

# Il fenomeno del ricircolo in corso di emodialisi (Hemodialysis Vascular Access Recirculation)

S. Alloatti<sup>1</sup>, A. Magnasco<sup>2</sup>, M. Manes<sup>1</sup>, G. Bonfant<sup>1</sup>

<sup>1</sup> U.O. di Nefrologia e Dialisi, Ospedale di Aosta

<sup>2</sup> U.O. di Nefrologia e Dialisi, Ospedale di La Spezia

## Hemodialysis access recirculation

*Vascular access recirculation (R) allows the evaluation of the adequacy of the extracorporeal blood circuit in dialysis patients. The test verifies the correct needle position in patients with arteriovenous fistulae (AVF) and the effective function of central venous catheters. In clinically uncomplicated native fistulae, a normal R test could avoid more complex procedures like blood flow measure or angiography. The AVF recirculation has two components, vascular access recirculation (AR) and cardiopulmonary recirculation (CPR). While the first phenomenon is well known, the second remained undetected for many years resulting in wrong R calculations with false positives. Using the correct formula, the great majority of AVF resulted in zero recirculation. The presence of R reduces the dialysis efficiency to critical levels, mainly in unsuspected cases. Among the numerous available R tests, the urea test is the oldest and historically the most commonly used method, but unfortunately it is labor intensive, with low sensitivity and specificity and with delayed results. The "ultrasound dilution" method is considered the gold standard, easy to perform, with good repeatability, but it is expensive requiring a specific device. Finally, the glucose infusion test (GIT) is a new low-cost test with immediate results and a very low detection limit, with good repeatability and high specificity and sensitivity. (G Ital Nefrol 2004; 21: 438-45)*

**KEY WORDS:** Dialysis, Hemodialysis, Recirculation, Blood flow, Dialysis adequacy

**PAROLE CHIAVE:** Dialisi, Emodialisi, Ricircolo, Flusso ematico, Adeguatezza dialitica

## Commento dell'Editore

*La valutazione dell'efficienza dell'accesso vascolare in dialisi è uno dei problemi più pressanti per il nefrologo clinico. È quindi fondamentale avere a disposizione un test di facile esecuzione e al tempo stesso affidabile e ragionevolmente preciso. Il GIT (GLUCOSE INFUSION TEST) sembra rispondere a queste caratteristiche*

## Introduzione

L'argomento del ricircolo ematico in corso di dialisi extracorporea (R) è stato ampiamente dibattuto negli anni 90 in coincidenza con la scoperta del fenomeno del ricircolo cardiopolmonare, sino ad allora misconosciuto nei suoi

effetti dialitici. Successivamente l'argomento ha perso parte del suo interesse perché la determinazione del flusso dell'accesso vascolare, divenuta nel frattempo facilmente accessibile in molti centri, si è imposta come la principale metodica di sorveglianza della funzionalità delle FAV e delle protesi.

La misura di R mantiene tuttavia una sua validità per le motivazioni indicate nella Tabella I.

In emodialisi si verifica R quando una parte del sangue proveniente dal dializzatore, anziché ritornare nella circolazione sistemica, ritorna nel dializzatore.

La percentuale di R è data da:

$$\text{Eq. 1 } R = \frac{Q_R}{Q_b} \times 100$$

**TABELLA I - UTILITÀ DELLA MISURA DEL RICIRCOLO**

- Permette di valutare l'adeguatezza ai fini depurativi della circolazione extracorporea.
- L'assenza di R in un accesso significa che il suo flusso è per lo meno superiore al flusso della pompa sangue. Eccezione: in presenza di una stenosi emodinamicamente significativa tra i due aghi, il flusso dell'accesso fuori dialisi può essere inferiore al flusso della pompa sangue durante dialisi. Tale situazione non riconosciuta dalla misura di R, è a rischio di trombosi.
- Permette di valutare il corretto (e non invertito) posizionamento degli aghi, specie nel caso di fistole native con numerose collaterali dal flusso incerto.
- L'assenza di R in una FAV nativa senza problemi all'ispezione può evitare esami più complessi (misura del flusso dell'accesso, flebografia).
- Nei cateteri venosi centrali è possibile misurare solo R e non il flusso dell'accesso; la misura di R è un indice della loro funzionalità: R risulta molto superiore nei cateteri femorali (specie se corti) rispetto ai cateteri in giugulare.
- In alcune FAV la misura di R è utile perché la misura del flusso dell'accesso è talora tecnicamente difficile, se non impossibile.

ove:  $Q_R$  = flusso di sangue che ritorna al dializzatore senza essere transitato nella circolazione sistemica  
 $Q_b$  = flusso della pompa ematica.

Se R è il ricircolo "generalmente detto", esso può essere differenziato in:

- 1) ricircolo dell'accesso vascolare ( $R_A$ ),
- 2) ricircolo cardiopolmonare ( $R_{CP}$ ).

