

# LE COMPLICANZE VASCOLARI DEL RENE TRAPIANTATO: IL RUOLO DELL'ECO-COLOR-DOPPLER

**Antonio Granata<sup>1</sup>, Fulvio Floccari<sup>2</sup>, Paolo Lentini<sup>3</sup>, Salvatore Vittoria<sup>4</sup>, Fabio Di Pietro<sup>1</sup>, Pasquale Zamboli<sup>5</sup>, Fulvio Fiorini<sup>6</sup>, Pasquale Fatuzzo<sup>7</sup>**

<sup>1</sup>U.O.C. Nefrologia e Dialisi, Ospedale "San Giovanni di Dio", Agrigento

<sup>2</sup>U.O.C Nefrologia e Dialisi, Ospedale "San Paolo", Civitavecchia (RM)

<sup>3</sup>U.O.C Nefrologia e Dialisi, Ospedale "San Bassiano", Bassano del Grappa (VI)

<sup>4</sup>U.O.C Nefrologia e Dialisi, Ospedale "Giovanni Paolo II", Sciacca (AG)

<sup>5</sup>Cattedra di Nefrologia, Il Università di Napoli, Napoli

<sup>6</sup>U.O.C. Nefrologia e Dialisi, Ospedale "S. Maria della Misericordia", Rovigo

<sup>7</sup>Scuola di Specializzazione in Nefrologia, A.O.U. "Vittorio Emanuele - Policlinico", Catania

## Vascular complications following kidney transplant: the role of color-Doppler imaging

*The progressive decline in the incidence of graft rejection has made urological, surgical, parenchymal and vascular complications of kidney transplant more frequent. The latter, although accounting for only 5-10% of all post-transplant complications, are a frequent cause of graft loss.*

*Ultrasonography, both in B-mode and with Doppler ultrasound, is an important diagnostic tool in case of clinical conditions which might impair kidney function. Even though ultrasonography is considered fundamental in the diagnosis of parenchymal and surgical complications of the transplanted kidney, its role is not fully understood in case of vascular complications of the graft. The specificity of Doppler ultrasound is lvery important in case of stenosis of the transplanted renal artery, pseudoaneurysms, arteriovenous fistulas, and thrombosis with complete or partial artery or vein occlusion. Doppler and color determinations present high diagnostic accuracy, which is higher in case of successive measurements performed during the follow-up of the graft.*

*Modern techniques including contrast-enhanced ultrasound increase the diagnostic power of ultrasonography in case of vascular complications of the transplanted kidney. planted kidney.*

Conflict of interest: None

Financial support: None

### KEY WORDS:

Ultrasonography,  
Renal transplant,  
Doppler,  
Vascular  
complications

### PAROLE CHIAVE:

Ecografia,  
Trapianto renale,  
Doppler,  
Complicazioni  
vascolari

### Indirizzo degli Autori:

Dr. Antonio Granata  
Via F. Paradiso 78/a  
95024 Acireale (CT)  
e-mail: antonio.granata4@tin.it

## INTRODUZIONE

Nel corso delle ultime due decadi, con l'avvento degli inibitori della calcineurina e di altre nuove classi di farmaci immunosoppressori, si è notevolmente ridotta l'incidenza del rigetto come causa di perdita del rene trapiantato, portando alla ribalta altre tipologie di complicanze (1). Tra queste, le più comuni sono quelle urologiche/chirurgiche e quelle parenchimali, che si riscontrano rispettivamente in circa il 45-60% e il 25-30% dei casi (2); le complicanze vascolari, pur rappresentando soltanto il

5-10% di tutte le complicanze post-trapianto, possono essere una causa frequente di perdita del graft (1). Le principali complicanze vascolari sono rappresentate da stenosi e trombosi dell'arteria e della vena renali, infarto segmentale, dissecazione dell'arteria iliaca e dell'arteria renale, fistola artero-venosa e pseudoaneurisma (Tab. I).

