

Maša Knehtl¹, Mitja Krajnc²

Vpliv arteriovenske fistule kot žilnega pristopa za hemodializo na prekrvljenost distalnih struktur – dlani in prstov (ocena treh parametrov)³

Influence of the Arteriovenous Fistula as Hemodialysis Vascular Access on the Perfusion of Distal Structures – Palms and Fingers (Estimation of Three Parameters)

IZVLEČEK

KLJUČNE BESEDE: ledvična odpoved kronična, hemodializa, arteriovenska fistula umetna, roka – prekrvitev, ishemija

Hemodializa, ki je najbolj razširjena metoda nadomestnega ledvičnega zdravljenja pri kronični ledvični odpovedi, zahteva zanesljiv trajni žilni pristop. Arteriovenska fistula (AVF) je najpogosteje uporabljani žilni pristop, katerega zaplet je med drugim tudi ishemija roke – pojavnost se giblje med 1–10%. Ishemija se pojavi kot posledica spremenjenih hemodinamskih sprememb na fistulnem področju in se kaže z značilnimi simptomi in znaki, zlasti pri bolnikih s prej obstoječimi dejavniki. Namen naloge je bil oceniti klinični pomen treh izbranih merjenih parametrov (temperatura kože: med palcem in kazalcem, palcem in sredincem, v pregibu dlani, pulzno oksimetrije, dinamometrije) pri obravnavi bolnika z motnjami prekrvavitve roke, ki so posledica vzpostavitve AVF. V literaturi pomen dinamometrije in temperature kože ni ovrednoten, za pulzno oksimetrijo pa ni dokončnega odgovora. Meritve izbranih parametrov smo opravljali pri 18 bolnikih s kronično ledvično odpovedjo na fistulni in nefistulni roki v različnih časovnih obdobjih: 1. meritve pred vzpostavitvijo AVF (n = 18), 2. meritve v enem dnevu po vzpostavitvi, 3. v obdobju prvih 4 mesecev (n = 9), 4. v obdobju 5–8 mesecev (n = 7) in 5. meritve v obdobju 9–12 mesecev (n = 6). Povprečja merjenih parametrov na fistulni roki so bila (z nekaj izjemami) nižja od povprečij na nefistulni roki (meritve 2–5), povprečja na fistulni roki pri meritvah 2–5 pa nižja kot pri 1. meritvi na fistulni roki, vendar statistično pomembnih razlik pri nobeni od metodološko upravičenih primerjav nismo ugotovili ($p > 0,05$; dvostranski parni Studentov t-test).

ABSTRACT

KEY WORDS: kidney failure chronic, hemodialysis, arteriovenous shunt surgical, hand – blood supply, ischemia

Hemodialysis is the most widely used method of renal replacement therapy in end-stage renal disease. It requires a reliable permanent vascular access and arteriovenous fistula (AVF) is the most commonly used method. Among other complications, it may cause hand (palm and fingers) ischemia (incidence 1–10%) as a result of altered hemodynamic circumstances in

¹ Maša Knehtl, štud. med., Center za dializo Kliničnega oddelka za nefrologijo, SPS Interna klinika, Klinični center Ljubljana.

² Mitja Krajnc, štud. med., Center za dializo Kliničnega oddelka za nefrologijo, SPS Interna klinika, Klinični center Ljubljana.

³ Objavljeno delo je bilo nagrajeno s Prešernovim priznanjem za študente v letu 2003.

the area. Hand ischemia is manifested by typical signs and symptoms, especially in patients with preexisting factors. The objective was to estimate the clinical significance of the measured parameters (skin temperature between the thumb and forefinger, skin temperature between the thumb and middle finger, skin temperature in the palm crease, pulse oxymetry, dynamometry) in dealing with a patient who has hand perfusion problems as a consequence of AVF. The significance of dynamometry and skin temperature is yet to be established. There is not a definite answer about the value of pulse oxymetry. Prospective measurements of the above-mentioned parameters were performed on 18 randomly selected end-stage renal disease patients who at the time of measurement did not have any manifest signs/symptoms of hand ischemia, on both hands. The first measurement was done just before AVF creation (n = 18), the second one in the first 24 hours following AVF creation (n = 18), the third between the 2nd and the 5th month following AVF creation (n = 9), the fourth between the 6th and the 9th month (n = 7) and the last one (fifth) was done between the 10th and the 13th month following AVF creation. The average values of the chosen parameters on the fistular hand were lower (with a few exceptions) than on the nonfistular hand (measurements 2–5). For measurements 2–5, the average values on the fistular hand were lower than the values obtained during the first measurement on a fistular hand. Nevertheless, a statistical significance of any of the methodically substantiated comparisons could not be proved ($p > 0.05$; 2-tailed paired Student's t-test).

UVOD

Hemodializa je metoda zdravljenja, ki odstranjuje nerabne snovi iz telesnih tekočin in omogoča dodajanje zelenih snovi z difuzijo preko umetne polprepustne membrane. Nadomešča izločevalno vlogo zdravih ledvic, vzdržuje ravnovesje vode in elektrolitov ter uravnava kislinsko-bazično ravnovesje. Njen cilj je zagotavljanje normalne sestave telesnih tekočin. Je najbolj razširjena metoda pri zdravljenju akutne in kronične ledvične odpovedi (1, 2). V Sloveniji se je v začetku leta 2001 1126 bolnikov s končno ledvično odpovedjo zdravilo s hemodializo, kar predstavlja 73 % vseh (3).

Iskanje zanesljivega trajnega žilnega pristopa za hemodializo z zadostnim pretokom (običajno 400–600 ml) in ustreznim delovanjem ostaja nenehen izziv, saj je za bolnike s kronično ledvično odpovedjo življenjskega pomena, ker je od njega odvisna dolgotrajna dializa (4, 5).

ŽILNI PRISTOPI ZA HEMODIALIZO

Šele ko je leta 1960 Scribner napravil trajni zunanji arteriovenski spoj, je postalo možno dolgotrajno občasno ponavljajoče hemodializiranje bolnikov s končno (kronično) ledvično odpovedjo (5).

Arteriovenska fistula (AVF), ki je najpogosteje uporabljani žilni pristop za hemodializno zdravljenje, je neposredni spoj arterije in vene. Fistulna vena, ki poteka tik pod kožo, je dostopna za zbadanje. V fistuli ima bolnik med hemodializo dve igli. Po eni kri teče v hemodializator, po drugi pa se vrača v telo (4). Fistula med koželjnično arterijo in cefalno veno na zapestju, pri kateri največkrat anastomozirata konec vene in stran arterije in so jo prvič opisali Brescia in sodelavci leta 1966, je še vedno pristop, ki ima najdaljšo prehodnost (angl. *patency*) in povzroča najmanj zapletov ter zato ostaja pristop prve izbire. Ta fistula je na t. i. tipičnem mestu, imenovana tudi Cimino-Brescia fistula ali Brescia-Cimino fistula (6–8). Vendar pa pri bolnikih na kronični dializi skleroza žilnega sistema in ponavljajoče se poškodbe (zbadanje) povzročijo, da koželjnična arterija in epifascialne vene postanejo neuporabne za izdelavo fistule. Številni avtorji so tako opisali alternativne metode za trajni pristop. Leta 1970 so Carcado in drugi izdelali side-to-side brahiocefalno fistulo na komolcu. Le-to je l. 1977 preoblikoval Grac s sodelavci, ki je uporabil globoko perforantno veno (lat. *vena mediana cubiti profunda*) za vzpostavitev side-to-end fistule, ki naj bi ščitila pred poškodbenim vbodom. Dagher in sodelavci so leta 1976 opisali fistulo med nadlaktno arterijo in bazilčno

veno z 2-letno življenjsko dobo v 70–80% in sorazmerno malo zapleti. Uporabo politetrafluoroetilenskih (PTFE) presadkov je opisal Kherlakian l. 1986. V primerjavi z avtogenimi fistulami imajo PTFE-presadki krajšo prehodnost in povzročajo več zapletov (6). Najpogostejši zapleti presadkov so: hiperplazija intime na venski strani, okužba, tromboza in nastanek psevdanevrizme (9).

