných 3 rokov dostupný iba systém 4 F WavelinQ™ (Olomouc, Praha, Třinec), systém Ellipsys® dostupný nie je. V Slovenskej republike zatiaľ nie je dostupný ani jeden systém na endovaskulárnu tvorbu AVF. Systém Ellipsys® je v súčasnosti stiahnutý z trhu. Sú vyvíjané tiež nové technológie (napr. Pathfinder Medical – vývoj endoAVF na zápästí, FLEX System, anastomotický konektor určený pre spojenie vény a venózneho graftu použitý endovaskulárnym prístupom, AlucentNVS – technológia podporujúca dozrievanie AVF). Ide však o vysoko experimentálne prístupy, ktoré nie sú štandardizované, validované ani schválené na bežné používanie.

Záver

EndoAVF predstavuje minimálne invazívnu metódu tvorby AVF, ktorá sa využíva za účelom hemodialýzy. Dáta porovnávajúce endoAVF so sAVF sú zatiaľ limitované, ale krátkodobé dáta vychádzajúce z technickej úspešnosti a miery maturácie endoAVF naznačujú, že endoAVF môžu ponúknuť vyššiu mieru primárnej priechodnosti a nižšiu mieru reintervencií v porovnaní so sAVF (7). Okrem toho vytvorenie endoAVF nevyklučuje nutnosť sAVF v budúcnosti, a preto ponúka pacientom viac možností prístupu (3).

Ostáva však mnoho nezodpovedaných otázok týkajúcich sa dlhodobých výsledkov. Na posúdenie rozvoja dlhodobých komplikácií ako steal syndróm, tvorba pseudoaneuriziem, rozvoj hyperkinetického srdcového zlyhávania je potrebné dlhšie sledovanie pacientov, aj keď podľa doterajších štúdií sa zdá, že endoAVF sú spojené so zníženým rizikom steal fenoménu a hyperkinetického srdcového zlyhávania (20). Sú však potrebné ďalšie prospektívne, multicentrické randomizované kontrolované štúdie.

PROHLÁŠENÍ AUTORŮ: Prohlášení o původnosti: Publikace byla zpracována s využitím uvedené literatury a nebyla publikována ani zaslána k recenznímu řízení do jiného média. **Střet zájmů:** Žádný. **Financování:** Ne. **Poděkování:** N/A. **Registrace v databázích:** N/A. **Projednání etickou komisí:** N/A.

LITERATÚRA

1. Saran R, Robinson B, Abbott KC, et al. US Renal Data System 2018 Annual Data Report: Epidemiology of Kidney Disease in the United States. *Am J Kidney Dis* 2019;73:eA7-eA8. Available from: doi: <http://10.1053/j.ajkd.2019.01.001>.
2. Lok CE, Huber TS, Lee T, et al. KDOQI Clinical Practice Guideline for Vascular Access: 2019 Update. *Am J Kidney Dis* 2020;75:eS1-eS164. Available from: doi: <http://10.1053/j.ajkd.2019.12.001>.
3. Li X, Reddy SN, Clark TWI, et al. Endovascular creation of hemodialysis arteriovenous fistulae: the current status and future perspective—a literature review. *Cardiovasc Diagn Ther*. 2023;13(1):e173-e189. Available from: doi: <http://10.21037/cdt-21-600>.
4. Viecelli AK, Mori TA, Roy-Chaudhury P, et al. The pathogenesis of hemodialysis vascular access failure and systemic therapies for its prevention: Optimism unfulfilled. *Semin Dial* 2018;31:e244-e257. Available from: doi: <http://10.1111/sdi.12658>.
5. Inston N, Khawaja A, Tullett K, et al. WavelinQ created arteriovenous fistulas versus surgical radiocephalic arteriovenous fistulas. A single-centre observational study. *J Vasc Access* 2020;21:e646-e651. Available from: doi: <http://10.1177/1129729819897168>.
6. Shahverdyan R, Beathard G, Mushtaq N, et al. Comparison of Outcomes of Percutaneous Arteriovenous Fistulae Creation by Ellipsys and WavelinQ Devices. *J Vasc Interv Radiol* 2020; 31(9):e1365-e1372. Available from: doi: <http://doi.org/10.1016/j.jvir.2020.06.008>.
7. Tyagi R, Ahmed SS, Navuluri R, et al. Endovascular Arteriovenous Fistula Creation: A Review. *Semin Intervent Radiol*. 2021; 38(5):e518-e522. Available from: doi: <http://10.1055/s-0041-1736531>.
8. Radosa CG, Radosa JC, Weiss N, et al. Endovascular creation of an arteriovenous fistula (endoAVF) for hemodialysis access: first results. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2017;40(10):e1545-e1551. Available from: doi: <http://10.1007/s00270-017-1750-x>.
9. Inston NG, Austin M. Clinical Utility of the WavelinQ™ EndoAVF System. *SUPPLEMENT TO ENDOVASCULAR TODAY FALL 2019*.
10. Hebibi H, Achiche J, Franco G, et al. Clinical hemodialysis experience with percutaneous arteriovenous fistulas created using the Ellipsys® vascular access system. *Hemodial Int*. 2019;23(2):e167-e172. Available from: doi: <http://10.1111/hdi.12738>.