Il  $R_A$  è ben conosciuto: in particolari situazioni anatomiche e/o emodinamiche, è possibile che una parte del flusso ematico che transita nell'ago venoso (Fig. 1), anziché dirigersi verso il cuore venga aspirato dall'ago arterioso e "ricircoli" nel dializzatore. Frequentemente il fenomeno è subdolo e non rilevabile clinicamente né dall'apparecchiatura di dialisi. La comparsa di  $R_A$  può apparentemente migliorare la funzionalità dell'accesso con una riduzione delle pressioni di aspirazione (pressione arteriosa) e del gocciolatore (pressione venosa). Come evidenziato da Tattersall (1)  $R_A$  può essere maggiore ad elevati flussi della pompa sangue.

Il  $R_{CP}$  è meno noto del precedente (Fig. 2): in assenza di depurazione extracorporea in atto, l'urea è uniformemente distribuita nei vari settori dell'organismo. In particolare, la concentrazione di urea nel sangue arterioso è sostanzialmente simile alla concentrazione di urea nel sangue venoso. A dialisi avviata in presenza di fistola artero-venosa, il sangue refluo dal dializzatore (a minore concentrazione di urea per effetto della rimozione dialitica)

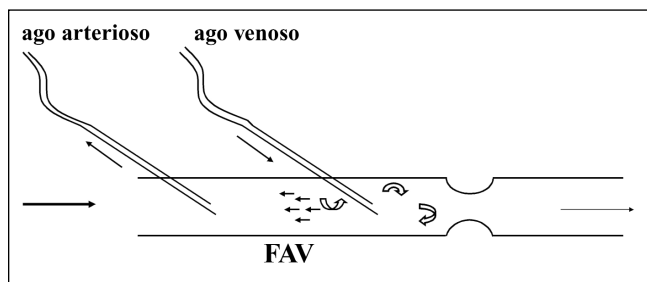


Fig. 1 - Il fenomeno del ricircolo dell'accesso ( $R_A$ ).

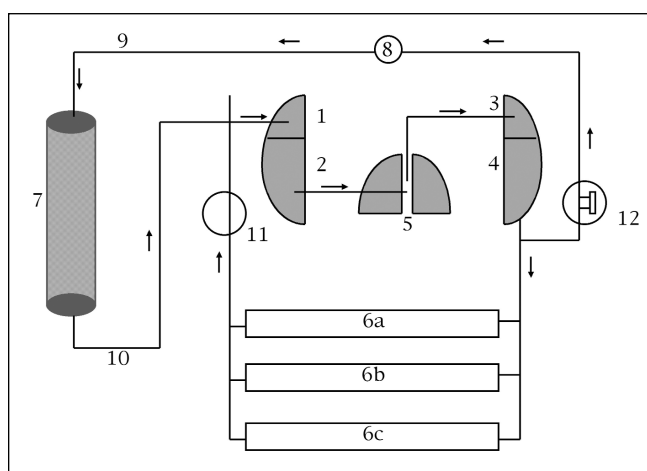


Fig. 2 - Conseguenze del ricircolo cardiopolmonare in paziente con FAV: vedi testo.

Legenda: 1 atrio dx, 2 ventricolo dx, 3 atrio sx, 4 ventricolo sx, 5 polmoni, 6a,b,c compartimenti corporei, 7 dializzatore, 8 pompa sangue, 9 linea arteriosa, 10 linea venosa, 11 vena periferica, 12 port arterioso.

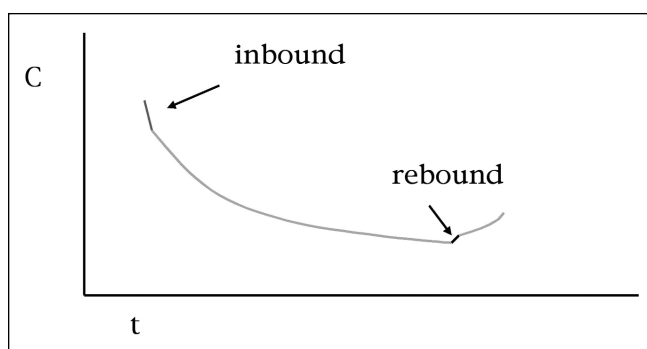


Fig. 3 - Fenomeni dell'inbound e del rebound indotti dall'innescio e dall'esaurimento del ricircolo cardiopolmonare.

giunge nell'atrio destro dove si mescola con il sangue (a maggiore concentrazione di urea) proveniente dagli altri settori dell'organismo. Si stabilisce pertanto un gradiente di urea tra il sangue venoso periferico (ad esempio di una vena del braccio controlaterale) ed il sangue dell'atrio destro. Dal cuore destro il sangue procede ai polmoni e

quindi al cuore sinistro da dove viene sospinto nella circolazione arteriosa e quindi anche alla fistola artero-venosa. Pertanto, pochi minuti dopo l'avvio della dialisi (sono sufficienti in genere due minuti), la concentrazione di urea che arriva al dializzatore subisce un rapido decremento (fenomeno dell'*inbound*, Fig. 3). Al termine della dialisi si manifesta il fenomeno opposto: arrestata la pompa sangue, la concentrazione di urea nell'atrio destro rapidamente aumenta perché cessa il flusso di sangue refluo dal dializzatore a minore concentrazione di urea e sangue a maggiore concentrazione di urea transita rapidamente verso il circolo cardiopolmonare e quindi alla circolazione arteriosa. Per tale motivo un prelievo effettuato così presto come 2 minuti dopo l'arresto della pompa sangue registrerà un brusco rialzo dell'urea, prima componente del *rebound* postdialitico (Fig. 3).