E. Ascher s sodelavci predlaga naslednje zaporedje postopkov za izdelavo AVF: če radiocefalna fistula ni izvedljiva, se odločimo za brahiocefalno fistulo (BCAVF). Če le-ta ni možna, se odločimo za brahiobazilično (BBAVF) fistulo. Šele ko so izčrpane vse možnosti za avtogeno fistulo, se odločimo za arteriovenski presadek (AVG) (10).

Zapleti kirurgije žilnega pristopa povzročajo visoke stroške in imajo pomemben vpliv na življenjsko dobo bolnikov, ki so na kronični dializi. Najpogostejši in najpomembnejši zapleti so tromboza, psevdanevrizma in okužba. **Ishemija roke (dlani in prstov) je relativno redka, njena pojavnost se po ocenah različnih avtorjev giblje med 1 in 10%** (nekateri menijo, da je navedena pojavnost podcenjena), a lahko vodi v hudo nevropatijo in odmiranje prstov. Zato ostaja pomemben klinični problem. Lahko se pojavi kot zaplet delujoče ali prejšnje nedelujoče fistule (11–15).

Hemodinamske spremembe po vzpostavitvi žilnega pristopa

vzpostavitev AVF oz. AVG za kronično hemodializo pripelje do **pomembnih hemodinamskih sprememb na prizadeti okončini** – teoretično prisotnost velike AVF namreč vedno zniža prekrvitev distalno ležečih tkiv. Osnovni gradniki žilnega sistema, katerega del je AVF, so: vtočna donorska arterija, iztočna vena, periferno žilno mrežje z nizkim pretokom in visokim uporom, AVF z visokim pretokom in nizkim uporom ter arterijske in venske kolaterale. Pretok v vtočni arteriji in iztočni veni je zaradi AVF večkratno povečan glede na stanje pred izdelavo AVF. Arterijska kri v proksimalni arteriji in arterijskih kolateralah teče v smeri periferije (centrifugalno), venska v proksimalni veni in venskih kolateralah pa centripetalno, proti srcu.

Klasično se arteriovenske fistule delijo na t. i. male in velike: pri malih je premer fistule manjši od 75% premera vtočne arterije, pri velikih pa večji. Pri malih fistulah je glavni določujoč dejavnik velikosti pretoka skozi AVF premer vtočne arterije, pri velikih – te se navadno izdelujejo za HD (hemodializo), ker zagotavljajo ustrezno velike pretoke – pa sorazmerni upori na nivoju fistule, perifernege žilnega mrežja, kolateral in vtočne arterije. Distalni arterijski pretok, ki je za nas najbolj zanimiv, je odvisen od naslednjega razmerja uporov (le-to je bilo določeno s pomočjo analogije z električnimi pojavi – Ohmovim zakonom in Wheatstonovim mostičem):

- pretok je anterograden, kadar velja

$$\frac{R_{AVF}}{R_{proks.arterije}} > \frac{R_{dist.žil.mrežja}}{R_{art.kolateral}}$$

- pretoka ni, kadar je

$$\frac{R_{AVF}}{R_{art.proksim.dela}} = \frac{R_{dist.žil.mrežja}}{R_{art.kolateral}}$$

- pretok je retrograden (kri teče retrogradno iz podlahtnične arterije preko dlanskega loka v koželjnično arterijo), kadar je

$$\frac{R_{AVF}}{R_{art.proksim.dela}} < \frac{R_{dist.žil.mrežja}}{R_{art.kolateral}}$$

(R. = upor, dist. žil. mrežje = distalno žilno mrežje, art. = arterijski, dist. = distalno, proksim. = proksimalno).

IZ opisane modela tako lahko npr. sklepamo, da povečan upor AVF deluje ugodno, povečan upor distalnega žilnega mrežja pa neugodno na distalni arterijski pretok. V praksi je enako pomemben kot retrogradni tudi premajhen anterogradni tok (14, 15).

Na tem mestu želimo opomniti na znano fiziološko dejstvo, da je pri laminarnem toku krvi v žilah, večjih od arteriol, pretok v sorazmerju z razliko tlakov $p_0 - p_1$ (padcem tlaka) vzdolž žile in četrto potenco polmera (r^4) ter v obratnem sorazmerju z dolžino žile (l) in viskoznostjo tekočine (η). Velja Poiseuilleov zakon:

$$\Phi = \frac{\pi(p_0 - p_1)r^4}{8\eta l} \cdot (\Phi = \text{tok})$$

Iz Poiseuillovega zakona sledi, da je upor proti toku krvi skozi žilo obratno sorazmeren s četrto potenco polmera, kar velja kljub naslednjim okoliščinam: ker so v AVF hitrosti pretokov in strižne napetosti velike, prihaja do turbulentnega toka – zlasti v venskem delu AVF, zaradi česar je za isti pretok potreben večji tlak, kot bi bil pri laminarnem toku, prav tako kri ni idealna tekočina in žile niso toge cevi (8, 16, 17).

Opisan sistem AVF je dinamičen: po vzpostavitvi AVF pride do značilnih morfoloških in funkcijskih sprememb žilja fistulnega področja, pri čemer so za nas pomembne zlasti spremembe na nivoju arterije, ker zelo pomembno vplivajo na njen premer (upor) in posledično na pretok distalno od AVF.

Povečanje pretoka skozi arterijo po vzpostavitvi AVF povzroči povečanje strižne napetosti – tangencialne sile, s katero tekoča kri deluje na žilno steno (endotelijsko površino). Po mnenju različnih avtorjev je strižna napetost nadzorni dejavnik, ki je vpleten v arterijsko, s tokom posredovano razširitvijo: po kratkem ishemičnem obdobju slabšega pretoka akutno povečanje pretoka povzroči pomembno povečanje žilnega premera. Glede na mehanizem je razširitev sprva NO – posredovana prilagoditev, dolgoročno pa pride do preoblikovanja arterije (18, 19). Endotelijske celice, ki so ključne za odziv žilne stene, naj bi na nek, še nepoznan, način zaznale spremembe v strižni napetosti in se odzvale na te spremembe tako, da bi omogočile zadržanje strižne napetosti znotraj fizioloških meja (8, 18).

Dammers s sodelavci navaja, da na nadlakti arteriji že v enem dnevu po vzpostavitvi AVF pride do 15 % povečanja premera arterije, nato pa opisuje težnjo razvoja postopnega povečevanja premera nadlaktne arterije do obdobja enega leta, pri čemer pride do 33 % povečanja premera v obdobju prvih treh mesecev po vzpostavitvi AVF, od tega večji del v prvem mesecu (skupno 35 % povečanje premera ob enem letu glede na izhodiščno stanje pred vzpostavitvijo). V študiji so merili celotne (zunanje) premere arterij (18). To je metodološka razlika glede na v nadaljevanju navedene študije – v tem primeru ni upoštevana morebitna sprememba v debelini žilne stene.

Girerd in sodelavci, ki so merili notranje premere koželjnične arterije pri bolnikih s KLO (končno ledvično odpovedjo), ki so se zdravili s HD vsaj tri mesece, so ugotovili na arteriji fistulne strani šestkrat večji tok krvi glede na nefistulno stran, povezan z 1,4-kratnim povečanjem notranjega premera (38 %), kar je bilo zadostno za normalizacijo žilne strižne napetosti. Spremembe premera niso bile povezane s hipertrofijo žilne stene, ampak s preoblikovanjem zgradbe arterije. Študija potrjuje mnenje, da pride do povečanja premera koželjnične arterije kmalu po vzpostavitvi AVF (19).

Corpataux, ki je s sodelavci sicer raziskoval spremembe v venskem delu Cimino-Brescia fistule, je dognal naslednje: do največjega povečanja notranjega premera koželjnične arterije pride v prvem tednu po vzpostavitvi AVF. Vena se iz slabo podajne strukture spremeni, preoblikuje v žilo z biomehničnimi parametri, podobnimi koželjnični arteriji (16).

Študija ni zaznala pomembnih sprememb pretoka v AVF med 2. in 4. mesecem po vzpostavitvi AVF, kar za nas pomeni, da se v tem obdobju razmerje uporov, ki določa pretok, pomembno ne spreminja (20).

