

**RECIRKULACIJA UREJE I UČINKOVITOST DIJALIZE PRI UPORABI
DVOLUMINALNIH DIJALIZNIH KATETERA RAZLIČITE LOKALIZACIJE:
SMIJE LI SE VENSKI KRAK KATETERA RABITI KAO ARTERIJSKI
I OBRNUTO?**

**UREA RECIRCULATION AND DIALYSIS EFFICIENCY OF DUAL-LUMEN CENTRAL VENOUS
CATHETERS: SHOULD THE VENOUS LUMEN OF THE CATHETER BE USED AS ARTERIAL LUMEN,
AND VICE VERSA?**

SINIŠA ŠEFER, PETAR KES, VESNA DEGORICIJA, BRANKO HEINRICH, MISLAV VRSALOVIĆ*

Deskriptori: Centralna venska kateterizacija – instrumenti; Bubrežna dijaliza – metode; Zatajenje bubrega – liječenje;
Urea – u krvi

Sažetak. Cilj: Mjerenje postotka recirkulacije ureje (PRU) tijekom hemodijalize (HD) uz uporabu centralnih venskih katetera (CVK) na različitim lokalizacijama (jugularni, supklavijski i femoralni) u uvjetima kada se venski lumen katetera rabi kao arterijski i obrnuto te utvrđivanje učinkovitost HD-a na temelju mjerenja postotka sniženja ureje (PSU). Metode: PRU mjeren je u bolesnika s akutnim (AZB) i kroničnim zatajenjem bubrega (KZB) u kojih je HD proveden uporabom privremenog dvoluminalnog CVK na različitim lokalizacijama (jugularni n=16, supklavijski n=20 i femoralni n=20) i u uvjetima kada je arterijski dio krvne linije bio spojen s arterijskim krakom katetera, a venski dio krvne linije s venskim krakom katetera (ispravan način spajanja=R1), odnosno u uvjetima kada je arterijski dio krvne linije bio spojen s venskim krakom katetera, a venski dio krvne linije s arterijskim krakom katetera (obrnuti način spajanja=R2). Učinkovitost HD-a procijenjena je mjerenjem PSU pri obrnutom načinu spajanja krvnih linija i krakova katetera. Rezultati: Utvrđena je statistički značajna razlika između R1 i R2 za jugularne katetere (R1=2,38±1,09%; R2=7,59±1,42%; n=16; p=0), supklavijske katetere (R1=3,03±3,15%; R2=15,8±7,18%; n=20; p=0) i femoralne katetere (R1=9±6,56%; R2=29,2±11,8%; p=0). Postojala je statistički značajna razlika između R1 jugularnih i R1 supklavijskih katetera (2,38±1,09%; n=16 i 3,03±3,15%; n=20; p=0,0001), između R1 jugularnih i R1 femoralnih katetera (2,38±1,09%; n=16 i 9±6,56%; n=20; p=0) te između R1 supklavijskih i R1 femoralnih katetera (2,38±1,09%; n=20 i 9±6,56%; n=20; p=0,0001). Statistički značajnu razliku utvrdili smo i između R2 za jugularne i supklavijske katetere (7,59±1,42%; n=16 i 15,8±7,18%; n=20; p=0,0003), za jugularne i femoralne katetere (7,59±1,42%; n=16 i 29,2±11,8%; n=20, p=0,0007) te za supklavijske i femoralne katetere (15,8±7,18%; n=20 i 29,2±11,8%; n=20; p=0,0029). Mjerenjem PSU na pojedinim kateterima uz uvjete R2 utvrđena je statistički značajna razlika između femoralnih i supklavijskih katetera (51,45±5,62%; n=20 i 63,75±7,61%; n=20; p=0) te između femoralnih i jugularnih katetera (51,45±5,62%; n=20 i 64,3±5,23%; n=16; p=0). Nije utvrđena statistički značajna razlika u PSU između jugularnih i supklavijskih katetera (64,3±5,23; n=16 i 63,75±7,61%; n=20; p=0,8). Zaključak: Provođenjem HD-a uz pravilno spajanje krvnih linija i krakova dijaliznog katetera PRU manji je od 5% kod jugularnih i supklavijskih katetera, a iznosi 5–10% kod femoralnih katetera. Uz uporabu venskoga kraka katetera kao arterijskoga i obrnuto, PSU je bio jedino kod jugularnih katetera ispod 10%, dok je kod femoralnih bio veći od 20%. Unatoč relativno visokom PRU pri ovakvu načinu uporabe katetera, PSU je nakon HD-a tijekom kojih su kao krvožilni pristup rabljeni jugularni i supklavijski kateteri, bio veći od 60%. Kada su za HD rabljeni obrnuto spojeni arterijski i venski krakovi femoralnih katetera, PSU je bio značajno niži te stoga treba izbjegavati ovaj način njihove uporabe.