È interessante osservare come una dialisi effettuata con un accesso venoso centrale, anziché con una fistola artero-venosa periferica, non sia soggetta al fenomeno del  $R_{CP}$ : la linea arteriosa del dializzatore aspira sangue da un catetere localizzato a monte del catetere venoso (in genere il catetere arterioso aspira sangue dalla vena cava superiore, il catetere venoso immette sangue nell'atrio destro), per cui la rimozione di urea da parte del dializzatore non influenza la concentrazione di urea che giunge al dializzatore. Malgrado questo è possibile che ci sia talora una modesta differenza tra concentrazione di urea nel sangue venoso periferico e concentrazione di urea nella vena cava superiore (e quindi nella linea arteriosa del dializzatore). Questo per la teoria del disequilibrio dei compartimenti corporei che può comportare un'irregolare liberazione in circolo dei metaboliti da parte dei tessuti (vedi nota 1), particolarmente nei pazienti acuti (2).

## Per molti anni le misure del $R_A$ sono risultate errate

Anche se il fenomeno del ricircolo cardiopolmonare è ben conosciuto in fisiologia, le sue conseguenze in emodialisi sono rimaste misconosciute per un trentennio.

Nel 1976 Gotch propose la seguente formula per quantificare il ricircolo (3):

$$\text{Eq 2} \quad R = \frac{S_{VP} - A}{S_{VP} - V} \times 100$$

ove:

$S_{VP}$  = prelievo sistemico da vena periferica

$A$  = prelievo arterioso a pompa sangue in funzione

$V$  = prelievo venoso

Ogni sostanza può rappresentare un marker per misurare  $R$ . L'urea è la sostanza più utilizzata, perché endogena, non richiede infusioni ed è relativamente facile da misurare. La formula proposta da Gotch, tuttavia, non teneva conto degli effetti del  $R_{CP}$  nel provocare un gradiente artero-venoso in corso di dialisi, per cui essendo  $S_{VP}$  costantemente superiore ad  $A$ , il numeratore dell'equazione risulta superiore a zero e quindi il calcolo pro-

<sup>1</sup> Ormai è noto che i vari distretti dell'organismo (osseo, muscolare, splancnico, ecc.) hanno una differente velocità di circolazione del sangue e che in particolari situazioni come l'ipotensione in corso di dialisi ci possa essere una severa vasocostrizione funzionale in alcuni distretti al fine di preservare la circolazione cerebrale. Si realizza in tal modo una sorta di "amputazione funzionale" di alcuni distretti con accumulo di metaboliti che ritornano in circolo non appena cessa la vasocostrizione.

**TABELLA II - PRESENZA DI RICIRCOLO DELL'ACCESSO ( $R_A$ ) IN CASISTICHE DI FAV**

Autore	Casi studiati	Metodo	% di positività
Depner 1995 (16)	28	Urea test + Transonic	10.7
George 1995 (21)	26	Urea test + Transonic	3.8
Besarab 1997 (22)	162	Transonic	3.7
Alloatti 1999 (6)	69	Urea test + Transonic	8.7
Alloatti 2000 (19)	573	GIT	7.0
Tonelli 2001 (23)	2710	Transonic	0.22 (>5%)

duce un valore costantemente positivo. In effetti la grande maggioranza delle determinazioni di R in corso di FAV nella passata letteratura ha falsamente indicato la presenza di R. L'anomalia fu scoperta da Depner (4) che constatò l'esistenza di un gradiente artero-venoso in corso di dialisi.

La formula corretta per il calcolo di  $R_A$  è:

$$\text{Eq 3} \quad R_A = \frac{S_A - A}{S_A - V} \times 100$$

ove:

$S_A$  = prelievo sistemico dalla linea arteriosa esente da  $R_A$ .

Utilizzando la nuova formula si è potuto osservare che nella grande maggioranza delle FAV il ricircolo è zero. La Tabella II riporta la percentuale di positività di  $R_A$  in alcune casistiche.

## Misura di $R_A$ : metodi per ottenere un prelievo arterioso $S_A$ esente da $R_A$

Una procedura corretta deve raggiungere tre finalità non semplici da conciliare tra loro:

- Ottenere un prelievo dalla linea arteriosa esente da  $R_A$ ,
- Non lasciare estinguere il fenomeno del  $R_{CP}$  per poter analizzare il solo  $R_A$ , tenendo conto che con un arresto o una riduzione del flusso proveniente dal dializzatore il  $R_{CP}$  comincia ad estinguersi già dopo pochi secondi, in media 10" – 15", in rari casi in un tempo ancora inferiore (vedi nota 2),
- Eseguire il prelievo solo dopo un efficace wash-out dello spazio morto della linea ematica dall'ago arterioso fino al punto di prelievo.