## STENOSI DELL'ARTERIA RENALE TRAPIANTATA (SART)

La stenosi dell'arteria renale trapiantata (SART) è la

**TABELLA I - RENE TRAPIANTATO: ELENCO DELLE PRINCIPALI COMPLICAZIONI**

<b>Complicazioni precoci</b>	<b>50-60%</b>
✓NTA (10-30 %) - Rigetto acuto (20 -40%)	
✓Trombosi arteriosa (rara) - Trombosi venosa (rara)	
✓Ostruzione post-renale (4-8%) – Emorragia e/o Leak-urinario (6%)	
✓Raccolte post-trapianto (ascesso, ematoma, linfocele ed urinoma)	
✓Tossicità CyA/Tacrolimus – Infezioni – Recidiva Glomerulonefrite di base (i. d. FSGS)	
<b>Complicazioni tardive</b>	<b>10-20%</b>
✓SART (10-12 %) – Infarto renale – Tossicità CyA/Tacrolimus – Infezioni	
✓Fistola artero-venosa (10%) – Ostruzione – Stenosi vena renale – CAN (60-70%)	
<b>Complicazioni a lungo termine</b>	<b>1-2%</b>
✓Glomerulonefrite de novo – Malattie ricorrenti	
<b>Altre complicazioni</b>	<b>1%</b>

più frequente (75% dei casi) tra le complicanze vascolari e si manifesta solitamente tra i tre mesi e i due anni dalla procedura chirurgica, anche se nessun periodo del post-trapianto risulta escluso (3).

La SART è una complicanza relativamente frequente ed è stata riscontrata con una prevalenza che va dall'1.5% al 4% (4) e un'incidenza variabile dall'1% a circa il 23% (5). L'ampia variabilità riportata dipende dall'attuale mancanza di una definizione concorde circa la percentuale di SART che deve essere ritenuta emodinamicamente significativa. I vari studi differiscono, inoltre, non solo per la percentuale di stenosi considerata emodinamicamente significativa (variabile dal 50 all'80%), ma anche per le popolazioni studiate (presenza o meno di insufficienza renale cronica, ipertensione arteriosa, ecc.) e per la frequente mancanza del riscontro arteriografico della stenosi. Uno degli studi meglio condotti da un punto di vista metodologico mostra un'incidenza del 12.4% (6).

Fattori di rischio per SART includono l'aterosclerosi del donatore, l'infezione da *citomegalovirus*, la ripresa tardiva della funzione renale e il trapianto di un rene pediatrico in un ricevente adulto (7).

Una SART dovrebbe essere ricercata nei pazienti trapiantati che presentano scarso controllo pressorio e progressivo deterioramento della funzione renale in assenza di altre cause evidenti (rigetto, ostruzione, infezione) o in seguito alla somministrazione di ACE-inibitori o sartani (8).

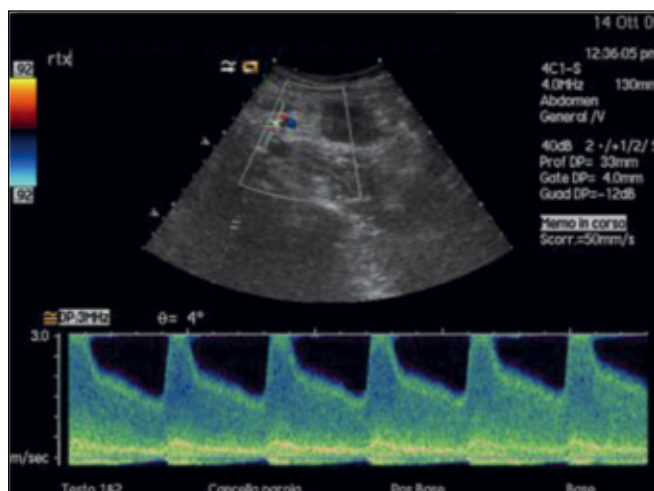
Circa il 50% delle SART si osserva in sede anastomotica ed è di origine iatrogena, in quanto fa seguito a una stenosi cicatriziale legata alla fase di espianato, al clampaggio del vaso e/o al confezionamento dell'anastomosi con l'asse arterioso iliaco (8). Più ra-

ramente, la stenosi può interessare diversi tratti segmentari o l'intera arteria; in tali casi, la stenosi consegue a traumatismi dell'intima dovuti a incannulamento dell'arteria durante la fase di ischemia fredda, ma può derivare anche da una torsione e/o un *kinking* dopo l'impianto chirurgico (8).

Poiché la SART rappresenta una delle maggiori cause di disfunzione e/o perdita del rene trapiantato, la diagnosi precoce e l'appropriato trattamento contribuiscono a prolungare significativamente la sopravvivenza del *graft*; l'Eco-Color-Doppler (ECD) svolge un ruolo molto importante nello *screening*, nella diagnosi e nel *follow-up* della SART, anche se l'arteriografia rimane a tutt'oggi la metodica diagnostica considerata come "*gold standard*" (3, 9). Inoltre, l'aumentato utilizzo dell'ECD e della risonanza magnetica ha determinato un incremento della diagnosi di SART asintomatica (10).