Na osnovi do sedaj povedanega sklepamo, da se v trimesečnem obdobju po vzpostavitvi AVF po prvem mesecu notranji premer arterije pomembno ne spreminja, kar kaže na prilagoditev kmalu po operaciji, povezano z ustalitvijo povečanega pretoka.

Če sklepamo na podlagi do sedaj obravnavanega določajočega dejavnika toka distalno od AVF-upora oz. polmera arterije, bi pričakovali pomembno znižanje distalnega pritiska že v obdobju prvega meseca. Dejanske razmere pa so bistveno bolj zapletene. Distalna ishemija povzroči maksimalno periferno vazodilatacijo in spodbudi razvoj bogatega kolateralnega žilja. Dejansko tudi ni jasne meje med anterogradnim in retrogradnim tokom, ampak je tok obojesmeren glede na sistolo in diastolo. Nekateri avtorji tudi opisujejo, da pride na račun povečanega kolateralnega obtoka do postopnega izboljšanja distalne prekrvitve (14).

Opisane hemodinamske spremembe torej lahko – ob neugodnih razmerjih uporov – rezultirajo v nezadostni distalni prekrvitvi zaradi kradeža (angl. *steal*) krvnega pretoka

iz distalnega arterijskega obtoka (15). Po Ses-saju in sodelavcih je kradež fiziološki in se pojavi v 73 % pri AVF in v 91 % pri AVG (11).

Klinična slika in diagnostika ishemije

Kot smo že omenili, je posledično zmanjšanje prekrvitve roke v večini primerov klinično nepomembno, torej brezsimptomno (21). Hemodinamske spremembe, ki jih povzroči AVF, lahko vodijo v simptomatsko ishemijo pri bolnikih z nezadostnim kolateralnim pretokom in ob prisotnosti lokalne ali difuzne arteriopatije proksimalno ali distalno od AVF (11). Nadlaktne AVF predstavljajo sistem z eno arterijo, ki je odvisen od kolateralnih žil na območju komolca; pojavnost ishemije je visoka. Nasprotno fistule med koželjnično arterijo in cefalno veno redkeje povzročajo ishemične zaplete, pod pogojem, da sta podlahtnična arterija in povrhnji dlanski lok normalna.

Če pa ima bolnik zapore podlahtnične arterije, dlanskega loka in koželjnične artrije, je nevarnost za nastanek ishemije pomembno večja (22). Večina bolnikov s kritično ishemi-jo roke je sladkornih bolnikov in/ali imajo hudo okluzivno arterijsko bolezen podlakti ali roke v povezavi s kolateralno nezadostnost-jo. Drug vnaprej določujoč (predisponirajoč) dejavnik za kradež in ishemijo je predhodna fistula na isti okončini (11). Pri bolnikih z AVG je pogostost sindroma kradeža 2–3-krat večja. Tipični bolnik z ishemijo prstov, izgubo senzorične na konicah prstov ali celo ampu-tacijo roke je bolnik, ki ima za sabo več vzpostavitev žilnih pristopov na isti okončini, ponavadi bolnik s sladkorno boleznijo, s klinično pomembno periferno žilno boleznijo; simptomi se lahko pojavijo takoj po vzpostavitvi (11, 23).

Diagnoza žilne pomanjkljivosti v veliki meri temelji na kliničnih značilnostih in neinvazivnih študijah npr. digitalni fotople-tizmografiji ali pulzni oksimetriji (21, 24). Duplex scan in arteriografija sta neobhodno potrebna za določitev mehanizma ishemije in morata biti izvedena s stisnjenjem AVF in brez. Duplex scan omogoča merjenje krvnega pre-toka skozi AVF in distalne prekrvitve po stisnjenju AVF (11, 25).

Rezultati retrospektivne arteriografske študije (Karim Valji in sodelavci) kažejo, daje

ishemija prstov v večini primerov posledica obstruktivne bolezni arterij (arteriopatija, arterijska zožitev zaradi hiperplazije mioin-time na nivoju AVF, tromboza distalno ali proksimalno od AVF, trombembolija) same ali v kombinaciji s pojavom kradeža. To ne pre-seneča, če upoštevamo visoko pogostnost soobstoječih dejavnikov tveganja (sladkorna bolezen, hipertenzija, kajenje) za arterijsko bolezen v študijski populaciji (11, 21).

Drugi, manj pogosti mehanizem nastanka ishemije roke v kombinaciji z AVF je venska hipertenzija, ki ponavadi vključuje zožitev ali trombozo med fistulo in desnim atrijem. Do tega lahko pride zaradi ponavljajočega zba-danja, največkrat pa je proksimalna venska zožitev ali tromboza posledica podključnične ali jugularne venske kateterizacije (11).

Simptomi ishemije se lahko pojavijo takoj po vzpostavitvi AVF ali kasneje – čez nekaj mesecev ali celo let. Kronične oblike vklju-čujejo bolečino, pogojeno z gibanjem ali hemodializo, v hujših primerih je bolečina prisotna že ob mirovanju; hladnost rok in prstov, ki se včasih poveča med dializo; parestezije in redkeje nekroza prstov ter senzorimotorične motnje. Pri hudih ishemičnih oblikah (akutne bolečine, nevrološki simptomi, nekro-za prstov) je potreben kirurški pristop, da se preprečijo nepovratni zapleti ali celo ampu-tacija. Po Schanzerju in sodelavcih se huda ishemija, ki potrebuje kirurško oskrbo, razvi-je pri 1 % bolnikov z AVF in 2,7–4,3 % z AVG. Za kirurga predstavlja ishemija kot posledica žilnega pristopa dvojen izziv: odpraviti simp-tome in hkrati ohraniti žilni pristop. Opisanih je več možnosti za kirurško rešitev 'steal sindroma'. Težko je določiti stopnjo, do katere je treba zmanjšati pretok v AVF, da bi s tem ohranili funkcijo AVF in hkrati preprečili ishemične simptome (11, 15, 26).

Goff in sodelavci so v prospektivni študiji poskušali določiti uporabnost intraoperacij-skega DBI (angl. *digital-brachial index*) za napoved bolnikov, ki bodo razvili sindrom kradeža po vzpostavitvi AVF. Neinvazivno merjenje krvnega tlaka na prstih je metoda, ki je lahko izvedljiva in ponovljiva. Rezulta-ti retrospektivne študije so pokazali, da imajo bolniki z DBI < 0,6 tveganje za nastanek sindroma kradeža. Prospektivna študija je pokazala, da so vsi bolniki, ki so razvili hude

'steal' simptome, imeli intraoperacijski DBI < 0,6. Torej mora biti intraoperacijski DBI > 0,6, sicer pri bolniku obstaja tveganje za razvoj kradežnega sindroma (15, 27).

NAMEN NALOGE

Z raziskavo smo želeli ugotoviti, kakšen je vpliv arteriovenske fistule kot žilnega pristopa za hemodializo na pretok krvi distalno od samega pristopa in posledično na prekrvljenost distalnih struktur – dlani in prstov pri večini bolnikov z AVF (brezsíptomnih bolnikih), pri čemer smo želeli oceniti in ovrednotiti klinični pomen treh merjenih parametrov pri obravnavi bolnika z AVF, s tem da smo poskušali ugotoviti, ali obstajajo med fistulno (tj. tisto, na kateri je bila vzpostavljena fistula, ki deluje) in nefistulno (kontrolno) zgornjo okončno distalno od AVF statistično pomembne razlike v merjenih parametrih pred vzpostavitvijo AVF, po njej ter v treh kasnejših obdobjih do enega leta. Hoteli smo ugotoviti, ali na fistulni roki v obdobjih po vzpostavitvi AVF pride do sprememb glede na obdobje pred vzpostavitvijo.

BOLNIKI IN METODE DELA

Bolniki

Naša raziskava je potekala od 22. 5. 2002 do 8. 7. 2003 v okviru Centra za dializo Kliničnega oddelka za nefrologijo, SPS Interna klinika, Klinični center Ljubljana.

Bolnike smo pred vključitvijo v raziskavo seznanili z načinom izvedbe in cilji naloge, po čemer so potrdili svoje prostovoljno sodelovanje. Pri izvedbi raziskave smo se držali načel Helsinško-tokijske deklaracije in Kodeksa medicinske deontologije Slovenije. Raziskavo je odobrila državna Komisija za medicinsko etiko.