Il metodo più sicuro per ottenere un corretto prelievo arterioso è quello dello "stop flow". Nardi (5) ci risulta il primo ad aver usato un metodo di questo tipo già nel 1988 con la finalità, tuttavia, di evitare al paziente la puntura della vena periferica, passando quindi dalla tradizionale tecnica "three-needle" a quella "two-needle". Una rigorosa procedura di stop flow (6) prevede l'impiego di un set ad y tra l'ago arterioso e la linea arteriosa, l'arresto della pompa sangue, il clampaggio della linea sotto il gocciolatore venoso (al fine di interrompere completamente il flusso extracorporeo), il prelievo di wash-out di 20 mL dal set ad y

seguito dal prelievo  $S_A$ . Si tratta di una procedura difficile da eseguire perché deve durare pochi secondi per le ragioni sopra riportate, ma è la più rigorosa.

Più semplice è la metodica dello "slow-stop flow" secondo Kapoian (7) che consiste nel rallentare la pompa sangue a 120 mL/min per 10", arrestarla ed eseguire il prelievo  $S_A$ . Il razionale su cui si basa questo metodo è che con un  $Q_b$  così basso (120 mL/min) si dovrebbe annullare qualsiasi  $R_A$  e al tempo stesso consentire un rapido e completo washout della linea. Tuttavia, in presenza di un'inversione accidentale degli aghi questa tecnica non esclude del tutto una componente di ricircolo nel prelievo  $S_A$  perché l'ago arterioso, a valle del venoso, ne aspira una parte del flusso.

La metodica più seguita per la sua praticità è comunque quella dello "slow flow": Twardowski (8) propone di ridurre la pompa sangue a 80 mL/min per 15" (aspirando perciò 20 mL di sangue) e quindi prelevare  $S_A$ . Anche questa tecnica, come la precedente, non è adatta in caso di inversione degli aghi o cateteri. Ad esempio in pazienti con cateteri di Tesio invertiti per malfunzionamento della cannula arteriosa, la misura di  $R_A$  non risulta corretta con questo metodo.

Per facilitare il wash-out del tratto ago arterioso - port arterioso è opportuno che le ditte produttrici collochino il port il più possibile all'inizio della linea arteriosa.

## Test di verifica

**1) Alla seconda ora di una dialisi di 4 ore, in un paziente con FAV, eseguo un prelievo dal punto perforabile della linea arteriosa (A) e contemporaneamente, da una vena periferica (B). Su A e B determino l'urea.**

L'urea :

- a. È uguale in A e B
- b. È superiore in A
- c. È superiore in B
- d. Può essere superiore in A
- e. Può essere superiore in B.

**2) Situazione come al punto precedente, ma in un paziente con cateteri di Tesio ben funzionanti e adeguatamente distanziati.**

L'urea:

- a. È uguale in A e B
- b. È superiore in A
- c. È superiore in B
- d. Può essere superiore in A
- e. Può essere superiore in B.

**3) Il ricircolo correttamente eseguito in un paziente portatore di FAV ben funzionante è:**

- a. Normalmente assente
- b. Quasi sempre presente, ma in una minima percentuale, inferiore al 5%

<sup>2</sup> Se il prelievo viene effettuato senza la necessaria tempestività, il fenomeno del  $R_{CP}$  si esaurisce poiché la pompa sangue è stata fermata. È come se ci trovassimo a fine dialisi quando si manifesta il rapido rebound postdialitico da esaurimento del  $R_{CP}$ . Il conseguente aumento dell'urea fornisce una falsa positività di  $R_A$  applicando l'equazione 3.

- c. Sempre presente, ma in una percentuale che varia tra il 5% ed il 10%
- d. Sempre assente
- e. Estremamente variabile e non prevedibile.

La risposta corretta alle domande sarà disponibile sul sito internet [www.sin-italy.org/gin](http://www.sin-italy.org/gin) e sul prossimo numero del Giornale cartaceo

## Effetti negativi del ricircolo

La presenza di un ricircolo, dell'accesso, sia cardio-polmonare o di entrambi, riduce l'efficienza della dialisi.

Questo perché:

$$\text{Eq 4} \quad E = K * C$$

- ove: E = estrazione di una sostanza
- K = clearance
- C = concentrazione di una sostanza

L'equazione 4 è fondamentale in nefrologia (vedi nota 3) ed in dialisi. Poiché l'estrazione (di urea ad esempio) è data dal prodotto della clearance del dializzatore per la concentrazione di urea che giunge al dializzatore, l'estrazione si riduce se per effetto di R al dializzatore giunge un sangue con una concentrazione di urea inferiore a quella sistemica. La quantificazione del fenomeno è stata studiata da Daugirdas (9) il quale ha individuato un fattore di correzione che moltiplicato per la clearance del dializzatore o per l'indice Kt/V permette di ricavare rispettivamente la K effettiva ed il Kt/V effettivo.