**Tecnica d'esame.** Lo studio ECD dell'arteria renale trapiantata va eseguito su tutto il decorso del vaso e, al fine di minimizzare gli insuccessi tecnici, è utile standardizzare la metodologia di lavoro. È perciò consigliabile iniziare l'esame in *B-mode* individuando l'aorta, l'asse aorto-iliaco, l'iliaca esterna e l'origine dei vasi trapiantati: a tal proposito la lettura della relazione dell'intervento è utile per comprendere la procedura eseguita e il numero di arterie trapiantate (8). Successivamente si posiziona il *box-colore* (*analisi Color-Doppler*), la cui estensione deve essere limitata alla regione oggetto di studio al fine di migliorare l'analisi Doppler e il *frame rate* (FR). Si procede, quindi, con la regolazione della *pulse repetition frequency* (PRF) su valori di circa 1.5-3 KHz, del filtro di parete (100 Hz) e del guadagno colore, così da ottimizzare l'immagine che dovrà dimostrare essenzialmente una mappa colorimetrica rossa o blu, uniforme e priva di *aliasing* e di diffusione del colore ai tessuti perivasali (*color bleed*) (11). Infine si procederà all'attivazione del modulo di *analisi spettrale* con posizionamento del "*volume campione*" nel lume dell'arteria renale e la registrazione della curva velocità/tempo (V/t). Le dimensioni del volume campione (2-4 mm) devono essere tali da insonare in modo omogeneo il vaso, evitando fenomeni artefatti di sovra e sottocampionamento (11). La curva V/t andrà registrata più volte e con angoli di insonazione ottimali (<60°), poiché la diagnosi di stenosi è basata nel rene trapiantato esclusivamente sui valori assoluti di velocità (rilevamento della velocità massima di picco sistolico [VPSmax]) (Fig. 1).

**Criteri diagnostici ECD di SART.** L'ECD dell'arteria renale trapiantata può essere di difficile esecuzione a causa della presenza di una marcata tortuosità dei vasi con conseguente erroneo angolo di insonazione e, di conseguenza, errata determinazione della VPSmax; inoltre, lo stiramento e/o il *kinking* dell'arteria



**Fig. 1** - Paziente di 44 anni portatore di trapianto renale da cadavere eseguito circa 21 mesi prima; da alcuni mesi scarso controllo pressorio e progressivo aumento degli indici di ritenzione azotata. ECD: ecocolor presenza di mosaico in sede prossimale/mediale, al Doppler VPS aumentata (331 cm/sec) come da stenosi significativa.

renale possono causare false accelerazioni ed essere ulteriore fonte di errore (12). Dal momento che il flusso renale dipende fortemente dalla funzione renale, non possiamo definire un limite preciso di VPSmax per la diagnosi ECD di SART come nel rene nativo. In un rene trapiantato ipertrofico ben funzionante, la VPSmax può essere maggiore di 250-300 cm/sec lungo tutta l'arteria in assenza di stenosi emodinamicamente significativa, mentre, nel caso di disfunzione cronica del graft, con riduzione del volume dell'organo, il riscontro focale di una VPSmax pari a 180-200 cm/sec può suggerire una SART significativa, specialmente nel caso in cui le VPSmax nelle altre porzioni dell'arteria siano molto inferiori (40-50 cm/sec). Pertanto, un'accelerazione localizzata del flusso maggiore di 2.5 volte rispetto alla velocità pre- o post-stenotica (p. es., VPSmax 250-270 cm/sec versus 80-120 cm/sec) fornisce un criterio diretto per la diagnosi di SART. Sebbene il valore di VPSmax quale indice di stenosi emodinamicamente significativa sia differente fra i vari Autori (8, 13), esiste un ragionevole consenso nel considerare una VPSmax di 250 cm/sec un valore ancora nella norma, mentre velocità maggiori suggeriscono stenosi significative (valori di sensibilità e specificità diagnostica molto elevati) (Tab. II) (14, 15). Inoltre, alcuni Autori hanno evidenziato che il cut-off di VPSmax sull'arteria stenotica potrebbe variare a seconda del tipo di anastomosi (L-T o T-T) tra arteria renale e vasi iliaci e che un rapporto >13 tra VPS sull'arteria renale stenotica e VPS su un'arteria interlobare potrebbe rappresentare il migliore criterio Doppler per la diagnosi di SART, indipendentemente dal tipo di anastomosi chirurgica (16, 17) (Tab. III).

