Jernej Vrtek[1]

Posegi za zmanjšanje minutnega volumna arteriovenske fistule

Flow Reduction Procedures for High-Flow Arteriovenous Fistulas

IZVLEČEK

KLJUČNE BESEDE: arteriovenska fistula, hemodializa, visok krvni pretok, žilni pristop, srčno popuščanje, zmanjšanje pretoka

Arteriovenska fistula (AVF) je najprimernejši žilni pristop za kronično hemodializno zdravljenje, vendar lahko pri nekaterih bolnikih zaradi čezmernega povečanja pretoka povzroči pomembne lokalne in sistemske zaplete. Visokopretočna AVF ni enotno opredeljena, najpogosteje pa o njej govorimo, kadar pretok presega 1500–2000 ml/min oziroma predstavlja več kot 20–30 % minutnega volumna srca. Na njen razvoj vplivajo lokacija in starost AVF, velikost anastomoze ter bolnikove anatomske in žilne značilnosti. Klinične posledice vključujejo anevrizmatske spremembe, ishemijo uda ter pomembno hemodinamsko obremenitev srca, ki lahko vodi v srčno popuščanje z visokim minutnim volumnom. Obravnava temelji na rednem kliničnem in ultrazvočnem spremljanju ter presoji vpliva žilnega pristopa na srčno-žilni sistem. Pri simptomatskih bolnikih so na voljo različni kirurški in izjemoma znotrajžilni postopki za zmanjšanje pretoka ob ohranitvi funkcionalnega žilnega pristopa. Kadar ohranitev AVF ni mogoča ali pa je hemodinamska obremenitev izrazita, je potrebna njena zapora. Individualna in multidisciplinarna obravnava omogoča optimalno ravnovesje med učinkovito hemodializo ter zmanjšanjem lokalnih in sistemskih zapletov.

ABSTRACT

KEY WORDS: arteriovenous fistula, haemodialysis, high blood flow, vascular access, heart failure, flow reduction

An arteriovenous fistula (AVF) is the preferred vascular access for chronic haemodialysis; however, excessive blood flow may lead to important local and systemic complications in some patients. There is no universally accepted definition of a high-flow AVF, although it is commonly defined as an access blood flow exceeding 1500–2000 mL/min or accounting for more than 20–30% of cardiac output. Its development is influenced by AVF location and age, anastomotic size, and individual anatomical and vascular characteristics. Clinical consequences include aneurysmal changes, limb ischemia, and considerable haemodynamic cardiac burden, potentially resulting in high-output heart failure. Management is based on regular clinical and ultrasound surveillance and assessment

[1] Jernej Vrtek, dr. med., Kirurški oddelek in Enota za žilne bolezni in žilne pristope, Splošna bolnišnica Trbovlje, Rudarska cesta 9, 1420 Trbovlje, jernej.vrtek@gmail.com

of the cardiovascular effects of the vascular access. In symptomatic patients, several surgical and, in selected cases, endovascular techniques can reduce blood flow while preserving a functional vascular access. When preservation of the AVF is not feasible or the haemodynamic burden is severe, fistula ligation may be required. Individualized multidisciplinary management is essential to achieve an optimal balance between effective haemodialysis and minimization of local and systemic complications.

UVOD

Po uspešni konstrukciji arteriovenske fistule (AVF) nastanejo hemodinamske spremembe na lokalni in sistemski ravni. Ob neposredni povezavi med arterijskim in venskim sistemom se periferni upor žilja zmanjša, povečan pretok skozi odvodno veno pa omogoča njeno dozorevanje. Pretok skozi AVF se običajno stabilizira na določeni točki med 600 in 1500 ml/min, kar omogoča učinkovito hemodializno zdravljenje in približno ustreza pretoku krvi skozi zdravi ledvici. S konstrukcijo AVF se spremeni tudi razmerje med visoko- in nizkouporovnimi deli arterijskega obtoka *(1)*.

Pri približno 30 % bolnikov se med delovanjem AVF razvije visok pretok, pri katerem pretok krvi presega potrebe dializnega zdravljenja *(1)*. Čeprav enotna definicija visokopretočne AVF ni splošno sprejeta, se najpogosteje kot takšna opredeljuje AVF, pri kateri pretok presega 1500–2000 ml/min ali predstavlja več kot 20–30 % minutnega volumna srca *(2)*. Takšna AVF lahko pomembno vpliva na srčno-žilni sistem in povzroči številne lokalne ter sistemske zaplete *(2)*.