Descriptors: Catheterization, central venous – instrumentation; Renal dialysis – methods; Kidney failure – therapy;
Urea – blood

Summary. Aim: To measure percentage of urea recirculation in hemodialysis by a dual-lumen central venous catheters of various localisations (e.g. jugular, subclavian and femoral), and also in cases when the venous lumen of the catheter is used as arterial lumen, and vice versa, and under these conditions to evaluate the efficiency of hemodialysis based on the measurements of urea reduction ratio. Methods: Percentage of urea recirculation was measured in the patients with acute and chronic renal failure who underwent hemodialysis by a temporary dual-lumen central venous catheter of different localisations (jugular n=16, subclavian n=20, femoral n=20). The measurements were done in cases when arterial line was connected to arterial lumen of the catheter, and venous line to the venous lumen of the catheter (correct connection = R1), and vice versa, i.e., when arterial line was connected to venous lumen of the catheter, and venous line was connected to arterial lumen of the catheter (reversed connection = R2). The efficiency of hemodialysis was evaluated by measuring urea reduction ratio in cases with the reversed (R2) connection. Results: Statistically significant differences were found between R1 and R2 for jugular catheters (R1=2.38±1.09%, R2=7.59±1.42%, n=16, p=0), for subclavian catheters (R1=3.03±3.15%, R2=15.8±7.18, n=20, p=0), and for

* KB »Sestre milosrdnice«, Zavod za nefrologiju i dijalizu, Zagreb (Siniša Šefer, dr. med.; Mislav Vrsalović, dr. med.), Zavod za hitnu i intenzivnu medicinu (mr. sc. Vesna Degoricija, dr. med.), Zavod za dijalizu KBC-a i Medicinskog fakulteta, Zagreb (prof. dr. sc. Petar Kes, dr. med.), Opća bolnica Koprivnica, Centar za dijalizu, Koprivnica (Branko Heinrich, dr. med.)

Adresa za dopisivanje: Dr. S. Šefer, KB »Sestre milosrdnice«, Zavod za nefrologiju i dijalizu, Vinogradska c. 29, 10000 Zagreb

Primljeno 12. ožujka 2002., prihvaćeno 28. studenoga 2002.

femoral catheters ($R1=9\pm 6.56\%$, $R2=29.2\pm 11.8\%$, $n=20$, $p=0$). Statistically significant differences were also found between R1 of jugular catheters and R1 of subclavian catheters ($2.38\pm 1.09\%$, $n=16$ and $3.03\pm 3.15\%$, $n=20$, $p=0.0001$), further on between R1 of jugular and R1 of femoral catheters ($2.38\pm 1.09\%$, $n=16$ and $9\pm 6.56\%$, $n=20$, $p=0$), as well as between R1 of subclavian and R1 of femoral catheters ($2.38\pm 1.09\%$, $n=20$ and $9\pm 6.56\%$, $n=20$, $p=0.0001$). Also statistically significant differences were found between R2 of jugular and subclavian catheters ($7.59\pm 1.42\%$, $n=16$ and $15.8\pm 7.18\%$, $n=20$, $p=0.0003$), between R2 of jugular and femoral catheters ($7.59\pm 1.42\%$, $n=16$ and $29.2\pm 11.8\%$, $n=20$, $p=0.0007$), and between R2 of subclavian and R2 of femoral catheters ($15.8\pm 7.18\%$, $n=20$ and $29.2\pm 11.8\%$, $n=20$, $p=0.0029$). The measurements of urea reduction ratio that we have done for some of the catheters under R2 conditions showed a statistically significant difference between femoral and subclavian catheters ($51.45\pm 5.62\%$, $n=20$ and 63.75 ± 7.61 , $n=20$, $p=0$), and between femoral and jugular catheters ($51.45\pm 5.62\%$, $n=20$ and $64.3\pm 5.23\%$, $n=16$, $p=0$). No statistical differences were found in urea reduction ratio between jugular and subclavian catheters (64.3 ± 5.23 , $n=16$ and $63.75\pm 7.61\%$, $n=20$, $p=0.8$). Conclusion: When hemodialysis is delivered by a correct blood lines connection the measurements have shown a decrease in urea recirculation by 5% for jugular and subclavian catheters, and 5%–10% for femoral catheters. However, in cases when the venous lumen of the catheter is used as an arterial lumen, and vice versa, urea recirculation is below 10% for jugular catheters; whereas in femoral catheters the percentage is higher than 20%. Despite so high percentage of urea recirculation, that we obtained for such use of the catheters, urea reduction ratio in hemodialysis via jugular and subclavian catheters is $>60\%$, whereas via femoral catheters, the percentage is significantly lower. Consequently, the efficiency of hemodialysis is reduced, and such use of femoral catheters should therefore be avoided.