Questo fattore di correzione è:

$$\text{Eq 5} \quad f R_{A,CP} = \frac{A}{S_{A,CP}}$$

- ove:  $f R_{A,CP}$  = fattore di correzione per  $R_A$  e  $R_{CP}$
- A = prelievo arterioso (*inlet*) a pompa sangue in funzione
- $S_{A,CP}$  = prelievo arterioso sistemico esente da  $R_A$  oppure da  $R_{CP}$

È possibile calcolare separatamente il  $f R_A$  ed il  $f R_{CP}$  ponendo a denominatore nel primo caso una concentrazione sistemica ottenuta senza variare il fenomeno del  $R_{CP}$  e nel secondo caso una concentrazione sistemica in un paziente con assenza di  $R_A$  ed eseguendo il prelievo 2 minuti dopo l'arresto della pompa sangue per consentire

l'esaurimento del  $R_{CP}$ . Nel caso di un paziente che presenti i due ricircoli, un prelievo sistemico eseguito 2 minuti dopo l'arresto della pompa sangue ricaverà un fattore di correzione cumulativo per i due ricircoli.

Daugirdas, inoltre, ha ricavato formule per calcolare i due fattori di correzione essendo noti altri parametri.

$$\text{Eq 6} \quad f R_A = (100 - R_A) / (100 - R_A * \text{urea outlet} / \text{urea inlet})$$

$$\text{Eq 7} \quad f R_{CP} = 1 / (1 + (K/CO - Qa))$$

- ove:  $f R_{A,CP}$  = fattore di correzione per  $R_A$  o  $R_{CP}$ .
- K = clearance del dializzatore
- CO = output cardiaco
- Qa = flusso dell'accesso vascolare.

Mentre  $f R_A$  è molto variabile a seconda dell'entità del ricircolo,  $f R_{CP}$  è abitualmente compreso tra 0.92 e 0.96. Com'è possibile osservare dall'Eq 7)  $f R_{CP}$  può diventare importante nei casi in cui ci sia una combinazione di elevata clearance del dializzatore, basso output cardiaco, elevata portata dell'accesso. Tale fattore può quindi aumentare in corso di dialisi in concomitanza di una riduzione della pressione arteriosa e quindi dell'output cardiaco.

## Test di verifica

### 4) La riduzione di efficienza dialitica dovuta al fenomeno del ricircolo dell'accesso è:

- a. Sempre modesta, clinicamente senza importanza
- b. Può essere importante, clinicamente rilevante
- c. Può essere importante, clinicamente rilevante, ma la presenza del ricircolo è facilmente riconoscibile
- d. Non c'è riduzione di efficienza perché il sangue che ricircola contiene comunque ancora sostanze tossiche
- e. Nessuna delle precedenti risposte.

### 5) Il ricircolo cardio-polmonare:

- a. È sempre stabile nel corso della dialisi
- b. Tende ad aumentare nel corso della dialisi con l'aumentare dell'output cardiaco
- c. Tende a ridursi nel corso della dialisi con l'aumentare dell'output cardiaco
- d. Tende ad aumentare nel corso della dialisi con il ridursi dell'output cardiaco
- e. Tende a ridursi nel corso della dialisi con il ridursi dell'output cardiaco.

La risposta corretta alle domande sarà disponibile sul sito internet [www.sin-italy.org/gin](http://www.sin-italy.org/gin) e sul prossimo numero del Giornale cartaceo

<sup>3</sup> In caso di insufficienza renale e quindi in presenza di una riduzione della clearance renale, un aumento dei livelli ematici dei metaboliti consente di raggiungere un'estrazione pari alla loro produzione.

## Influenza di $R_A$ sul calcolo della dose dialitica

È fondamentale che il prelievo a fine dialisi per la cinetica dell'urea venga sempre eseguito con una tecnica anti ricircolo. Con un prelievo erroneo perché a pompa sangue in funzione, se è presente un evidente  $R_A$ , la misura della dose dialitica risulterebbe gravemente errata. Vedi in nota 4 un esempio pratico che chiarisce l'importanza del problema.

## I principali metodi di determinazione di R

Il test della digitopressione (1), quando eseguibile per la situazione anatomica, è il più semplice ed intuitivo e consiste nell'occludere manualmente l'accesso vascolare tra i due aghi. La presenza di R viene svelata da un'immediata variazione delle pressioni nelle linee arteriose e venose dal dializzatore e nei casi più evidenti da un arresto della pompa sangue per l'impossibilità di fornire quel dato Qb per insufficiente apporto della FAV.

Un metodo indiretto di valutazione di R è rappresentato dalla dialisance ionica (10) perché una marcata variazione della dialisance in assenza di altre cause può far sospettare la presenza di questa anomalia.

Essenzialmente tutte le altre tecniche di misura di R sono basate sul principio della diluizione di un indicatore, presente nel flusso di ritorno (linea venosa) dal dializzatore al paziente, che viene ricercato nel flusso di arrivo al dializzatore stesso (linea arteriosa). La presenza dell'indicatore indica presenza di ricircolo, la sua diluizione è correlata all'entità del ricircolo. Le tecniche diluizionali si suddividono in infusionali continue ed infusionali a bolo.