DEJAVNIKI TVEGANJA

Razvoj visokopretočne AVF je posledica prepleta anatomskih, kirurških in bolnikovih dejavnikov (med drugim starosti in pridruženih bolezni). Na njen nastanek poleg značilnosti izdelane AVF pomembno vplivajo tudi prilagoditveni procesi srčno-žilnega sistema posameznika *(1)*.

Eden najpomembnejših dejavnikov je lokacija AVF. Proksimalne AVF, predvsem brahiocefalne in brahiobazilične, imajo praviloma večji pretok kot distalne, radiocefalne AVF. Brahialna arterija ima večji premer in višji arterijski tlak ter je pogosto manj prizadeta zaradi aterosklerotičnih sprememb kot radialna arterija, kar omogoča pretoke, ki pogosto presegajo 1500 ml/min *(3)*.

Pomemben dejavnik je tudi starost AVF. Pri AVF, ki delujejo več let, so pretoki praviloma višji kot pri novonastalih fistulah, če se v njihovem poteku ne razvijejo hemodinamsko pomembne zožitve *(2)*.

Na razvoj visokega pretoka vplivajo tudi kirurški dejavniki. Večja anastomoza med arterijo in veno omogoča manjši upor in zaradi tega večji pretok krvi skozi AVF. Zato mora biti velikost anastomoze prilagojena lokaciji in anatomskim značilnostim žilnega pristopa *(4)*.

Pomembni so tudi bolnikovi dejavniki. Mlajši bolniki imajo praviloma manj napredovalo aterosklerozo in bolje ohranjeno elastičnost žilne stene, kar omogoča večjo dilatacijo hranilne arterije kot pri starejših bolnikih. Pretok skozi AVF se po njeni izdelavi zaradi remodeliranja žilne stene postopoma povečuje. To omogoča njeno dozorevanje, hkrati pa pri nekaterih bolnikih povečuje verjetnost razvoja visokopretočne AVF. Pri bolnikih s sladkorno boleznijo in starejših bolnikih je zaradi ateroskleroze in kalcinacije lamine medije arterijskega sistema pretok pogosto manjši, zato je lahko zmanjšana tako verjetnost uspešnega dozorevanja AVF kot tudi verjetnost razvoja čezmernega pretoka *(2)*.

KLINIČNI ZNAKI IN SIMPTOMI

Klinična slika visokopretočne AVF je odvisna od velikosti pretoka ter sposobnosti srčno-žilnega sistema za prilagajanje povečani obremenitvi. Nekateri bolniki ostanejo dolgo časa asimptomatski, pri drugih se pojavijo izrazite lokalne ali sistemske težave *(3)*.

Bolniki pogosto navajajo izrazito pulziranje oziroma neprijetno utripanje v predelu AVF ali občutek toplote v prizadeti roki. Pri kliničnem pregledu je lahko opazna izrazito povečana, anevrizmatsko spremenjena in vijugasta vena s tipnim močnim brnenjem, ob avskultaciji pa je lahko slišen glasen šum. Koža nad fistulo je lahko stanjšana in napeta. Možni so tudi sistemski učinki, ki se kažejo z dispnejo in zmanjšano telesno zmogljivostjo, pri izraziti hemodinamski obremenitvi pa se lahko pojavijo tudi znaki zmanjšanja učinkovite sistemske perfuzije. Zelo jasen ultrazvočni morfološki kriterij visokega pretoka na AVF so tudi ekstremno povečanje premera arterije, njena zvijuganost in podaljšanje *(1)*.

Nezdravljena klinično pomembna visokopretočna AVF lahko privede do lokalnih in sistemskih zapletov. Pomemben lokalni zaplet predstavlja sindrom kradeža (angl. *steal syndrome*). Del arterijske krvi zaradi nizkega upora odteka skozi AVF namesto v distalni del uda, kar povzroči nezadostno distalno arterijsko prekrvitev ter povzroča bolečino, hladno okončino, parestezije, zmanjšano mišično moč in v skrajnih primerih ishemične razjede ter nekrozo prstov *(2)*.