Liječ Vjesn 2003;125:1–5

Dvoluminalni CVK najčešće se rabe kao privremeni krvožilni pristup za HD u bolesnika s AZB-om, odnosno u bolesnika s KZB-om dok se ne učini trajni krvožilni pristup. Mogu se rabiti i u bolesnika kojima je zbog trovanja, imunosnih, neuroloških ili drugih bolesti potrebno hitno napraviti hemoperfuziju, hemofiltraciju, izoliranu ultrafiltraciju ili plazmaferezu. Tijekom postupka izvantjelesne cirkulacije arterijski krak katetera katkad ne može osigurati dovoljan protok krvi te je potrebno zamijeniti krakove dvoluminalnog CVK odnosno venski krak katetera rabiti kao arterijski i obrnuto.

Svrha ovog istraživanja bila je da ispita utjecaj različitih načina spajanja krakova CVK s krvnim linijama na učinkovitost HD-a, kao i da utvrdi mogući utjecaj mjesta postavljanja CVK (jugularna vena, vena supklavija i femoralna vena) na učinkovitost HD-a.

Ispitanici i metode

Ispitivanjem smo obuhvatili 36 bolesnika s AZB-om ili KZB-om u kojih je kao privremeni krvožilni pristup rabljen dvoluminalni CVK (dužina 15 do 20 cm, promjer 12F; Vygon, Njemačka). U 20 bolesnika CVK smo postavili u desnu venu supklaviju, u 20 bolesnika CVK smo postavili u desnu femoralnu venu, a u 16 bolesnika CVK smo postavili u desnu unutarnju jugularnu venu. Ispitivanje smo proveli u prva tri dana od početka liječenja HD-om. Tijekom liječenja, zbog loše funkcije CVK u nekih smo bolesnika morali zamijeniti postavljeni CVK novim CVK-om preko žice vodilje u istu venu (u 7 bolesnika učinjena je zamjena supklavijskog katetera, a u 6 bolesnika zamjena femoralnog katetera) ili je CVK postavljen u drugu venu (u 3 bolesnika koji su imali supklavijski CVK postavljen je jugularni i u 4 bolesnika sa supklavijskim kateterom postavljen je femoralni CVK) tako da smo kod tih bolesnika ispitivanje proveli u dva navrata, tj. i nakon postavljanja novoga katetera. Odluka o mjestu uvođenja CVK ovisila je o postojanju relativne ili apsolutne kontraindikacije za pojedinu lokalizaciju. Ispitivanje smo proveli tijekom visokoprotocnog, bikarbonatnog HD-a, a rabili smo aparate s kontroliranom volumetrijskom ultrafiltracijom (Nipro NCU 10E, Nissho Corp., Japan i Integra, Hospital, Italija). Ispitivanje je napravljeno pri brzini krvne crpke od 200 mL/min. Svim je bolesnicima uzet uzorak krvi za određivanje koncentracije ureje prije početka HD-a. Na početku HD-a krvne linije i krakovi katetera bili su spojeni normalno (R1). Nakon 15 min dijalize istodobno smo uzeli uzorke krvi za određivanje koncentracije ureje iz arterijskog i venskog dijela krvne linije. Nakon toga krvne linije i krakovi CVK spojeni su na obrnuti način, odnosno venski krak

katetera s arterijskom krvnom linijom i arterijski krak katetera s venskom krvnom linijom (R2). Nakon 10 min dijalize u novim uvjetima istodobno su uzeti uzorci krvi za određivanje koncentracije ureje iz arterijskoga i venskoga dijela krvne linije, a uvjeti HD-a nisu se mijenjali do isteka vremena predviđenog za dijalizu. Deset minuta nakon završetka hemodijalize uzeli smo uzorak krvi za određivanje koncentracije ureje iz jednog od krakova CVK. PRU smo izračunali prema formuli: $R\% = [(P-A)/(P-V)] \times 100$, gdje R označava recirkulaciju, P koncentraciju ureje u krvi prije HD-a, A koncentraciju ureje u uzorku krvi iz arterijskog dijela krvne linije, a V koncentraciju ureje u uzorku krvi iz venskoga dijela krvne linije.

PSU smo izračunali prema formuli: $PSU\% = U1 - U2/U1 \times 100$, gdje PSU označava postotak sniženja ureje, U1 koncentraciju ureje prije početka HD-a, a U2 koncentraciju ureje nakon HD-a.¹ Rezultate istraživanja prikazali smo kao srednja vrijednost \pm standardna devijacija, a statističku obradu napravili smo uz pomoć Studentova t-testa za parne uzorke. Smatrali smo da je razlika statistički značajna ako je $p < 0,05$.

Rezultati

Mjerenjem PRU pri R1 i R2 načinu spajanja krvnih linija i krakova CVK utvrdili smo statistički značajnu razliku ($p < 0$) bez obzira na mjesto postavljanja CVK (jugularna vena, vena supklavija i femoralna vena) (tablica 1).