<sup>4</sup> Un paziente è affetto da un grave ricircolo. L'urea predialitica è 105 mg/dL, l'urea post a pompa sangue in funzione è 30 mg/dL, l'urea post eseguita con tecnica anti ricircolo è 50 mg/dL. L'utilizzo di una formula rapida di calcolo del  $Kt/V$  indicherà nel primo caso un valore nella norma di 1.45, nel secondo un valore francamente patologico, 0.86. Pur in presenza di un errore di prelievo a fine dialisi, l'impiego della cinetica classica permetterebbe di sospettare la grave anomalia, perché impostando la clearance del dializzatore nel programma di cinetica si otterrebbe un volume dell'acqua corporea  $V$  francamente basso, impensabile per quel determinato paziente. Poiché le formule semplificate di cinetica dell'urea (che non ricavano  $V$ ) sono sempre più diffuse, la correttezza del prelievo a fine dialisi è di cruciale importanza.

<sup>5</sup> Esaminando l'equazione 3 si può notare come il numeratore indichi se esiste R o meno, mentre il denominatore concorre, con il numeratore, a definire l'entità dell'eventuale R. In un nostro caso preso come esempio i valori di  $S_A$ ,  $A$ ,  $V$  sono risultati rispettivamente: 100, 98, 33 mg/dL. Il test è risultato positivo del 3%, ma, a causa di una così modesta differenza tra i due termini del numeratore,  $R_A$  può non essere reale e derivare semplicemente dall'imprecisione della tecnica di determinazione del laboratorio.

## Tecniche infusionali continue

Il test dell'urea (o della creatinina, utilizzando come marker questa sostanza) è quello storicamente più utilizzato e si avvale dell'equazione 3. I limiti del metodo sono l'indaginosità di esecuzione, la non immediatezza dei risultati e, soprattutto, la bassa sensibilità e specificità. Le ragioni di queste ultime caratteristiche negative sono evidenziate nella nota 5. La soglia minima di determinazione varia dal 5 al 15% a seconda dell'accuratezza con cui si esegue il test e migliora (abbassandosi) se si determina l'urea in triplicato e se si esegue il test nelle prime fasi della dialisi quando la concentrazione di urea è maggiore.

### Metodo della temperatura

Storicamente è il secondo metodo per misurare R (11) ma il suo impiego effettivo è stato possibile solamente con il Blood Temperature Monitor che la Fresenius ha sviluppato per misurare e regolare il bilancio termico della seduta dialitica. Il sistema misura il cambiamento delle temperature nelle linee arteriose e venose indotto da una variazione di temperatura del dialisato. Poiché è necessario un tempo relativamente lungo (2-3 minuti) per provocare una stabile variazione di temperatura nelle due linee del dializzatore, il metodo non differenzia  $R_A$  da  $R_{CP}$ . È pertanto possibile sospettare la presenza di  $R_A$  (che rappresenta il dato clinicamente più importante) solo in presenza di valori molto elevati di R. Una soglia del 15% ha una sensibilità ed una specificità per individuare  $R_A$  rispettivamente del 93% e del 99% (12). Una differenziazione tra i due R è possibile, ma solo eseguendo due determinazioni, a linee in posizione normale e a posizione inversa (13), quindi con una procedura indubbiamente indaginosa. Tra tutti i metodi è quello attualmente il più automatizzato, con un vantaggio non indifferente nella pratica dialitica.

### Infusione di fisiologica

Avviando la dialisi con pompa sangue a velocità costante si realizza con facilità tecnica un'infusione costante di fisiologica. Confrontando i valori predialitici di emoglobina, o ematocrito o potassio con quelli ottenuti dal port arterioso poco prima della connessione della linea venosa al paziente è possibile ricavare la somma di  $R_A$  e  $R_{CP}$  (14). Recentemente Basile (15) ha confrontato il metodo con il Transonic e ha concluso per una buona affidabilità della metodica.

## Tecniche a bolo

### Fisiologica

Il metodo Transonic (16), impropriamente denominato "ultrasound dilution" (in realtà l'aggettivo ultrasound si riferisce al metodo impiegato e non alla diluizione) si basa su un bolo di fisiologica, 10 mL, iniettato nel pozzetto

venoso. Al momento attuale il metodo è considerato il gold standard ed ha in effetti numerosi vantaggi, come la facilità d'uso, la capacità di separare  $R_A$  da  $R_{CP}$ , il contenuto CV (9.3%), l'immediatezza dei risultati, la possibilità di misurare anche il Qa e l'output cardiaco. Per contro, il costo dell'apparecchiatura è elevato e in prove *in vitro* da noi condotte non era possibile individuare  $R_A < 5\%$  (6).

Su questo stesso principio (confrontando gli effetti di due boli di 10 mL di fisiologica nella linea arteriosa e venosa) si basa il metodo Crit-line, ma il CV di determinazioni ripetute è troppo elevato, 17% (17).