Anevrizme visokopretočnih AVF lahko predstavljajo potencialno življenje ogrožajoče stanje. Po definiciji lahko o anevrizmi govorimo, kadar premer vene preseže 18 mm oziroma je vsaj trikrat večji od premera priležne vene. Asimptomatske anevrizme brez motnje odtoka pri dobro delujoči AVF praviloma le spremljamo. V primeru tromboze, hitre rasti anevrizme, močnega stanjšanja ali ulceriracije kože nad anevrizmo oziroma težav pri dializnem zdravljenju je potreben operativni poseg, katerega cilji so zmanjšanje anevrizme, sanacija njenih zapletov in sočasna odprava vzroka za njen nastanek *(5)*.

Najpomembnejše sistemske posledice visokopretočne AVF so povezane s srčno-žilnimi zapleti. Ob zmanjšanem perifernem žilnem uporu in posledični kronični volumski obremenitvi srca, ki je še posebej pomembna pri bolnikih z obstoječim srčnim popuščanjem, se lahko razvije hiperdinamično stanje oziroma srčno popuščanje z visokim minutnim volumnom. Povečan venski priliv v desno srce poveča utripni in minutni volumen ter lahko prispeva k razvoju pljučne hipertenzije. Ob dolgotrajni hemodinamski obremenitvi lahko pride do dilatacije srčnih votlin in postopne strukturne remodelacije srca *(6)*.

POSEGI ZA ZMANJŠANJE PRETOKA ARTERIOVENSKE FISTULE

Asimptomatska visokopretočna AVF zahteva redno spremljanje pretoka skozi žilni pristop ter lokalnih in sistemskih posledic povečane hemodinamske obremenitve.

Simptomatska visokopretočna AVF praviloma zahteva kirurško, v izbranih primerih pa tudi znotrajžilno zdravljenje. Cilj posega je zmanjšati pretok na raven, ki omogoča učinkovito dializo in ohranitev funkcionalnega žilnega pristopa, hkrati pa zmanjša tveganje za lokalne in sistemske zaplete čezmernega pretoka *(7)*.

Ena izmed metod je kirurško zoženje odvodne vene v bližini anastomoze (angl. *banding*) *(6)*. Pri tem zmanjšamo premer vene z uporabo šiva ali sintetičnega materiala. Manjši premer poveča upor in zmanjša količino krvi, ki prehaja skozi AVF. Prednost metode je relativna enostavnost posega, njena pomembna pomanjkljivost pa je manj predvidljivo doseganje ustreznega pretoka. Prevelika zožitev poveča tveganje za trombozo žilnega pristopa, nezadostna zožitev pa lahko povzroči vztrajanje visokega

pretoka. Dolgoročno lahko pride do ponovnega povečanja pretoka ali napredovanja zožitve in posledične disfunkcije oziroma tromboze AVF *(6)*. V naši ustanovi opisane metode ne uporabljamo.

Ena od možnosti kirurške rekonstrukcije je tudi uporaba grafta iz politetrafluoroetilena ali drugega primernega žilnega nadomestka, s čimer se poveča upor žilnega pristopa in zmanjša pretok skozi AVF *(6)*.

Zelo pogosto se uporablja revizija z uporabo distalnega arterijskega dotoka (angl. *revision using distal inflow*, RUDI) *(8)*. Pri tej metodi se dovod arterijske krvi prestavi na manjšo, distalnejšo arterijo, s čimer se zmanjša pretok skozi fistulo in izboljša prekrvavitev roke *(8)*. Takšen poseg v naši ustanovi še posebej pogosto izvajamo pri redukciji pretoka izrazito vijugastih in anevrizmatsko spremenjenih primarnih proksimalnih AVF, pri katerih proksimalni dotok nadomestimo z distalnejšim arterijskim dotokom.

V naši ustanovi uporabljamo tudi poseg, pri katerem z vstavitvijo politetrafluoroetilenskega žilnega nadomestka podaljšamo potek žilnega pristopa med anastomozo in nativno odvodno veno. Z daljšim potekom AVF se poveča upor in se zato zmanjša pretok skozi fistulo ter hemodinamska obremenitev srca. Podoben učinek lahko dosežemo tudi s proksimalizacija arterijskega dotoka (angl. *proximalisation of arterial inflow*, PAI) oziroma proksimalizacijo arteriovenske anastomoze (angl. *proximalisation of ateriovenous anastomosis*, PAVA), pri čemer primarno arteriovensko anastomozo zapremo in napravimo novo v pazduhi, to pa s pomočjo segmenta žilne proteze, biografta ali celo nativne vene spojimo s krnom odvodne vene ob primarni anastomozi *(6)*.