Soltanto un limitato numero di studi ha cercato di valutare la presenza di SART con l'eco-contrasto; pertanto, il ruolo delle micro-bolle nella diagnosi di SART rimane ancora incerto (18).

Al contrario di quanto avviene per la stenosi dell'arteria renale nativa, i segni indiretti di stenosi risultano essere di scarsa utilità per la diagnosi di SART, in quanto l'arteria renale trapiantata può essere visualizzata direttamente nella maggioranza dei casi e il polso tardus parvus non può essere confrontato con quello del rene controlaterale e perché le resistenze al flusso rappresenta il risultato di numerose variabili (19). Tra i vari indici indiretti, soltanto l'Acceleration Time presenta un'elevata sensibilità se la stenosi è maggiore dell'80% (19) (Tab. III). Nell'immediato tratto post-stenotico possono essere valutati gli effetti secondari della turbolenza, flusso reverse e dispersione spettrale.

Nella pratica clinica può risultare estremamente difficile distinguere tra una reale lesione stenotica e una torsione/curva dell'arteria renale con i suoi effetti emodinamici sul flusso ematico e sulla VPSmax; il Power-Doppler può essere utile nell'individuare tali torsioni/curve (Fig. 2). Anche le arterie iliache dovrebbero essere esaminate al fine di valutare la VPSmax a monte dell'anastomosi, poiché un'eventuale stenosi sull'iliaca può dare luogo a riduzione della funzione renale analogamente a quanto si osserva nel caso di SART: a tal proposito si ricorda la necessità di un accurato studio ECD pre-trapianto dei vasi iliaci del ricevente. Le stenosi dei rami arteriosi all'interno del graft sono segnalate, ma sono comunque difficili da visualizzare sia con l'ECD che con l'angiografia.

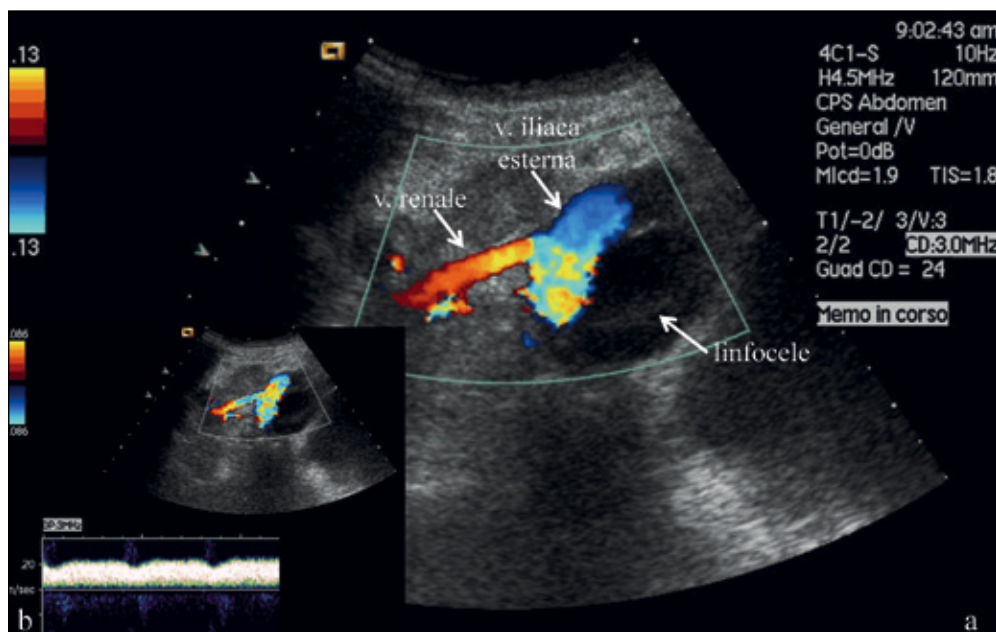
**TABELLA II** - SART: ACCURATEZZA DIAGNOSTICA DELL'ECD

VPS	≥ 2.0 m/s	≥ 2.5 m/s	≥ 3.0 m/s
Specificità	67% (55-77%)	79% (65-82%)	93% (77-96%)
Sensibilità	100% (46-100%)	100% (46-100%)	80% (29-98%)
Accuratezza	68%	81%	92%