11. Zemela MS, Minami HR, Alvarez AC, et al. Real-world usage of the WavelinQ EndoAVF system. *Ann Vasc Surg* 2021; 70:e116-e122. Available from: doi: <<http://10.1016/j.avsg.2020.05.006>>.
12. YanWee IJ, Yap HY, Tang TY, et al. A systematic review, metaanalysis, and meta-regression of the efficacy and safety of endovascular arteriovenous fistula creation. *J Vasc Surg* 2020;71(01): e309-e317.e5. Available from: doi: <<http://10.1016/j.jvs.2019.07.057>>.
13. Sun JB, Liu CC, Shen X, et al. Percutaneous endovascular arteriovenous fistula: A systematic review and meta-analysis. *Front Cardiovasc Med* 2022;9:978285. Available from: doi: <[10.3389/fcvm.2022.978285](https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.978285)>.
14. Berland TL, Clement J, Griffin, et al. Endovascular creation of arteriovenous fistulae for hemodialysis access with a 4 Fr device: clinical experience from the EASE study. *Ann Vasc Surg* 2019;60:e182-e192. Available from: doi: <<http://10.1016/j.avsg.2019.02.023>>.
15. Mallios A, Jennings WC, Boura B, et al. Early results of percutaneous arteriovenous fistula creation with the Ellipsys Vascular Access System. *J Vasc Surg* 2018;68(04):e1150-e1156. Available from: doi: <<http://10.1016/j.jvs.2018.01.036>>.
16. Klein E, Repko B, Alvarez A, et al. Multi-Center Two-Year Patency Outcomes of Endovascular Arteriovenous Fistulas (endoAVF) Created with a 4 French System. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2024;47(8):1045-1054. Available from: doi: <[10.1007/s00270-024-03754-5](https://doi.org/10.1007/s00270-024-03754-5)>.
17. Berland T, Clement J, Inston N, et al. Percutaneous arteriovenous fistula creation with the 4 F WavelinQ EndoAVF System. *J Vasc Surg* 2022;75(3):1038-1046.e3. Available from: doi: <[10.1016/j.jvs.2021.09.025](https://doi.org/10.1016/j.jvs.2021.09.025)>.
18. Hull J, Deitrick J, Groome K. Maturation for hemodialysis in the Ellipsys Post-Market Registry. *J Vasc Interv Radiol* 2020;31(09): e1373-e1381. Available from: doi: <<http://10.1016/j.jvir.2020.03.001>>.
19. Harika G, Mallios A, Allouache M, et al. Comparison of surgical versus percutaneously created arteriovenous hemodialysis fistulas. *J Vasc Surg* 2021;74(01):e209-e216. Available from: doi: <<http://10.1016/j.jvs.2020.12.086>>.
20. Wu CC, Jiang H, Cheng J, et al. The outcome of the proximal radial artery arteriovenous fistula. *J Vasc Surg* 2015;61:e802-e8. Available from: doi: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2014.08.112>>.