Utvrđena je statistički značajna razlika između R1 i R2 za jugularne katetere ($R1=2,38\pm 1,09\%$; $R2=7,59\pm 1,42\%$; $n=16$; $p=0$), supklavijske katetere ($R1=3,03\pm 3,15\%$; $R2=15,8\pm 7,18\%$; $n=20$; $p=0$) i femoralne katetere ($R1=9\pm 6,56\%$; $R2=29,2\pm 11,8\%$; $n=20$; $p=0$). Postojala je statistički značajna razlika između R1 jugularnih i R1 supklavijskih katetera ($2,38\pm 1,09\%$;

Tablica 1. Postotak recirkulacije ureje pri različitim spajanju krvnih linija i lumena CVK

Table 1. Percent of urea recirculation by two different ways of connection of the blood lines and the lumina of CVK

Lokalizacija Localisation	N	Recirkulacija (%) Recirculation		Značajnost Significance $p < 0,05$
		R1	R2	
Jugularni Jugular	16	2,38 \pm 1,09	7,59 \pm 1,42	$p=0$
Supklavijski Subclavian	20	3,03 \pm 3,15	15,80 \pm 7,18	$p=0$
Femoralni Femoral	20	9 \pm 6,56	29,20 \pm 11,8	$p=0$

Tablica 2. Postotak recirkulacije ureje pri različitim načinu spajanja krvnih linija i krakova dijaliznih katetera s obzirom na lokalizaciju katetera

Table 2. Percent of urea recirculation by different ways of connection of the blood lines and the lumina of CVC with regard to different localisation of CVC insertion

Lokalizacija Localisation	N	Recirkulacija (%) Recirculation R1	Značajnost Significance p<0,05	Recirkulacija (%) Recirculation R2	Značajnost Significance p<0,05
Jugularni Jugular	16	2,38±1,09		7,59±1,42	
Supklavijski Subclavian	20	3,03±3,15	p=0,0001	15,80±7,18	p=0,0003
Jugularni Jugular	16	2,38±1,09		7,59±1,42	
Femoralni Femoral	20	9±6,56	p=0	29,2±11,8	p=0,0007
Supklavijski Subclavian	20	3,03±3,15		15,8±7,18	
Femoralni Femoral	20	9±6,56	p=0,0001	29,2±11,8	p=0,0029

Tablica 3. Postotak sniženja ureje pri obrnutom spajanju krvnih linija i lumena CVK s obzirom na lokalizaciju katetera

Table 3. Percent of urea reduction by reversed connection of blood lines and lumina of CVC with regard to different location of CVC insertion

Lokalizacija Localisation	N	Postotak sniženja ureje Percent of urea reduction R1	Značajnost Significance p<0,05
Jugularni Jugular	16	64,30±5,23	
Supklavijski Subclavian	20	63,75±7,61	NS
Jugularni Jugular	16	64,30±5,32	
Femoralni Femoral	20	51,45±5,62	p=0
Supklavijski Subclavian	20	63,75±7,61	
Femoralni Femoral	20	51,45±5,62	p=0

n=16 i 3,03±3,15%; n=20; p=0,0001), između R1 jugularnih i R1 femoralnih katetera (2,38±1,09%; n=16 i 9±6,56%; n=20; p=0) te između R1 supklavijskih i R1 femoralnih katetera (2,38±1,09%; n=20 i 9±6,56%; n=20; p=0,0001). Statistički je bila značajna i razlika između R2 za jugularne i supklavijske katetere (7,59±1,42%; n=16 i 15,8±7,18%; n=20; p=0,0003), za jugularne i femoralne katetere (7,59±1,42%; n=16 i 29,2±11,8%; n=20; p=0,0007), kao i za supklavijske i femoralne katetere (15,8±7,18%; n=20 i 29,2±11,8%; n=20; p=0,0029) (tablica 2).

Mjerenjem PSU na pojedinim kateterima uz uvjete R2 utvrđena je statistički značajna razlika između femoralnih i supklavijskih katetera (51,45±5,62%; n=20 i 63,75±7,61%; n=20; p=0), kao i između femoralnih i jugularnih katetera (51,45±5,62%; n=20 i 64,3±5,23%; n=16; p=0). Nije bilo statistički značajne razlike u PSU između jugularnih i supklavijskih katetera (64,3±5,23; n=16 i 63,75±7,61%; n=20; p=0,8) (tablica 3).

Rasprava

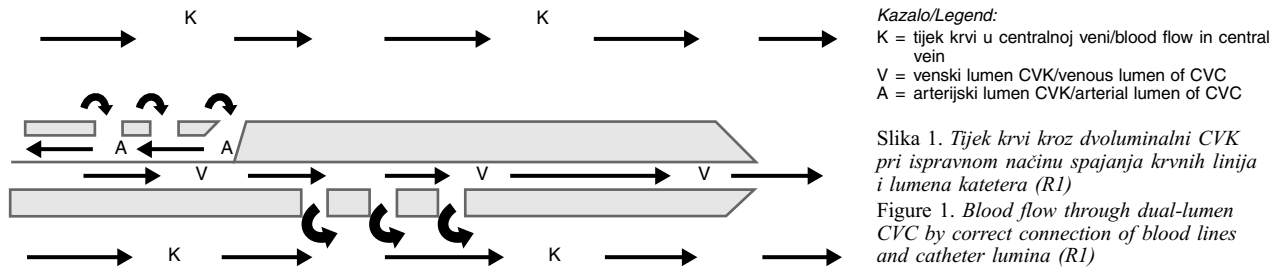
CVK rabe se za HD posljednjih 30-ak godina. Od tada pa do danas, unatoč suvremenim tehnologijama proizvodnje uz uvažavanje poznatih zakona fizike uspilo se u velikoj mjeri, ali ne i potpuno, izbjeći veliki problem recirkulacije krvi u CVK. Glavne indikacije za postavljanje dvoluminalnih CVK za HD su AZB i akutna otrovanja koja zahtijevaju liječenje nekim od oblika dijalize ili hemoperfuzije, a u bolesnika u