#### *Bolo di glucosio (GIT, glucose infusion test)*

Infondendo a bolo nel pozzetto venoso 5 mL di glucosio al 20% e confrontando con glucometer la glicemia prima del bolo e dopo un intervallo prefissato di tempo (aspirazione continuativa di un campione dal port arterioso dal 13° al 17° secondo) è possibile individuare e misurare anche minimi  $R_A$ , inferiori all'1% (18). Il sistema presenta molti vantaggi come semplicità d'impiego, immediatezza dei risultati, minimo costo, non necessità di apparecchiature specifiche se non un glucometer ormai largamente diffuso nelle sale dialisi, bassa soglia di rilevamento, inferiore all'1%, contenuto CV in prove ripetute (8.6%). I risultati preliminari sono stati successivamente confermati in uno studio multicentrico (19). Utilizzando questa tecnica ad elevata sensibilità è esperienza comune osservare come aghi di dialisi inseriti anche molto vicini uno all'altro non presentino R purché ci sia un flusso dell'accesso adeguato.

#### *Sodio cloruro ipertonico*

Il metodo (20) si basa su un bolo di 1 mL di NaCl 23.4% e sulla misura della conduttività sulla linea venosa e su quella arteriosa. Un confronto con il Transonic ha evidenziato paragonabili prestazioni (17), ma la necessità di disporre di linee ematiche specifiche incorporanti celle di misura e quindi a costo elevato ha ostacolato il passaggio dalla fase di prototipo a quella di produzione in serie.

## Conclusioni

Malgrado la diffusione delle metodiche di misura del flusso dell'accesso, la determinazione di R rimane ancora attuale nella pratica dialitica come valutazione dell'adeguatezza della circolazione extracorporea. Una conoscenza approfondita del fenomeno consente di sospettare la presenza dell'anomalia, potenzialmente a rischio di situazioni anche gravi di sottodialisi. La tecnologia attuale offre già oggi un'ampia gamma di metodi di determinazione, nell'attesa che la determinazione automatica del parametro diventi in futuro una routine.

## Test di verifica

**6) In una FAV avente una portata di 800 mL/min gli aghi sono posti in posizione concorrente a distanza di 1 cm l'uno dall'altro. In questa situazione il ricircolo è:**

- Sempre presente
- Spesso presente
- Mai presente
- Quasi mai presente
- Nessuna delle precedenti risposte.

**7) La metodica di determinazione di  $R_A$  attualmente a disposizione con minore soglia di rilevamento è:**

- Transonic
- Termodiluizione
- Glucose infusion test
- Test dell'urea
- Digitopressione.

La risposta corretta alle domande sarà disponibile sul sito internet [www.sin-italy.org/gin](http://www.sin-italy.org/gin) e sul prossimo numero del Giornale cartaceo

## Riassunto

La misura del ricircolo ematico dell'accesso vascolare (R) costituisce tutt'oggi un importante parametro di valutazione dell'adeguatezza della circolazione extracorporea. L'esame è particolarmente utile per valutare il corretto posizionamento degli aghi nelle FAV e la funzionalità dei cateri venosi centrali. In FAV native senza problemi all'ispezione, l'assenza di R potrebbe evitare esami più complessi, come la determinazione del flusso ematico dell'accesso o la fistelografia. Nelle FAV il ricircolo si differenzia in ricircolo dell'accesso vascolare ( $R_A$ ) e ricircolo cardiopolmonare ( $R_{CP}$ ). Mentre il primo fenomeno è ben noto, il secondo è rimasto misconosciuto per molti anni causando un errore nella formula impiegata per la sua determinazione, con la conseguenza di frequenti false positività. Impiegando una formula corretta, si è potuto constatare che nella grande maggioranza delle FAV il ricircolo è zero. La presenza di R può ridurre l'efficienza dialitica a livelli anche critici, specie quando il fenomeno non è sospettato. Tra i numerosi metodi a disposizione per misurare R, il test dell'urea è quello storicamente più utilizzato, ma è indaginoso, a bassa sensibilità e specificità. Il metodo "ultrasound dilution", considerato attualmente il metodo di riferimento, è facile all'uso, ben ripetibile, consente di misurare anche il flusso dell'accesso vascolare e l'output cardiaco, ma è costoso perché richiede un'apparecchiatura specifica. A basso costo e alla portata di tutti i centri è un test di recente introdotto, il GIT, glucose infusion test caratterizzato da immediatezza dei risultati, bassa soglia di rilevamento, buona ripetibilità, specificità e sensibilità elevate.