V raziskavo, ki smo jo zastavili prospektivno, smo vključili 22 bolnikov pred *de novo* vzpostavitvijo AVF ali AVG zaradi kronične ledvične odpovedi. Bolniki ob vključitvi in tudi ob vseh nadaljnjih merjenjih niso smeli kazati kliničnih znakov oz. navajati kliničnih simptomov ishemije – motenj v prekrvljenosti dlani in prstov (akutna bolečina, hladnost, cianoza, parestezije, senzomotorne in druge nevrološke motnje, nekroza).

Bolnike smo izbrali naključno med vsemi bolniki s kronično ledvično odpovedjo, ki jim je v času raziskave isti zdravnik (internist – nefrolog) v Centru za dializo Kliničnega oddelka za nefrologijo v Ljubljani izdelal AVF ali AVG, da bi se izognili razlikam, ki bi nastale zaradi kirurške tehnike. Bolnikom je AVF od 2. meritve naprej morala delovati, sicer merjenja nismo opravili, bolnika pa smo izključili do morebitne vzpostavitve nove AVF – 2 primera. Dva bolnika smo izključili zaradi smrti (zaradi neznanega vzroka), 2 pa zaradi odpovedi fistule (nista opravila niti dveh od petih meritev). Tako smo v analizo vključili 18 bolnikov in bolnic.

Med raziskavo nismo mogli opraviti vseh predvidenih meritev pri vseh bolnikih. Temu je botrovala smrt 3 bolnikov, ki so že opravili vsaj 2 od 5 meritev in jim preostale manjkajo, čas od vključitve v raziskavo do zaključka zbiranja podatkov (prekratek, da bi izvedli zadnje meritve) in težave s sodelovanjem samih bolnikov, ki se mnogokrat kljub osebnemu in telefonskemu povabilu meritev niso udeležili, kot vzrok pa so navajali zlasti oddaljenost od Ljubljane, potne stroške in izgubo časa. Tem okoliščinam smo prilagodili statistično analizo.

Protokol raziskave

Pri preiskovanih bolnikih smo iz anamneze, ki smo jo pridobili sami od bolnikov, in s pomočjo medicinske dokumentacije, ki so nam jo pokazali bolniki ali smo jo z njihovo privolitvijo poiskali znotraj Centra za dializo, zbrali naslednje podatke:

- priimek, ime,
- leto rojstva,
- starost,
- spol,
- center za hemodializo.
- etiologija kronične ledvične odpovedi (možnosti: kronični glomerulonefritis, hipertenzivna nefroskleroza, intersticijski nefritis, policistične ledvice, diabetična nefropatija, drugo),
- prisotnost generalizirane ateroskleroze,
- kadilski status (kadi/ne kadi; če kadi, koliko let in koliko dnevno, kaj kadi; če je nehal, kdaj je nehal in koliko je pokadil prej, koliko let je kadil),

Tabela 1. Spolna sestava preiskovancev in trajanje hemodialize ob vzpostavitvi AVF.

Meritve 1–5	1 in 2		3		4		5	
razmak v mesecih n = število meritev za obe roki	pred in po n = 18		po 2,5 ± 1,5 n = 9		po 6,5 ± 1,5 n = 7		po 10,5 ± 1,5 n = 6	
Spol – M	9	50%	2	22%	5	71%	5	83%
– Ž	9	50%	7	78%	2	29%	1	17%
Povprečno trajanje HD (mesece)	2,9		4,7		2,75		0,6	
Standardni odklon	6,8		6,73		6,73		1,16	

- prisotnost dolgoletne hipertenzije, sladkorne bolezni, hiperlipidemije,
- trajanje hemodializnega zdravljenja.

V protokol smo zapisovali tudi rezultate meritev, in sicer:

- temperatura palec–kazalec (fistulna stran),
- temperatura palec–kazalec (nefistulna stran),
- temperatura palec–sredinec (fistulna stran),
- temperatura palec–sredinec (nefistulna stran),
- temperatura v pregibu dlani (fistulna stran),
- temperatura v pregibu dlani (nefistulna stran),
- saturacija (fistulna stran),
- saturacija (nefistulna stran),
- dinamometrične vrednosti »hand grip« (fistulna stran – 3 zaporedne meritve),

- dinamometrične vrednosti »hand grip« (nefistulna stran – 3 zaporedne meritve).

Prvo meritev smo opravili pred vzpostavitvijo AVF na dan vzpostavitve. Ponovili smo jo neposredno po vzpostavitvi AVF (do 24 h po vzpostavitvi – 2. meritev), in nato v času 2,5 ± 1,5 meseca (1–4 mesece – 3. meritev) po vzpostavitvi, 6,5 ± 1,5 mesecev (5–8 mesecev – 4. meritev) po vzpostavitvi ter 10,5 ± 1,5 mesecev (9–12 mesecev – 5. meritev) po operaciji. V začetku je bil naš protokol širše zastavljen. Meritve smo nameravali opravljati pred operacijo, neposredno po operaciji, nato pa 1 teden, 2 tedna, 3 tedne, 4 tedne, 8 tednov, 12 tednov in 24 tednov po operaciji ter eno leto po operaciji. Zaradi težav s sodelovanjem bolnikov smo protokol prilagodili in spremenili.

Tabela 2. Etiološki dejavniki za razvoj končne ledvične odpovedi.

Meritve 1–5	1 in 2		3		4		5	
razmak v mesecih n = število meritev za obe roki	pred in po n = 18		po 2,5 ± 1,5 n = 9		po 6,5 ± 1,5 n = 7		po 10,5 ± 1,5 n = 6	
Etiologija KLO	n	%	n	%	n	%	n	%
Kronični glomerulonefritis	1	6	0	0	1	14	1	17
Hipertenzivna nefroskleroza	4	22	2	22	2	29	1	17
Intersticijski nefritis	1	6	0	0	0	0	0	0
Policistične ledvice	2	11	1	11	0	0	1	17
Diabetična nefropatija	6	33	5	56	2	29	2	33
Drugo	4	22	1	11	2	29	1	17
Generalizirana ateroskleroza	8	44	5	56	5	71	2	33
Dolgoletna hipertenzija	16	89	8	89	7	100	5	83
Sladkorna bolezen	6	33	5	56	3	43	2	33
Hipertrigliceridemija	3	17	1	11	3	43	1	17
Kajenje – DA	3	17	1	11	2	29	1	20
– NE	15	83	8	89	5	71	5	80
Kadil pred manj kot 10 leti – DA	3		0		1		1	
– NE	12		8		4		4	
Povprečno trajanje kajenja (leta)	18,7		35		20,5		6	
Št. dnevno pokajenih cigaret	14		20		13,8		8,5	

Tabela 3. Trajanje hemodialize ob vzpostavitvi AVF in lokalizacija fistule.

Meritve 1–5	1 in 2		3		4		5	
razmak v mesecih	pred in po		po 2,5 ± 1,5		po 6,5 ± 1,5		po 10,5 ± 1,5	
n = število meritev za obe roki	n = 18		n = 9		n = 7		n = 6	
Lokalizacija fistule – desno	6	33%	3	33%	1	14%	3	50%
– levo	12	67%	6	67%	6	86%	3	50%
Fistula/GORE-TEX grafit								
– tipična AVF	11	61%	5	56%	4	57%	4	67%
– sredina podlahti AVF	3	17%	1	11%	1	14%	1	17%
– komolec AVF	3	17%	2	22%	2	28%	1	17%
– GORE-TEX podlaket	0		0		0		0	
– GORE-TEX nadlaket	1	6%	1	11%	0		0	

V analizo smo vključili skupaj 9 žensk in 9 moških (n = 18), starih od 23 do 85 let, pri katerih smo analizirali vrednosti za fistulno in nefistulno (kontrolno) roko v odvisnosti od časovnega poteka meritev.

Bolniki

Epidemiološke značilnosti pacientov so podane v tabelah 1–3.