završnome stadiju KZB-a CVK se rabe kao privremeni krvožilni pristup dok se operativno ne napravi arteriovenska fistula. Liječenje HD-a s pomoću privremenog CVK počinje u oko 14% bolesnika u Europi i u oko 34% bolesnika u SAD-u.² Prevalencija bolesnika s KZB-om koji se dijaliziraju preko privremenog CVK zbog nepravodobnog formiranja trajnoga krvožilnog pristupa i zbog kasnog upućivanja bolesnika s KZB-om na dijalizu iznosi oko 4% u Europi i oko 15% u SAD-u.³

CVK se uvode kroz unutarnju jugularnu venu, venu supklavijsku ili femoralnu venu. Odluka o mjestu uvođenja CVK ovisi o relativnoj ili apsolutnoj kontraindikaciji za pojedinu krvnu žilu (mehanička ventilacija, pneumotoraks, emfizem pluća, infekcije kože na mogućem mjestu postavljanja katetera, teži poremećaj koagulacije, anomalije koštanog sustava, već postojeći kateter ili elektroda elektrostimulatora srca u jugularnoj veni, veni supklavijski ili femoralnoj veni), tjelesnoj građi bolesnika, posjedovanju određene vrste katetera, a vrlo često i o vještini liječnika da postavi kateter u određenu krvnu žilu.^{4,5}

S obzirom na relativno malen promjer lumena vena u koje se uvode, CVK moraju biti manjeg promjera od promjera vene kako se ne bi ometao protok krvi kroz venu (između 11–14 F), a lumeni katetera moraju biti dovoljno velikoga promjera da omoguće zadovoljavajući protok krvi kroz kateter tijekom dijalize (100–150 mL/min za kontinuirane metode i 200–400 mL/min za standardni HD), što zahtijeva izradu katetera sa stijenkama koje su tanke, čvrste, savitljive i otporne na lomljenje. Duljina CVK ovisi o tome kroz koju se venu uvodi u neku od centralnih vena. Savjetuju se sljedeće duljine CVK: 15 cm za desnu unutarnju jugularnu venu, 20 cm za lijevu unutarnju jugularnu venu i venu supklavijsku te 20 ili 24 cm za femoralnu venu.⁶ Kako bi se izbjegla recirkulacija krvi tijekom HD-a, distalni otvor venskog i proksimalni otvori arterijskog lumena CVK moraju biti na dovoljnoj međusobnoj udaljenosti (2–3 cm). Venski lumen CVK ima jedan otvor na vrhu katetera te nekoliko postraničnih otvora proksimalnije, a arterijski lumen ima samo nekoliko postraničnih otvora. Otvori arterijskog lumena mogu biti poredani pravocrtno, jedan iznad drugoga i/ili semicirkularno s ciljem da se izbjegnju smetnje utoka krvi u arterijski lumen CVK pri priljubljanju dijela katetera uz stijenku centralne vene. Do te pojave može doći zbog stvaranja negativnog tlaka u lumenu katetera pod utjecajem krvne crpke aparata za HD.⁷

U ispitivanju smo rabili dvoluminalne CVK. Oni koje smo postavljali u venu supklavijsku ili femoralnu venu bili su dugački 20 cm i imali su promjer 12 F (4 mm), a oni koje smo postavljali u unutarnju jugularnu venu bili su dugački 15 cm i imali su promjer 12 F (4 mm). Venski lumen završava na vrhu katetera



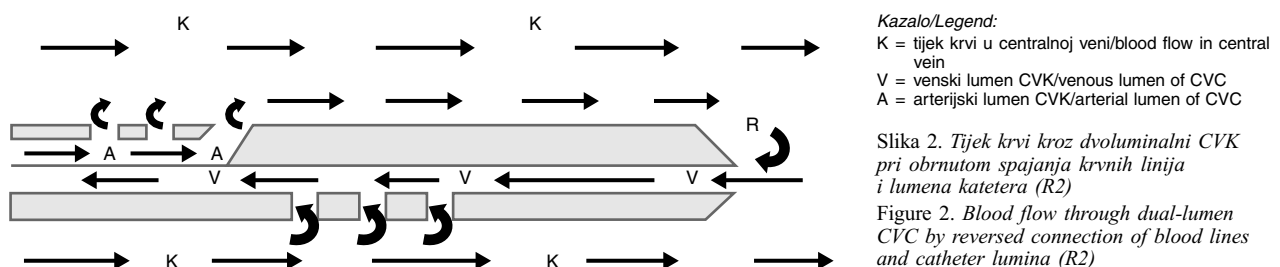
jednim otvorom promjera 1 mm te s tri postranična otvora promjera 1 mm poredana pravocrtno jedan iznad drugoga proksimalnije od vrha katetera. Arterijski lumen ima tri postranična otvora koji su poredani pravocrtno jedan iznad drugoga i svaki ima promjer 1 mm. Otvori arterijskoga lumena su međusobno udaljeni 0,5 mm, a distalni otvor arterijskoga lumena je od otvora venskoga lumena na vrhu katetera udaljen 4,5 cm.