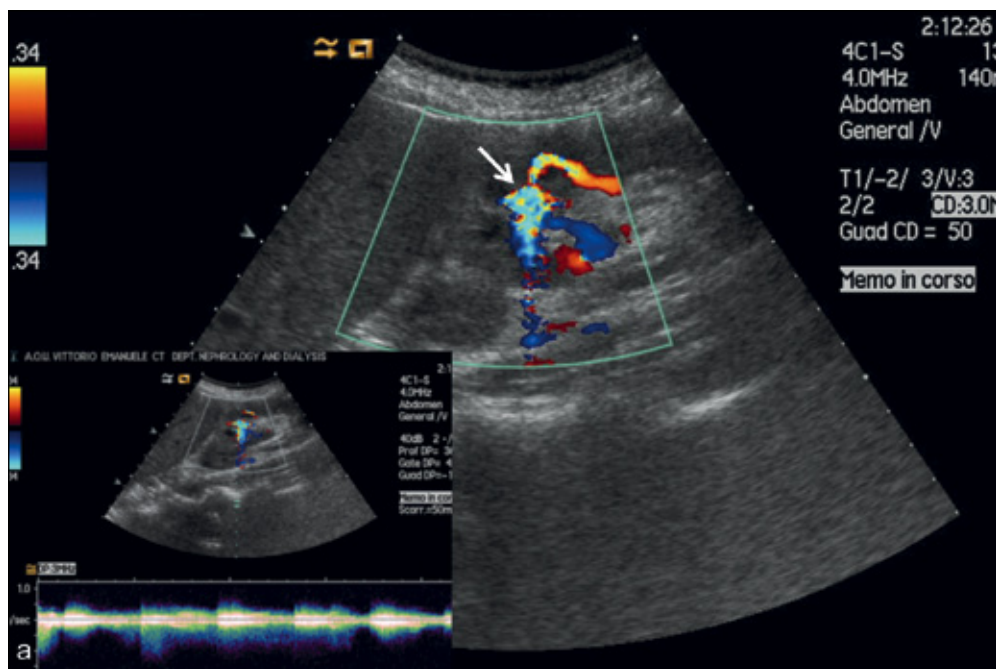
**TABELLA III** - SART SEVERA: SENSIBILITÀ DIAGNOSTICA DEGLI INDICI DOPPLER COMUNEMENTE USATI

	Sensibilità (SART>80%)
PSV ra*/PSV ia > 13	100%
PSV ra > 300 cm/s	80%
AT> 0.06s	93%
RI< 0.5	50%

\* (ra) art. renale; (ia) art. interlobare; AT (tempo di accelerazione), RI (indice di resistenza)



**Fig. 2** - Paziente di anni 52 portatore di trapianto renale da cadavere; dopo circa 3 mesi dal trapianto marcato aumento di volume dell'arto omolaterale al rene trapiantato (fossa iliaca destra) ed aumento degli indici di ritenzione azotata. a) l'ecocolor evidenzia compressione ab-estrinseco della vena iliaca esterna omolaterale; b) al Doppler aumento significativo della VPS (220 cm/sec).



**Fig. 3** - All'ecocolor presenza di arteria e vena interlobare di grosso calibro. L'indice di resistenza dell'arteria nutrizia è di 0.50 rispetto a circa 0.80 delle altre regioni del trapianto. Lo spettro venoso mostra un tipo di flusso fortemente pulsatile che non è registrabile in altre vene interlobari; fistola artero-venosa post-biopsica (freccia); a) al Doppler flusso alternato.

L'ECD è, inoltre, particolarmente utile nel *follow-up* dei pazienti e nella diagnosi di re-stenosi nel paziente con SART trattata (19).

### TROMBOSI DELL'ARTERIA RENALE TRAPIANTATA

L'occlusione franca dell'arteria renale è molto rara e prognosticamente negativa per il *graft*: compare mol-

to precocemente nel periodo post-operatorio e porta inesorabilmente alla perdita del rene. La sensibilità e la specificità dell'ECD nella diagnosi di trombosi dell'arteria renale risultano prossime al 100%. L'occlusione dell'arteria renale principale viene diagnosticata all'ECD come mancanza di flusso arterioso all'interno del rene (al di là del sito di occlusione) e non viene, inoltre, evidenziato alcun flusso venoso (19). Se l'occlusione riguarda, invece, un'arteria segmentale, si mani-

fiesta come un infarto segmentale, cioè con riscontro di assenza di flusso arterovenoso solo nel segmento affetto. Il *Power-Doppler* può essere di aiuto in queste circostanze a causa della sua spiccata capacità di individuare i vasi con basso flusso; in alcune circostanze, tuttavia, l'arteriografia risulta necessaria per confermare la diagnosi (20).