Izvedba meritev

Vsakemu bolniku smo pri vsaki meritvi merili temperaturo kože prstov oz. dlani na tri načine: med konicama (blazinicama) palca in kazalca, med konicama (blazinicama) palca in sredinca in temperaturo v pregibu dlani, pri čemer smo pazili na pravilno sodelovanje bolnika (ustrezni način držanja sonde merilnika – v skladu z navodili proizvajalca). Temperaturo smo vsakič merili 1 min z instrumentom Ellab digital thermometer du 81s s pripadajočimi merilniki. Meritev smo izvajali zaporedoma na fistulni in nefistulni strani. Meritve so podane v °C.

Nasičenost (saturacijo) hemoglobina s kisikom na distalnem členku kazalca smo

merili s HewlettPackard pulznim oksimetrom in monitorjem M3046 A – na standardni način v skladu z navodili proizvajalca, pri čemer smo pazili na v literaturi podrobno opisane vire napak in omejitve pulzne oksimetrije (28). Meritev smo izvajali zaporedoma na fistulni in nefistulni strani. Meritve so podane v % nasičenosti hemoglobina s kisikom.

Ugotavljali smo tudi moč dlanskih mišic z dinamometrom AESCULAP AD 141 90095 Germany (slika 1), pri čemer smo upoštevali povprečje treh meritev. Meritev smo izvajali zaporedoma na fistulni in nefistulni strani. Bolniki so meritve opravljali z naslonjenim zgornjim udom, pri čemer je bila dlan v vmesnem položaju med pronacijo in supinacijo. Pred izvedbo smo jim povedali, da bodo meritve opravljali trikrat, in jim naročili, da dinamometer primejo v udoben položaj ter ga nato stisnejo, kolikor močno lahko. Nato smo jim dinamometer odvzeli, odčitali vrednost in test ponovili (29). Meritve za dinamometer so podane v kilogramih (kg).

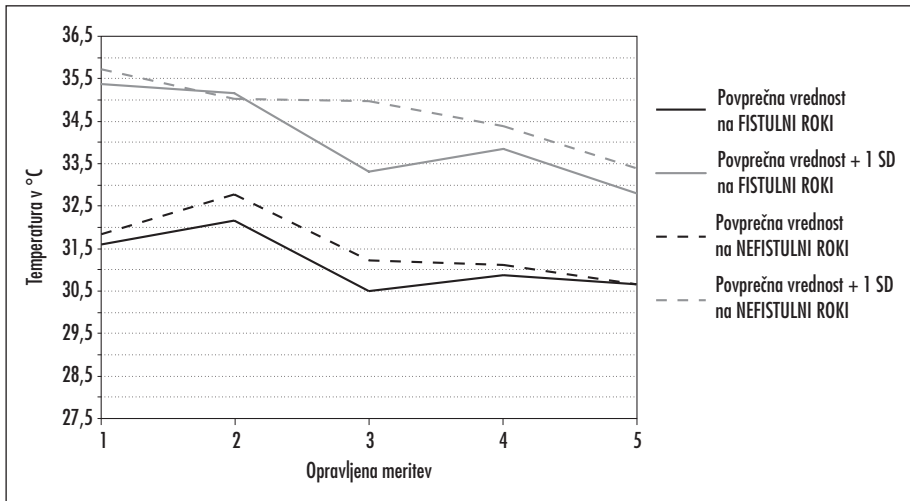
Statistična obdelava podatkov

Za statistično obdelavo podatkov smo uporabljali program SPSS for Windows 11,0.

Za vsako numerično spremenljivko smo izračunali aritmetično povprečno vrednost in standardni odklon. Za primerjanje povprečij dveh odvisnih vzorcev smo uporabili dvostranski parni Studentov t-test, za kar so bili izpolnjeni pogoji (31). Za statistično pomembne smo smatrali vrednosti $p < 0,05$.



Slika 1. Dinamometer AESCULAP AD 141 90095 Germany.



Slika 2. Odvisnost povprečne temperature med palcem in kazalcem na fistulni in nefistulni roki od zaporednega števila opravljene meritve.

Na podlagi porazdelitve t smo določili zgornjo in spodnjo mejo 95% intervala zaupanja za oceno povprečja merjenih parametrov, da bi ocenili povprečje populacije (32).

REZULTATI

Absolutne vrednosti in intervali zaupanja

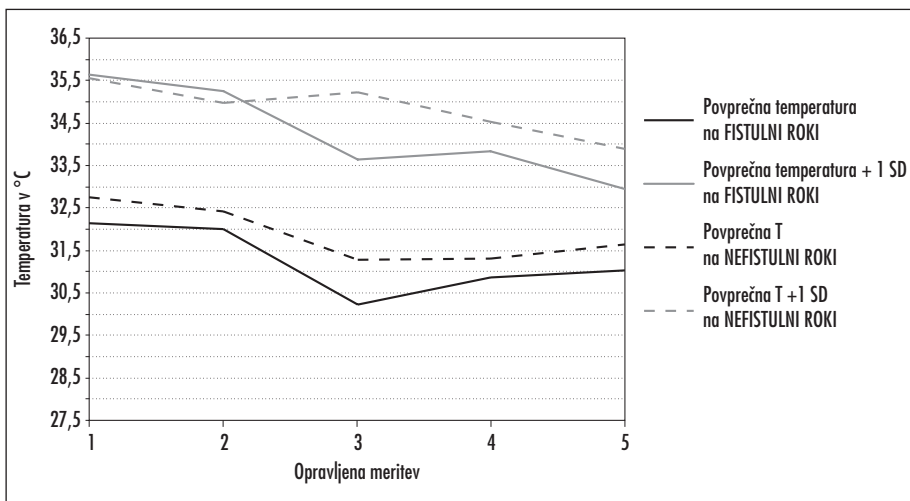
Slika 2 prikazuje odvisnost povprečne temperature med palcem in kazalcem na fistulni

in nefistulni roki od zaporednega števila opravljene meritve.

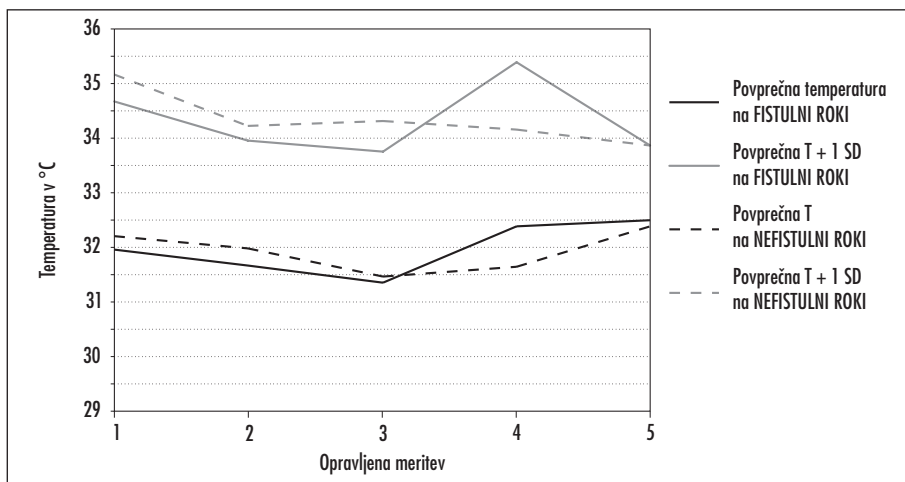
Slika 3 prikazuje odvisnost povprečne temperature med palcem in sredincem na fistulni in nefistulni roki od zaporednega števila opravljene meritve.

Slika 4 prikazuje odvisnost povprečne temperature v pregibu dlani na fistulni in nefistulni roki od zaporednega števila opravljene meritve.

Izračunali smo razliko med povprečno vrednostjo temperature na nefistulni in pov-



Slika 3. Odvisnost povprečne temperature med palcem in sredincem na fistulni in nefistulni roki od zaporednega števila opravljene meritve.