Kadar zgoraj opisane metode ne omogočajo varne ohranitve funkcionalne AVF in visok pretok povzroča izrazite sistemske hemodinamske posledice, je potrebna ligacija oziroma zapora AVF. Gre za dokončno zaprtje fistule, ki odpravi hemodinamsko obremenitev srčno-žilnega sistema. Takšen bolnik izgubi obstoječi dializni pristop in potrebuje drug ustrezen žilni pristop, pogosto v obliki tuneliranega centralnega venskega katetra, ali drugo obliko nadomestnega zdravljenja ledvične odpovedi, kot sta peritonealna dializa ali presaditev ledvice *(3)*.

Po vsakem posegu je ključnega pomena redno spremljanje bolnikov. To vključuje merjenje pretoka z doplersko ultrazvočno preiskavo, spremljanje učinkovitosti hemodializе ter po potrebi oceno srčne funkcije in sistemske perfuzije. Pomembno je prepoznavanje dejavnikov tveganja za razvoj visokopretočne AVF in individualno prilagajanje spremljanja ter zdravljenja posameznemu bolniku *(2)*. Uspešno zdravljenje visokopretočne AVF zahteva tesno sodelovanje specialista internističnih strok, žilnega kirurga, interventnega radiologa in dializnega osebja.

ZAKLJUČEK

Visokopretočne AVF predstavljajo pomemben klinični problem sodobne hemodialize in kirurgije žilnih pristopov. Čeprav omogočajo ustrezen in pogosto zelo učinkovit žilni pristop za hemodializo, lahko čezmeren pretok povzroči resne lokalne in sistemske zaplete, med slednjimi predvsem hemodinamsko obremenitev srca in razvoj srčnega popuščanja z visokim minutnim volumnom.

Pravočasno prepoznavanje dejavnikov tveganja, redno spremljanje ter ustrezna izbira zdravljenja omogočajo zmanjšanje zapletov in podaljšanje uporabnosti žilnega pristopa ter izboljšanje kakovosti življenja bolnika. Posamezniku prilagojena obravnava ostaja ključna za doseganje optimalnega ravnovesja med zadostnim pretokom za hemodializo in čim manjšo obremenitvijo srčno-žilnega sistema.

LITERATURA

1. Shah NA, Byrne P, Endre ZH, et al. Predicting high-flow arteriovenous fistulas and cardiac outcomes in hemodialysis patients. J Vasc Surg. 2025; 81 (3): 751–8. doi: 10.1016/j.jvs.2024.11.028.
2. Volk MC, Honnekeri B, Ghobrial J, et al. High-output heart failure from arteriovenous dialysis access: a structured approach to diagnosis and management. Cleve Clin J Med. 2025; 92 (6): 362–71. doi: 10.3949/ccjm.92a.24114.
3. Yumun G, Donbaloglu MO, Gurkan S, et al. Do fistula flow rate and fistula location have any effects on heart failure developing in patients with arteriovenous fistula? BMC Cardiovasc Disord. 2025; 25: 483. doi: 10.1186/s12872-025-04945-9.
4. Lomonte C, Pourchez T, Meola M, et al. High-flow arteriovenous fistula: does the anastomosis length matter? J Vasc Access. 2026; 27 (4): 1832–7. doi: 10.1177/11297298251403729.
5. Balaz P, Rokosny S, Bafrnec J, et al. Repair of aneurysmal arteriovenous fistula: a systematic review and meta-analysis. Eur J Vasc Endovasc Surg. 2020; 59: 614–23. doi: 10.1016/j.ejvs.2019.07.033.
6. Park HS, Shin SJ. Management of high-flow arteriovenous access. Kidney Res Clin Pract. 2025; 44 (1): 58–68. doi: 10.23876/j.krcp.23.196.
7. Schmidli J, Widmer MK, Basile C, et al. Editor's Choice – Vascular access: 2018 clinical practice guidelines of the European Society for Vascular Surgery. Eur J Vasc Endovasc Surg. 2018; 55: 757–818. doi: 10.1016/j.ejvs.2018.02.001
8. Beathard GA, Jennings WC, Malik J, et al. Management of vascular access inflow-outflow imbalance: a bimodal approach. J Vasc Access. 2025; 26 (4): 1151–60. doi: 10.1177/11297298241272166.