### TROMBOSI E STENOSI DELLA VENA TRAPIANTATA

La **trombosi** della vena renale trapiantata (TVRT) è rara e si osserva in circa il 4% dei casi, solitamente nell'immediato periodo post-operatorio: può essere completa (portando alla perdita del *graft*) e parziale (20-22). L'eziologia include problemi chirurgici (complicazioni ed errori tecnici), ipovolemia, trombosi dell'asse iliaco e compressione ad opera di raccolte liquide perirenali (linfocele, urinoma, ecc.) (Fig. 2). La TVRT viene sospettata clinicamente quando si manifestano improvvisa contrazione della diuresi e aumento delle dimensioni del *graft* con dolorabilità, gonfiore, proteiuria e peggioramento della funzione renale (19).

L'ECD svolge un ruolo importante nella diagnosi e nel *follow-up*: in caso di TVRT completa il vaso è poco/per nulla comprimibile con la sonda e la valutazione *B-mode* può dimostrare aumento delle dimensioni renali, riduzione dell'ecogenicità parenchimale, riduzione/perdita della differenziazione cortico-midollare e scomparsa del seno renale e del sistema collettore (tutti parametri aspecifici). I due più importanti reperti ECD sono l'assenza di segnale colore venoso (che dimostra l'assenza di vascolarizzazione) e il flusso diastolico *reverse* nell'arteria renale (22). Una TVRT completa viene riconosciuta anche per l'impossibilità di dimostrare le vene intrarenali all'ilo e per il patognomonico flusso bidirezionale nelle arterie intrarenali che dipende dalle elevate resistenze secondarie alla trombosi completa della vena renale: durante la sistole il velocitogramma arterioso presenta un senso positivo, mentre, durante la diastole, fluisce in senso inverso (negativo) (23). Il flusso netto attraverso il rene diventa pari a zero, così come accade per la velocità di flusso media per ogni ciclo cardiaco. Tale flusso bidirezionale è così specifico per la trombosi della vena trapiantata da fornire un'indicazione per l'immediata revisione chirurgica senza alcun altro esame ulteriore.

La **stenosi** della vena renale trapiantata è rara e può far seguito a compressioni perirenali ad opera di raccolte liquide (Fig. 3) o da fibrosi perivascolari. Le immagini ottenute all'ECD non sono dirimenti come in caso di TVRT: infatti, il parenchima può essere normale o lievemente ipoecogeno, mentre un aumento di 3-4 volte della VPSmax tra la stenosi e il tratto pre-stenotico è considerato altamente sugge-

stivo di stenosi focale (19). L'arteriografia dovrebbe essere usata solo per confermare o trattare la stenosi nei pazienti con ECD positivo o in quelli con risultati inadeguati o equivoci in presenza di forte sospetto clinico.

### FISTOLA ARTEROVENOSA E PSEUDOANEURISMA

Queste due entità sono segnalate quasi esclusivamente come complicanze post-biottiche e presentano un'incidenza dell'1-2%: la **fistola arterovenosa** (FAV) si sviluppa quando, in corso di ago-biopsia renale, vengono lese le pareti sia di un'arteria che di una vena; se l'insulto biottico coinvolge solo la parete arteriosa può svilupparsi, invece, uno **pseudoaneurisma** (19). La maggioranza di tali complicanze risulta essere di piccole dimensioni e clinicamente silente ed esse tendono a risolversi spontaneamente (19, 24).

Con l'ecografia, gli **pseudoaneurismi** appaiono come piccole aree anecogene simili alle "cisti", con contenuto finemente iperecogeno ascrivibile a trombi interni, mentre, con l'ECD, dimostrano un flusso turbolento, con le caratteristiche del flusso "va-e-vieni" simile a quello dello pseudoaneurisma delle estremità arteriose (24).