Fiziološki smjer tijeka venske krvi je od periferije prema sru. U normalnim uvjetima arterijski dio krvne linije sustava izvantjelesne cirkulacije spaja se s arterijskim krakom CVK, a venski dio krvne linije sustava za izvantjelesnu cirkulaciju spaja se s venskim krakom CVK (R1). Pod tim uvjetima spajanja krv se iz cirkulacije bolesnika s pomoću krvne crpke aparata za dijalizu usisava u sustav izvantjelesne cirkulacije kroz postranične otvore arterijskoga lumena CVK i pročišćena vraća u cirkulaciju kroz otvor venskoga lumena na vrhu CVK koji se nalazi distalnije od mjesta usisavanja krvi (slika 1).

S obzirom na to da krv struji od periferiji prema sru, uz ovakve uvjete spajanja krakova CVK i krvnih linija, postoji samo minimalna mogućnost recirkulacije već pročišćene krvi, što je sukladno našim rezultatima i rezultatima drugih autora.⁸⁻¹¹ Najniži PRU utvrdili smo kod jugularnih katetera i kod supklavijskih (<5%), a najviši je bio kod femoralnih katetera (9%), što još zadovoljava jer se smatra da značajno sniženje učinkovitosti HD-a nastaje pri PRU >10%.¹² Statistički značajno niži PRU koji smo dobili za jugularne u odnosu na supklavijske katetere može se djelomično objasniti Poiseuillesovim zakonom prema kojem je otpor protoku krvi obrnuto proporcionalan duljini katetera, a proporcionalan je promjeru lumena katetera ($\text{laminarni tijek krvi} = K(P \times D^4)/(L \times V)$; gdje je P = tlak, D =promjer, L =duljina, V =viskoznost i K =konstanta proporcionalnosti).¹³ Jugularni kateteri koje smo rabili bili su za 5 cm kraći od supklavijskih, ali su imali jednak promjer kao i supklavijski kateteri te se može očekivati da protok krvi kroz kraći kateter jednake širine lumena bude bolji nego kroz duži kateter, a posljedično s tim javlja se i nešto niži postotak recirkulacije krvi. Znatno veći PRU pri R1 načinu spajanja krvnih linija s krakovima CVK koji smo utvrdili za femoralne katetere u odnosu na supklavijske i posebno jugularne katetere može se samo dijelom objasniti duljinom femoralnoga katetera. Iako se s duljinom katetera povećava otpor strujanju krvi u njemu, femoralni kateter treba biti duljine 20–24 cm.⁶ Kraći kateter ne doseže donju šuplju venu, a protok krvi u femoralnoj ili ilijačnoj veni često je sporiji nego što je brzina krvne crpke, što

dovodi do kolabiranja stijenke vene uz probleme s protokom krvi i recirkulacijom. Budući da bolesnik tijekom HD-a miruje, kroz velike mišice donjih ekstremiteta smanjen je protok krvi. Posljedično tomu smanjen je protok krvi kroz femoralne ili ilijačne vene, a krv se uglavnom preusmjerava prema vitalnim organima. Brzina strujanja krvi u donjoj šupljoj veni koja ima promjer oko 1,5 cm niska je i prema mjerenjima pulsним doplerom iznosi 0,1–0,2 m/s. Budući da je brzina protoka krvi kroz femoralni kateter zbog djelovanja negativnoga tlaka koji stvara krvna crpka aparata za HD katkad veća od brzine protoka krvi kroz donju šuplju venu, stvaraju se uvjeti za recirkulaciju krvi.¹⁴ Kao važan potencijalni čimbenik visokog postotka recirkulacije krvi pri uporabi femoralnog katetera za HD koji se obično postavlja bolesnicima vezanim uz postelju u jedinicama intenzivne skrbi, a što je bio slučaj s većinom naših bolesnika, navodi se uporaba vazoaaktivnih lijekova (vazokonstriktora) koji značajno smanjuju protok krvi kroz periferne organe, pa tako i kroz ilijačne vene i donju šuplju venu.¹⁵ Nasuprot femoralnim kateterima, vrh pravilno postavljenih jugularnih i supklavijskih CVK trebao bi se nalaziti u lumenu gornje šuplje vene neposredno pred ulazom u desnu pretkljetku.^{14,16} Promjer gornje šuplje vene u tom dijelu je oko 1 cm, a pulsним doplerom registrirane brzine strujanja venske krvi ovdje iznose 0,5–0,6 m/s.¹⁷ Uz veće protoke krvi u gornjoj šupljoj veni na utoku u desnu pretkljetku, manji je postotak recirkulacije krvi, što smo i dokazali u svom istraživanju, a slične su rezultate dobili i drugi autori.¹⁸ Ostali čimbenici koji se navode kao mogući uzrok recirkulacije pri uporabi jugularnih i supklavijskih CVK za HD su: vrtložno gibanje krvi uzrokovano samim kateterom kroz koji pod utjecajem krvne crpke krv struji brže nego u centralnoj veni, djelomično začepljenje izlaznog otvora katetera krvnim ugruškom ili fibrinskim naslagama, obrnuto tijek venske krvi u gornju šuplju venu tijekom sistole pretkljetke i pri trikuspidnoj regurgitaciji koja se često javlja kod volumno opterećenih bolesnika te pri mehaničkoj ventilaciji s PEEP-om.^{16,18,19}