## Nomenclatura

A	= prelievo arterioso a pompa sangue in funzione
C	= concentrazione di una sostanza
CO	= output cardiaco
E	= estrazione di una sostanza
$f_{RA,CP}$	= fattore di correzione per $R_A$ e $R_{CP}$
K	= clearance dei reni nativi o del dializzatore
Qa	= flusso dell'accesso vascolare
$Q_b$	= flusso della pompa ematica
$Q_R$	= flusso di sangue che ritorna al dializzatore senza essere transitato nella circolazione sistemica
R	= ricircolo ematico "generalmente detto" in corso di emodialisi extracorporea

$R_A$	= ricircolo dell'accesso vascolare
$R_{CP}$	= ricircolo cardiopolmonare
$S_A$	= prelievo arterioso sistemico esente da $R_A$
$S_{VP}$	= prelievo sistemico da vena periferica
V	= prelievo venoso

Indirizzo degli Autori:

Dr. Sandro Alloatti  
U.O. di Nefrologia e Dialisi  
Ospedale Regionale  
Viale Ginevra, 3  
11100 Aosta  
e-mail: nephroaosta@libero.it

## Bibliografia

1. Tattersall JE, Chamney P, Aldridge C, Greenwood RN. Recirculation and post-dialysis rebound. *Nephrol Dial Transplant* 1996; 11 (S2): 75-80.
2. Leblanc M, Fedak S, Mokris G, Paganini EP. Blood recirculation in temporary central catheters for acute hemodialysis. *Clin Nephrol* 1996; 45: 315-9.
3. Gotch FA. Hemodialysis: Technical and kinetic considerations, in Brenner BM, Rector FC (eds), *The Kidney*, Philadelphia, WB Saunders, 1976, pp. 1672-704.
4. Depner T, Rizwan S, Cheer A, Eder L. High venous BUN values in the opposite arm: a consequence of hemodialysis-induced compartment disequilibrium. *ASAIO* 1991; Abstr 20: 83.
5. Nardi L, Bosh J. Recirculation: review, techniques for measurement and ability to predict hemoaccess stenosis before and after angioplasty. *Blood Purif* 1988; 6: 85-9.
6. Alloatti S, Molino A, Bonfant G, Bosticardo GM. Measurement of vascular access recirculation unaffected by cardiopulmonary recirculation: evaluation of an ultrasound method. *Nephron* 1999; 81: 25-30.
7. Kapoian T, Stewars CA, Sherman RA. Validation of a revised slow-stop flow recirculation method. *Kidney Int* 1997; 52: 839-42.
8. Twardowski 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 of Kidney Dis* 1998; 32: 1046-58.
9. Daugirdas JT, Schneditz D, Leehey DJ. Effect of access recirculation on the modeled urea distribution volume. *Am J of Kidney Dis* 1996; 27: 512-8.
10. Petittclerc T, Bene B, Jacobs C, Jaudon MC, Goux N. Non-invasive monitoring of effective dialysis dose delivered to the haemodialysis patient. *Nephrol Dial Transpl* 1995; 10: 212-6.
11. Aldridge C, Greenwood RN, Cattel WR, Barrett RV. The assessment of arteriovenous fistulae created for haemodialysis from pressure and thermal dilution measurements. *J Med Eng Technol* 1984; 8: 118-24.
12. Wang E, Schneditz D, Kaufman AM, Levin NW. Sensitivity and specificity of the thermodilution technique in detection of access recirculation. *Nephron* 2000; 84: 134-41.
13. Schneditz D, Wang E, Levin W. Validation of haemodialysis recirculation and access blood flow measured by thermodilution. *Nephrol Dial Transplant* 1999; 14: 376-83.
14. Brancaccio D, Tessitore N, Carpani P, et al. Potassium-based dilutional method to measure hemodialysis access recirculation. *Int J Artif Organs* 2001; 24: 606-13.
15. Basile C, Ruggieri G, Vernaglione L, Montanaro A, Giordano R. A comparison of methods for the measurement of hemodialysis access recirculation. *J Nephrol* 2003; 16: 908-13.
16. Depner TA, Krivitski NM, MacGibbon D. Hemodialysis access recirculation measured by ultrasound dilution. *ASAIO J* 1995; 41: M749-53.
17. Lindsay RM, Bradfield E, Rothera C, Kianfar C, Malek P, Blake PG. A comparison of methods for the measurement of hemodialysis access recirculation and access blood flow rate. *ASAIO J* 1998; 44: 62-7.
18. Magnasco A, Alloatti S, Bonfant G, Copello F, Solari P. Glucose infusion test: a new screening test for vascular access recirculation. *Kidney Int* 2000; 57: 2123-8.
19. Alloatti S, Magnasco A, et al. GIT (Glucose Infusion Test): polycentric evaluation of a new test for vascular access recirculation. *Journal of Vascular Access* 2000; 1: 152-7.
20. Lindsay RM, Burbank J, Brugger J, et al. A device and a method for rapid and accurate measurement of access recirculation during hemodialysis. *Kidney Int* 1996; 49: 1152-60.
21. George TO, Priester-Coury A, Dunea G, Daugirdas JT. Access recirculation by ultrasonic dilution compared to a 20 sec flow urea method. *J Am Soc Nephrol* 1995; Abstr 6: 489.
22. Besarab A, Sherman R. The relationship of recirculation to access blood flow. *Am J Kidney Dis* 1997; 29: 223-9.
23. Tonelli M, Jindal K, Hirsch D, Taylor S, Kane C, Hembrey S. Screening for subclinical stenosis in native vessel arteriovenous fistulae. *J Am Soc Nephrol* 2001; 12: 1729-33.