Le **FAV** sono evidenti in *B-mode* solo se di grosse dimensioni e all'ECD si presentano come aree focali con flusso sia arterioso che venoso (mosaico di colori) (Fig. 3): questo aspetto può essere differenziato dagli alti flussi aumentando la PRF a un livello tale da azzerare il disegno vascolare rimanente, così che resti visualizzabile solo l'area con flusso anomalo accelerato in seno alla FAV; tale manovra risulta quasi sempre diagnostica. L'analisi spettrale può mostrare un incremento del flusso sistole-diastolico nell'area interessata con l'indice di resistenza e l'indice di pulsatilità spesso normali o più bassi rispetto a quanto riscontrato nei vasi circostanti, mentre il flusso venoso può essere normale o turbolento (anche pulsatile accelerato) in circa il 33% dei casi (25). Raramente, la FAV può essere abbastanza grande da causare una riduzione della perfusione renale con conseguente ischemia del rene trapiantato, mentre lo pseudoaneurisma può causare complicanze in caso di rottura. I pazienti con FAV di grosse dimensioni, inoltre, sono a rischio di complicanze emorragiche in caso di biopsie renali ripetute.

Mentre, nel caso delle FAV, sono le dimensioni a determinare l'indicazione o meno all'intervento, tutti gli pseudoaneurismi andrebbero invece trattati, poiché sono considerati potenzialmente pericolosi in quanto passibili di rottura.



## COMPLICANZE VASCOLARI RARE

La torsione del peduncolo vascolare del rene trapiantato è una complicanza estremamente rara dovuta al posizionamento intraperitoneale del graft (condizione che si riscontra nel trapianto combinato rene-pancreas) (19). A causa dell'extra motilità, il rene può ruotare attorno al suo peduncolo vascolare conducendo a un'occlusione vascolare che, se non riconosciuta, può portare a necrosi parenchimale e a perdita del graft. La presentazione clinica è variabile, mimando rigetto acuto o trombosi della vena renale. L'ecografia può aiutare nella diagnosi, mostrando un cambiamento nell'orientamento del rene con l'ilo posizionato anteriormente invece che posteriormente (26). I risultati all'ECD sono variabili, con casi dove non vengono riportate alterazioni del flusso arterioso e/o mancanza di flusso venoso e casi dove vengono riportati presenza di flusso venoso ma flusso reverse in arteria durante la diastole e/o mancanza di flusso arterioso (27).

La dissecazione dell'arteria iliaca e dell'arteria renale sono condizioni molto rare che conseguono alla dissecazione aortica e ne presentano le medesime caratteristiche ECD.

## RIASSUNTO

*La progressiva riduzione dell'incidenza del rigetto ha reso più frequenti le complicanze urologiche, chirurgiche, parenchimali e vascolari. Queste ultime, pur rappresentando soltanto il 5-10% di tutte le complicanze post-*

*trapianto, sono una causa frequente di perdita del graft. cancellare quanto in giallo e sostituire con:*

*L'esame ultrasonografico, sia in B-mode che con l'ausilio del color-Doppler, è fondamentale nella diagnosi differenziale delle cause che possono innescare un mal funzionamento del graft. Sebbene sia ormai indiscussa la sua utilità nella diagnosi di complicanze parenchimali, chirurgiche e urologiche, non è ancora consolidato il suo ruolo in caso di complicanze a carico dell'asse vascolare renale. L'eco-color-Doppler, in particolare, possiede una specificità tale da poter essere considerato uno strumento diagnostico nella maggior parte delle complicanze vascolari del rene trapiantato, sia acute (occlusione parziale o totale dei vasi renali) che croniche (stenosi dell'arteria renale, pseudoaneurisma e fistola artero-venosa). Gli indici color-Doppler possiedono, infatti, una alta accuratezza diagnostica nella loro singola determinazione, risultando in casi particolari più utili nel follow-up. L'utilizzo di tecniche più moderne, come il mezzo di contrasto ecografico, consente indubbiamente di aumentare l'accuratezza diagnostica dell'esame ultrasonografico in caso di complicanze vascolari del rene trapiantato.*

## DICHIARAZIONE DI CONFLITTO DI INTERESSI

Gli Autori dichiarano di non avere conflitto di interessi.

## CONTRIBUTI ECONOMICI AGLI AUTORI

Gli Autori dichiarano di non aver ricevuto sponsorizzazioni economiche per la preparazione dell'articolo.