Često se događa da zbog lošeg položaja katetera (presavijen pod kožom ili u krvnoj žili, pritisnut ključnom kosti ili rebrom, priliegao uz stijenku krvne žile) ili začepljenja arterijskoga lumena krvnim ugruškom ili fibrinskim naslagama, pri pokušaju aspiracije iz arterijskoga lumena CVK ne dobijemo povrat krvi ili je on nedostatan za normalno provođenje HD-a. U takvim se slučajevima često pribjegava obrnutom načinu spajanja krvnih linija s krakovima katetera, tj. venski lumen katetera rabi se kao arterijski i obrnuto (R2). Prema nekim



istraživanjima to se čini čak u 27–57% postupaka HD-om.¹⁹ Pri takvom nepravilnom načinu spajanja krvnih linija i krakova katetera krv se iz cirkulacije bolesnika usisava preko otvora venskoga lumena na vrhu katetera i postraničnih otvora, a pročišćena se krv vraća preko postraničnih otvora arterijskoga lumena katetera koji su proksimalnije od otvora venskoga lumena. Pročišćena krv miješa se s krvlju iz cirkulacije, dolazi do vrha katetera i ponovno se jednim dijelom usisava u venski krak te na taj način dolazi do recirkulacije dijela istoga volumena krvi kroz sustav izvantjelesne cirkulacije, što ima za posljedicu smanjenu učinkovitost dijalize (slika 2).

Pri ovakvom načinu spajanja krvnih linija i krakova CVK visoki postotak recirkulacije krvi je neizbježan i povećava se za 7–14% u odnosu na R1 način spajanja bez obzira na to u koju je centralnu venu postavljen kateter.^{19–21} U našem istraživanju PRU je samo za jugularne katetere bio <10%, dok je za supklavijske bio >15%, a za femoralne je bio >29%, što se podudara s rezultatima drugih autora.^{8,21} Budući da u praksi često pribjegavamo R2 načinu spajanja krvnih linija i krakova katetera zbog navedenih problema s protokom krvi kroz CVK, izračunali smo u tim uvjetima dijalize PSU kao pokazatelj učinkovitosti HD-a. Sukladno preporukama prema kojima se HD smatra dovoljno učinkovitim ako je PSU $\geq 65\%$, utvrdili smo da su izvođenjem HD-a uz R2 način spajanja krvnih linija i krakova CVK ti uvjeti samo relativno zadovoljeni pri HD-u preko jugularnih i supklavijskih katetera, tj. da je njihovom uporabom, čak i u ovim uvjetima obrnutog spajanja krvnih linija i krakova katetera moguće postići približno zadovoljavajuću učinkovitost HD-a, a da je HD mnogo slabije učinkovit kada se provodi u ovim uvjetima preko femoralnog katetera, što se također podudara s rezultatima drugih autora.^{8,21,22} Mjerenjem PSU nije bilo statistički značajne razlike između jugularnih i supklavijskih katetera iako je jugularni kateter kraći od supklavijskoga uz jednaku širinu lumena, što govori u prilog tomu da je podjednaki PSU ovdje ponajprije ovisan o mjestu položaja vrha obaju katetera koji se nalaze u gornjoj šupljoj veni na ulazu u desnu pretkljetku, te u relativno velikoj brzini protoka venske krvi na prijelazu gornje šuplje vene u desnu pretkljetku, što umanjuje negativan učinak recirkulacije na učinkovitost HD-a.