Slika 4. Odvisnost povprečne temperature v pregibu dlani na fistulni in nefistulni roki od zaporednega števila opravljene meritve.

prečno vrednostjo temperature na fistulni roki:

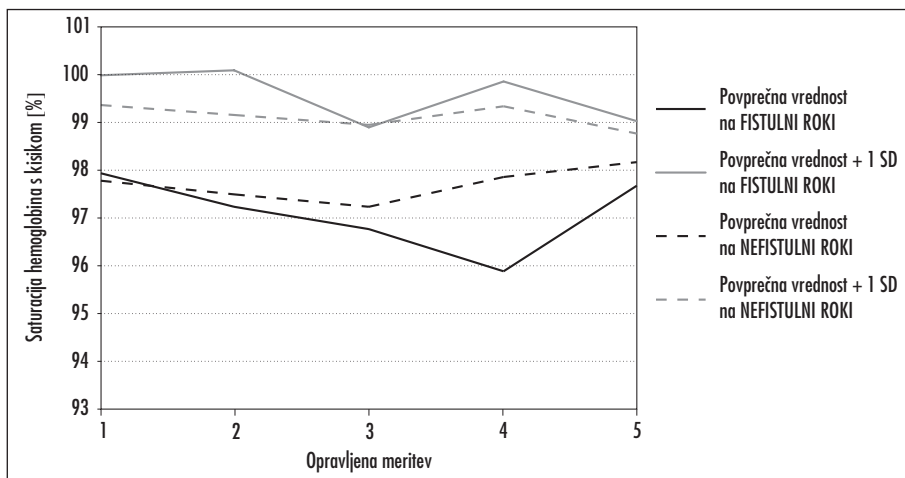
Tabela 4. Razlike med povprečno vrednostjo temperature na fistulni in povprečno vrednostjo temperature na nefistulni roki po meritvah v °C.

meritev/ merjena T	med palcem in kazalcem	med palcem in sredincem	v pregibu dlani
1. meritev	0,2	0,6	0,2
2. meritev	0,5	0,4	0,5
3. meritev	1,2	1,0	0,2
4. meritev	0,2	0,4	-0,8
5. meritev	0,6	0,6	-0,1

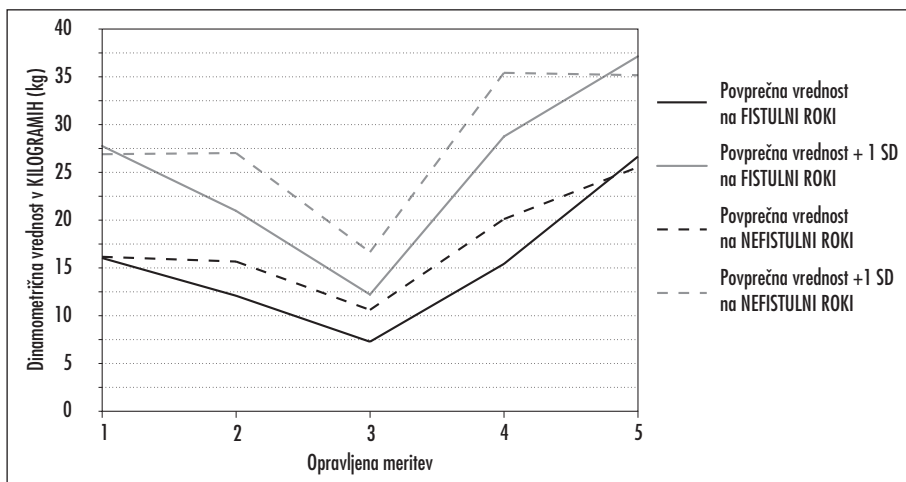
Slika 5 prikazuje odvisnost povprečne nasičenosti na fistulni in nefistulni roki od zaporednega števila opravljene meritve.

Slika 6 prikazuje odvisnost povprečne dinamometrične vrednosti (tlaka) na fistulni in nefistulni roki od zaporednega števila opravljene meritve.

Podatke smo analizirali še ločeno za moške in ženske za fistulno roko: povprečja in standardnega odklona (ločeno z /) pri moških so 22/13 (1.), 17/8,9 (2.), 6,7/8 (3.), 19,2/13,5 (4.) in 29,5/8,7 (5. meritve), pri ženskah pa 9,8/6,8 (1.), 6,9/5,6 (2.), 7,3/4,6 (3.), 5,9/8,3 (4.) in 12,3/0 (5. meritve).



Slika 5. Odvisnost povprečne nasičenosti hemoglobina s kisikom na fistulni in nefistulni roki od zaporednega števila opravljene meritve.



Slika 6. Odvisnost povprečne dinamometrične vrednosti (tlaka) na fistulni in nefistulni roki od zaporednega števila opravljene meritve.

Fistulna roka glede na nefistulno

Primerjali smo povprečja za fistulno (1. vzorec) in nefistulno – kontrolno roko (2. vzorec) pri isti zaporedni meritvi za posamezne izbrane parametre. Statistično značilnost smo ugotovili pri dinamometričnih vrednostih pri 2. meritvi ($t = -3,82$, $SP = 17$, $p = 0,001$), dinamometričnih vrednostih pri 3. meritvi ($t = -3,42$, $SP = 8$, $p = 0,009$) in dinamometričnih vrednostih pri 4. meritvi ($t = -4,58$, $SP = 6$, $p = 0,004$). Pri vseh ostalih primerjavah je $p > 0,05$.

Fistulna roka pri kasnejših meritvah glede na prvo

Primerjali smo povprečja za fistulno roko od 2. do 5. zaporedne meritve s povprečjem pred vzpostavitev AVF/AVG (1. meritve) za vsak izbrani parameter. Statistično pomembna ni nobena razlika med dvema vzorcema (pri čemer smo t-test pri dinamometričnih vrednostih izvajali tudi posebej za ženske in posebej za moške) – pri vseh primerjavah je $p > 0,05$.

RAZPRAVA

Epidemiološke značilnosti bolnikov

Epidemiološke značilnosti naših bolnikov so primerljive s podatki v literaturi za bolnike s kronično ledvično odpovedjo za povprečno starost, etiologijo kronične ledvične odpove-

di, prisotnost (dolgoletne) hipertenzije in sladkorne bolezni (2, 33).

Temperature: med palcem in kazalcem, palcem in sredincem in v pregibu dlani – primerjava med fistulno in nefistulno roko

Odnos med prekrvavitvijo in temperaturo kože je v literaturi povezan tudi s proučevanjem uporabe neinvazivnih metod za oceno distalnega obtoka pri periferni žilni bolezni. V zvezi s tem je med drugim ugotovljeno, da je temperatura (gole) kože dlani in prstov odvisna od temperature okolja, in da je temperatura dlani in prstov pomembno povezana s prekrvavitvijo (34). Na osnovi pomena temperature okolja ugotavljamo, da glede na pogoje, pri katerih smo opravljali naše meritve, temperatura kože dlani in prstov ni ustrezno ponovljiva metoda, zaradi česar je primerjava med prvo in kasnejšimi meritvami iz metodološkega vidika neupravičena.

V literaturi nismo našli prispevkov, ki bi se ukvarjali z oceno pomena temperature kože dlani in prstov pri motnjah prekrvitve pri bolniku z AVF.

Statistično značilne razlike med fistulno in nefistulno roko ob nobeni meritvi nismo ugotovili. Kot smo pričakovali, so bile absolutne vrednosti temperature na fistulni roki za vse meritve nižje kot na nefistulni roki z izjemo 4. in 5. meritve temperature v pregibu

dlani, kar pa je po našem mnenju posledica dejstva, da so nekateri bolniki imeli precejšnje težave z držanjem sonde merilnika v dlani, medtem ko podobnih težav pri merjenju med palcem in kazalcem oz. palcem in sredincem ni bilo.

Na podlagi navedenega sklepamo, da prevelika razlika med fistulno in nefistulno roko v izmerjeni temperaturi kože, merjene med palcem in kazalcem, palcem in sredincem in v pregibu dlani, ni normalna.

Za nadaljnjo oceno še normalne razlike bi bilo potrebno merjenje temperature pri bolnikih z razvitimi simptomi oz. znaki motenj prekrvitve, na podlagi dobljenih rezultatov pa ocenjujemo, da je razlika 0–1 °C še normalna, morebiti pa so normalne tudi višje razlike.

Pulzna oksimetrija

Hipoksemijo v različnih okoliščinah in v sklopu različnih stanj se s pulzno oksimetrijo da enostavno zaznati. Raven hipoksemije, pri kateri se da videti cianozo (pomemben simptom pri motnjah prekrvitve v zvezi z AVF), je ocenjena na <75–80% nasičenosti hemoglobina s kisikom. Glede na lastnosti (sigmoidne) disociacijske krivulje oksihemoglobina smo normalno vrednost nasičenosti upoštevali kot >90%, saj pod to vrednostjo nasičenost z manjšanjem delnega tlaka kisika v arterijski krvi hitreje upada (28).