Može se zaključiti da je problem pojave recirkulacije krvi pri uporabi CVK za HD neizbježan. S obzirom na čestu potrebu provođenja HD-a uz uporabu arterijskoga lumena katetera kao venskog i obrnuto, relativno zadovoljavajuća učinkovitost HD-a može se postići samo uporabom jugularnih i supklavijskih katetera. Zbog visokog PRU treba, kada god je to moguće, izbjegavati uporabu femoralnih CVK za HD bez obzira na način spajanja krvnih linija i krakova katetera. Posebno ih treba izbjegavati kada HD rabimo kao metodu liječenja akutnih otrovanja pri čemu recirkulacija krvi na CVK može biti pogubna za bolesnika. Kako bi se postigla željena doza dijalize u bolesnika dijaliziranih preko CVK u uvjetima kada se arterijski

lumen rabi kao venski i obrnuto, potrebno je produžiti trajanje postupka dijalize i/ili povećati njezinu učestalost, bilo da se radi o akutnom ili kroničnom HD-u.

LITERATURA

1. Jindal KK, Manule A, Goldstein MB. Percent reduction in blood urea concentration during hemodialysis (PRU). A simple and accurate method to estimate Kt/V urea. *ASAIO Trans* 1987;33:286–8.
2. Dykstra DM, Young EW, Goodkin DKWJD, Held PJ. Permanent vascular access (VA) Procedures and outcomes. *J Am Soc Nephrol* 2000;10:206A.
3. Arora P, Obrador GT, Ruthazer R, Kausz AT, Meyer KB, Jenuleson CS, Pereira BJ. Prevalence, predictors, and consequences of late nephrology referral at a tertiary care center. *J Am Soc Nephrol* 1999;10:1281–6.
4. Cimochowski GE, Worley E, Rutherford WE, Sartain J, Blondin J, Harter H. Superiority of the internal jugular over the subclavian access for temporary dialysis. *Nephron* 1990;54:154–61.
5. Raja RM, Fernandes M, Kramer MS, Barber K, Rosenbaum JL. Comparison of subclavian vein with femoral vein catheterisation for hemodialysis. *Am J Kidney Dis* 1983;2:474–6.
6. Oliver MJ. Acute dialysis catheters. *Semin Dial* 2001;14:432–5.
7. Ash SR. The evaluation and function of central venous catheters for dialysis. *Semin Dial* 2001;14:416–24.
8. Sombolos K, Natse T, Zoumbaridis N, Mavromatidis K, Karagianni A, Filiti C. Efficacy of dual lumen jugular venous catheter hemodialysis when venous lumen is used as arterial lumen. *Nephron* 1993;65:147–9.
9. Blake PG, Huraib S, Wu G, Uldall PR. The use of dual lumen jugular venous catheters as definitive long term access for haemodialysis. *Int J Artif Organs* 1990;13:26–31.
10. Crespo R, Rivero MF, Contreras MD, Martinez A, Labrador A, Jurado MJ, Casas R. Blood recirculation in malfunctioning catheters for haemodialysis. *EDTNA ERCA J* 1999;25:38–9.
11. Dionisio P, Valenti M, Bergia R, Caramello E, Berto MI, Craverro R, Agostini B, Vallero A, Bajardi P. Evaluation of urea recirculation and dialysis efficiency of central venous jugular catheters when the venous lumen is used as an arterial lumen. *Minerva Urol Nefrol* 1999;51:61–5.
12. NKF-DOQI: Clinical practice guidelines for vascular access. Recirculation methodology, limits, evaluation, and follow-up. *AJKD* 1997;30:165–6.
13. Butterly DW, Schwab SJ. Catheter access for hemodialysis: an overview. *Semin Dial* 2001;14:411–5.
14. McGee WT, Ackerman BL, Rouben LR, Prasad VM, Bandi V, Mallory DL. Accurate placement of central venous catheters: a prospective, randomized, multicenter trial. *Crit Care Med* 1993;21:1118–23.
15. Depner TA. Catheter performance. *Semin Dial* 2001;14:425–31.
16. Little MA, Conlon PJ, Walshe JJ. Access recirculation in temporary hemodialysis catheters as measured by saline dilution technique. *Am J Kidney Dis* 2000;36:1135–9.
17. Appleton CP, Hatle LK, Popp RL. Superior vena cava and hepatic vein Doppler echocardiography in healthy adults. *J Am Coll Cardiol* 1987;10:1032–9.
18. Sherman RA, Kapoian T. Recirculation, urea disequilibrium, and dialysis access. *Am J Kidney Dis* 1997;29:479–89.
19. Towardowski ZJ, Van Stone JC, Jones ME, Klusmeyer ME, Haynie JD. Blood recirculation in intravenous catheters for hemodialysis. *J Am Soc Nephrol* 1993;3:1978–81.
20. Towardowski ZJ, Van Stone JC, Haynie JD. All currently used measurements of recirculation in blood access by chemical methods are flawed due to intradialytic disequilibrium or recirculation at low flow. *Am J Kidney Dis* 1998;32:1046–58.
21. Leblanc M, Fedak S, Mokris G, Paganini EP. Blood recirculation in temporary central catheters for acute hemodialysis. *Clin Nephrol* 1996;45:315–9.
22. NKF-DOQI: Clinical practice guideline for hemodialysis adequacy. *Am J Kidney Dis* 1997;30:15–66.