Kot smo pričakovali, so bile izmerjene absolutne vrednosti nasičenosti na fistulni roki v vseh obdobjih od 2. do 5. meritve nižje kot na nefistulni roki in tudi nižje kot pred vzpostavitvijo AVF. Ugotovili smo, da se vrednost na fistulni roki merjene nasičenosti hemoglobina s kisikom pri bolnikih brez simptomov in znakov motenj v prekrvavitvi dlani in prstov v različnih obdobjih po vzpostavitvi AVF/AVG do enega leta statistično značilno ne spremeni glede na obdobje pred vzpostavitvijo AVF. Prav tako se statistično značilno ne razlikujeta vrednosti med fistulno in nefistulno roko ob isti meritvi. Z merjenjem nasičenosti torej nismo zaznali pomembnih razlik v oksigenaciji oz. pomembne hipoksemije.

Našo ugotovitev podpira kratko poročilo Pesole, ki je na vzorcu 11 bolnikov s KLO na HD z enkratno meritvijo ob nedoločnem obdobju po vzpostavitvi ugotovil, da med

fistulno in nefistulno roko ni statistično značilnih razlik v nasičenosti, pri čemer tudi ni meril vrednosti na fistulni roki pred vzpostavitvijo (37). Halevy s sodelavci pri 5 bolnikih s simptomi motenj prekrvitve ugotavlja, da je nizka nasičenost povezana s pojavom kliničnih znakov in simptomov ishemije, in da je pulzno oksimetrijo mogoče uporabiti pri oceni ishemije in izboljšanja po zdravljenju le-te (38). Lin s sodelavci je med drugim opazoval razlike v nasičenosti na fistulni in nefistulni roki bolnikov s KLO na HD pred hemodializo in na vzorcu 48 bolnikov ugotovil, da je razlika normalno manjša od 4%, pri čemer pa niso upoštevali časa od vzpostavitve AVF (39). Prav tako niso merili izhodiščnih vrednosti pred vzpostavitvijo AVF. Te študije torej niso upoštevale morebitnih časovnih sprememb v hemodinamiki in posledično v vrednostih pulzne oksimetrije.

Dinamometrija na fistulni roki

Dinamometrija je od vseh meritev, opravljenih v raziskavi, najbolj subjektivna, saj je najbolj odvisna od motivacije in sodelovanja bolnika. Kljub temu se zlasti na področju ocenjevanja invalidnosti uporablja za dokazovanje zmanjšanja moči roke. Velja tudi mnenje, da primerjava med levo in desno roko zaradi prevlade ene od njiju ni upravičena, saj je moč na prevladujoči strani značilno večja; prav tako je moč pri moških večja glede na ženske. Ugotovljena pa je visoka ponovljivost testa pri preiskovancih, zato metodološke ovire za primerjavo med kasnejšimi in prvo meritvijo ne vidimo (29, 40). Pri tem je možna izjema 2. meritve, kjer je zaradi pooperacijske bolečine izvajanje meritve na fistulni roki ovirano (čeprav statistično značilne razlike nismo dokazali).

V literaturi nismo našli prispevkov, ki bi ocenjevali pomen dinamometrije pri oceni motenj prekrvitve dlani in prstov bolnikov z AVF.

Statistično značilne razlike med fistulno in nefistulno roko, ki jih navajamo med rezultati, so na osnovi povedanega brezpredmetne, potrjujejo pa izhodiščno trditev, da fistulne in nefistulne roke ni primerno primerjati med seboj. Za moške posebej in ženske posebej nismo ugotovili statistično značilne razlike med prvo in kasnejšimi meritvami na fistul-

ni roki ($p > 0,05$). Kot smo pričakovali, so bila povprečja pri kasnejših meritvah nižja kot pri prvi meritvi z izjemo pete meritve, kjer smo ugotovili nepričakovano povišanje, ki pa ni bilo statistično značilno in ga smatramo za naključno. Pri vrednotenju ne moremo pozabiti na dejstvo, da se bolniki zavedajo pomena, ki ga ima žilni pristop za njihovo življenje, zato ga z manjšo uporabo fistulne roke (zlasti v zgodnejših obdobjih po vzpostavitvi AVF, ko nanjo še niso navajeni) poskušajo ščititi, kar se kaže tudi pri izvajanju dinamometrije – to posebnost smo sami opazili pri izvajanju dinamometrije.

Sklepamo torej, da pri brezsimptomnih bolnikih z delujočo AVF prevelika razlika v moči mišic fleksorjev roke na fistulni roki glede na obdobje pred vzpostavitvijo ni normalna, saj druge ničelne hipoteze na osnovi analize dobljenih podatkov ne moremo zavrniti.

Za nadaljnjo oceno še normalne razlike bi bila potrebna primerjava z bolniki, ki kažejo simptome oz. znake ishemijske roke, s čim večjimi vzorci, posebej za moške in posebej za ženske, pri čemer bi bilo treba upoštevati velike interindividualne razlike.

ZAKLJUČEK

Zaključujemo:

1. Prevelika razlika med fistulno in nefistulno roko v izmerjeni temperaturi kože, merjeni med palcem in kazalcem, palcem in sredincem ter v pregibu dlani, pri brezsimptomnih bolnikih ni normalna. Sklepamo, da je razlika $0-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ še normalna, morebiti pa so normalne tudi višje razlike. Klinični pomen merjenja temperature je potencialno pomemben, a omejen, dokler ne bodo jasne še dopustne razlike med fistulno in nefistulno roko.
2. Nizka vrednost nasičenosti, izmerjena na fistulni roki, pri brezsimptomnih bolnikih ni normalna, prav tako ni normalna nižja vrednost glede na obdobje pred vzpostavitvijo AVF (pod pogojem, da so izključeni drugi možni vzroki nižje vrednosti, torej da je vrednost na nefistulni – kontrolni roki primerljiva z izhodiščno pred konstrukcijo AVF). Če je vrednost nasičenosti

na nefistulni roki vsaj za nekaj odstotkov – pričakovana napaka dveh meritev – višja od fistulne, je nižja vrednost na fistulni roki znak slabše prekrvitve zaradi AVF. Pulzna oksimetrija je uporabna metoda za oceno hipoksemije distalno od AVF, saj mora biti oksigenacijski status fistulne roke enak kot nefistulne roke in tudi enak kot fistulne roke pred izdelavo AVF (seveda v primeru, da je tak tudi na nefistulni – kontrolni roki). Merjenje nasičenosti bi zaradi svojih značilnosti tako lahko postalo standardni del obravnave bolnika z AVF, pri čemer bi bilo smiselno meriti vrednosti nasičenosti na obeh rokah, prvič že pred vzpostavitvijo AVF.

3. Pri brezsimptomnih bolnikih prevelika razlika v moči mišic fleksorjev roke na fistulni roki glede na obdobje pred vzpostavitvijo ni normalna. Klinični pomen dinamometrije pri oceni motenj v prekrvavitvi roke pri bolnikih z AVF je omejen, dokler ne bo jasno, kakšna je še sprejemljiva oz. dopustna razlika v dinamometričnih vrednostih po vzpostavitvi AVF glede na obdobje pred, pri čemer bo treba upoštevati tudi subjektivne dejavnike (bolečino, strah pred poškodbo žilnega pristopa).

ZAHVALA

Mentorju prof. dr. Rafaelu Ponikvarju, dr. med., višjemu svetniku, se zahvaljujemo za pomoč in vodenje pri nastajanju naloge, predvsem pa za pridobljeno znanje s področja hemodialize in nefrologije ter za njegovo potrpežljivost.

Prof. dr. Jadranki Buturović - Ponikvar, dr. med., svetnici, hvala za opravljanje ultrazvočnih meritev, ki bodo vključene v nadaljevanje raziskave, in številne koristne nasvete.

Medicinski sestri Majdi Aškerc iskrena hvala za pomoč pri izvajanju meritev.

Administratorkam Centra za dializo hvala za pomoč pri iskanju medicinske dokumentacije.

Najlepša hvala Igorju Gabrijelčiču in Martinu Možini za nasvete pri statistični obdelavi podatkov.

Vsem preiskovancem se zahvaljujemo za sodelovanje.

LITERATURA

1. Buturović - Ponikvar J. Zdravljenje s hemodializo in drugimi zunajtelesnimi metodami. In: Kocijančič A, Mrevlje F, eds. *Interna medicina*. 2. izdaja. Ljubljana: DZS in Ewo d. o. o.; 1998. p. 879–894.
2. Anon. Kidney Disease Facts and Statistics. American Society of Nephrology. [cited 2003 Jun 20]. Dosegljivo na: URL: <http://www.asn-online.org/data/modules/pbm/rendered/factsStatisticsOne.asp>
3. Buturović - Ponikvar J. Renal replacement therapy in Slovenia: annual report 2001 [abstract]. *Nephrol Dial Transplant* 2003; 18 (Suppl 5): V53–V55.
4. Maher JF. *Replacement of renal function by dialysis. A textbook of dialysis*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers; 1989.
5. Butt KM. Blood access. *Clin Nephrol* 1978; 9 (4): 138–43.
6. Livingston C, Potts J. Upper Arm Arteriovenous Fistulas as a Reliable Access Alternative for Patients Requiring Chronic Hemodialysis. *Am Surg* 1999; 65: 1038–42.
7. Brescia MJ, Cimino JE, Appel K, Hurwich BJ. Chronic hemodialysis using venipuncture and a surgically created arteriovenous fistula. *N Engl J Med* 1966; 275: 1089–92.
8. Sivanesen S, How TV, Black RA, Bakran A. Flow patterns in the radiocephalic arteriovenous fistula: an in vitro study. *J Biomech* 1999; 32: 915–25.
9. Munda R, First M, Alexander J, Calvin C. Polytetrafluoroethylene graft survival in hemodialysis. *JAMA* 1983; 249: 219–222.
10. Ascher E, Hingorani A. The value and limitations of the arm cephalic and basilic vein for arteriovenous access. *Ann Vasc Surg* 2000; 14 (2): 138–44.
11. Sessa C, Pecher M. Critical hand ischemia after angioaccess surgery: diagnosis and treatment. *Ann Vasc Surg* 2000; 14 (6): 583–93.
12. Shemesh D, Mabeesh NJ, Abramowitz HB. Management of dialysis access-associated steal syndrome: use of intraoperative duplex ultrasound scanning for optimal flow reduction. *J Vasc Surg* 1999; 30 (1): 193–5.
13. Polkinghorne KR, Atkins RC, Kerr PG. Native arteriovenous fistula blood flow and resistance during hemodialysis. *Am J Kidney Dis* 2003; 41: 132–9.
14. Wixon CL, Hughes JD, Mills JL. Understanding strategies for the treatment of ischemic steal syndrome after hemodialysis access. *J Am Coll Surg* 2000; 191: 301–10.
15. Goff CD, Sato DT, Bloch PH, Dechasi RJ, Gregory RT, Gayle RG et al. Steal syndrome complicating hemodialysis access procedures: can it be predicted? *Ann Vasc Surg* 2000; 14 (2): 138–44.
16. Corpataux JM, Haesler E, Silacci P, Ris HB, Hayoz D. Low-pressure environment and remodelling of the forearm vein in Brescia-Cimino haemodialysis access. *Nephrol Dial Transplant* 2002; 17: 1057–62.
17. Pfitzner J. Poiseuille and his law. *Anaesthesia* 1976; 31 (2): 273–5.
18. Dammers R, Tordoir JH, Welten RJ, Kitslaar PJ, Hoeks AP. The effect of chronic flow changes on brachial artery diameter and shear stress in arteriovenous fistulas for hemodialysis. *Int J Artif Organs* 2002; 25: 124–8.
19. Girerd X, London G, Boutouyrie P, Mourad JJ, Safar M, Laurent S. Remodelling of the radial artery in response to a chronic increase in shear stress. *Hypertension* 1996; 27 [part 2]: 799–803.
20. Robin ML, Chamberlain NE, Lockhart ME, Gallichio MH, Young CJ, Deierhoi MH et al. Hemodialysis arteriovenous fistula maturation: US evaluation. *Radiology* 2002; 225 (1): 59–64.
21. Valji K, Hye R. Hand ischemia in patients with hemodialysis access grafts: angiographic diagnosis and treatment. *Radiology* 1995; 196: 697–701.
22. Redfern AB, Zimmerman NB. Neurologic and ischemic complications of upper extremity vascular access for dialysis. *J Hand Surg [Am]* 1995; 20 (2): 199–204.
23. Max P, Levine. The hemodialysis patient and hand amputation. *Am J Nephrol* 2001; 21: 498–501.
24. Odland MD, Kelly PH, Ney AL, Andersen RC. Management of dialysis-associated steal syndrome complicating extremity arteriovenous fistulas: use of intraoperative digital photoplethysmography. *Surgery* 1991; 110 (4): 664–9.
25. DeCaprio JD, Valentine RJ. Steal syndrome complicating hemodialysis access. *Cardiovasc Surg* 1997; 5 (6): 648–653.
26. Katz S, Kohl RD. The treatment of hand ischemia by arterial ligation and upper extremity bypass after angioaccess surgery. *J Am Coll Surg* 1996; 183 (3): 239–42.
27. Valentine RJ, Bouch CW, Scott DJ, Li S, Jackson MR, Modrall JG, Clagett GP. Do preoperative finger pressures predict early arterial steal in hemodialysis access patients? A prospective analysis. *J Vasc Surg* 2002; 36 (2): 351–6.
28. Hanning CD, Alexander - Williams JM. Pulse oximetry: a practical review. *BMJ* 1995; 311: 367–70.
29. Haward BM, Griffin MJ. Repeatability of grip strength and dexterity tests and the effects of age and gender. *Int Arch Occup Environ Health* 2002; 75: 111–9.
30. Paivansalo M, Heikkilä O, Tikkakoski T, Leinonen S, Merikanto J, Suramo I. Duplex ultrasound in the subclavian steal syndrome. *Acta Radiol* 1998; 39: 183–188.
31. Mould R. *Introductory medical statistics*. 3rd ed. Bristol, Philadelphia: Institute of Physics Publishing; 1998.
32. Adamič Š. *Temeljni biostatistike*. 2. izdaja. Ljubljana: Partizanska knjiga; 1989.

33. Morse SA, Dang A, Thakur V, Zhang R, Reisin E. Hypertension in chronic dialysis patients: pathophysiology, monitoring, and treatment [abstract]. *Am J Med Sci* 2003; 325 (4): 194-201.
34. Stoner HB, Parker P, Riding GS, Hazlehurst DE, Taylor L, Marcus RW. Relationship between skin temperature and perfusion in the arm and leg. *Clin Physiol* 1991; 11 (1): 27-40.
35. Nickerson BG, Sarkisian C, Tremper K. Bias and precision of pulse oximeters and arterial oximeters. *Chest* 1988; 93 (3): 515-7.
36. Jensen LA, Onyskiw JE, Prasad NG. Meta-analysis of arterial oxygen saturation monitoring by pulse oximetry in adults. *Heart Lung* 1998; 27 (6): 387-408.
37. Pesola GR, Bugal N. Pulse oximeter analysis of peripheral cyanosis distal to an AV fistula. *Am J Emerg Med* 1996; 14 (3): 268-9.
38. Halevy A, Halpern Z, Negri M, Hod G, Weissgarten J, Averbukh Z, Modai D. Pulse oximetry in the evaluation of the painful hand after arteriovenous fistula creation. *J Vasc Surg* 1991; 14 (4): 537-9.
39. Lin G, Kais H, Chayen D, Weissgarten J, Negri M, Averbukh J et al. Pulse oximetry evaluation of oxygen saturation in the upper extremity with an arteriovenous fistula before and after hemodialysis. *Am J Kidney Dis* 1997; 29 (2): 230-2.
40. Bohannon RW. Grip strength: a summary of studies comparing dominant and nondominant limb measurements [abstract]. *Percept Mot Skills* 2003; 96 (3 Pt 1): 728-30.

Prispelo 22. 6. 2004