## BIBLIOGRAFIA

- Ghazanfar A, Tavakoli A, Augustine T, et al. Management of transplant artery stenosis and its impact on long term allograft survival: a single centre experience. *Nephrol Dial Transplant* 2011; 26: 336-43.
- O'Neill WC, Baumgarten DA. Ultrasonography in renal transplantation. *Am J Kidney Dis* 2002; 39: 663-78.
- Mangray M, Vella JP. Hypertension after Kidney Transplant. *Am J Kidney Dis* 2011; 57: 331-41.
- Aitchison F, Page A. Diagnostic imaging of renal artery stenosis. *J Hum Hypertens* 1999; 13: 595-603.
- Patel U, Khaw KK, Hughes NC. Doppler ultrasound for detection of renal transplant artery stenosis-threshold peak systolic velocity needs to be higher in a low-risk or surveillance population. *Clin Radiol* 2003; 58: 772-7.
- Ferveza FC, Lafayette RA, Alfrey EJ, Petersen J. Renal artery stenosis in kidney transplant. *Am J Kidney Dis* 1998; 31: 142-8.
- Weir MR, Salzberg DJ. Management of hypertension in the transplant patient. *J Am Soc Hypertens* 2011; 5: 425-32.
- Bruno S, Remuzzi G, Ruggenenti P. Transplant renal artery stenosis. *J Am Soc Nephrol* 2004; 15: 134-41.
- Loubeyre P, Abidi H, Cahen R, et al. Transplanted renal artery: detection of stenosis with color Doppler US. *Radiology* 1997; 203: 661-5.
- Spinosa DJ, Isaacs RB, Matsumoto AH, et al. Angiographic evaluation and treatment of transplant renal artery stenosis. *Curr Opin Urol* 2001; 11: 197-205.
- Merie HB. Doppler. Chap. 6: pp. 81-113. In: *Abdominal and General Ultrasound*. Ed. Meire H, Cosgrove D, Dewbury K, Farrant P. Churchill Livingstone, London 2003.
- Helenon O, El Rody F, Correas JM, et al. Color Doppler US of renovascular disease in native kidneys. *Radiographics* 1995; 15: 833-54.
- Granata A, Fiorini F, Andrulli S, Logias F, Lo Piccolo G, Sicurezza E. L'eco-color-Doppler nella patologia vascolare del rene trapiantato. Cap. 15, pp. 187-96. In: *L'eco-color-Doppler nella pratica clinica nefrologica*. Ed. Accademia Nazionale di Medicina Granata A, Fiorini F, D'Amelio A, Logias F, Andrulli S., vol. 2, 2009.
- Akbar SA, Jafri SZ, Amendola MA, Madrazzo BL, Salem R, Bis KG. Complications of renal transplantation. *Radiographics* 2005; 25: 1335-56.
- Baxter GM, Ireland H, Moss JG, et al. Colour Doppler

- ultrasound in renal transplant artery stenosis: which Doppler index? *Clin Radiol* 1995; 50: 618-22.
16. Gao J, Li JC, Xiao MS, et al. Color duplex sonography in severe transplant renal artery stenosis: a comparison of end-to-end and end-to-side arterial anastomoses. *Clin Imaging* 2009; 33: 116-22.
  17. Li JC, Ji ZG, Cai S, et al. Evaluation of severe transplant renal artery stenosis with Doppler sonography. *J Clin Ultrasound* 2005; 33: 261-9.
  18. Wei K, Le E, Bin JP, et al. Quantification of renal blood flow with contrast-enhanced ultrasound. *J Am Coll Cardiol* 2001; 37: 1135-40.
  19. Brown ED, Chen MYM, Wolfman NT, et al. Complications of renal transplantation: evaluation with US and radionuclide imaging. *Radiographics* 2000; 20: 607-22.
  20. Martinoli C, Crespi G, Bertolotto M, et al. Interlobular vasculature in renal transplants: a power Doppler US study with MR correlation. *Radiology* 1996; 200: 111-7.
  21. Martinoli C, Bertolotto M, Crespi G, et al. Duplex Doppler analysis of interlobular arteries in transplanted kidneys. *Eur Radiol* 1998; 8: 765-9.
  22. Drudi FM, Cascone F, Pretagostini R, et al. Role of Color Doppler US in the evaluation of renal transplant. *Radiol Med* 2001; 101: 243-50.
  23. O'Neill WC. Vascular complications of renal allografts. In *Atlas of renal ultrasonography*. WB Saunders Company. pp. 233-41, 2001.
  24. Lockhart ME, Robbin ML. Renal vascular imaging. Ultrasound and other modalities. *Ultrasound Q* 2007; 23: 279-92.
  25. Zubarev AV. Ultrasound of renal vessels. *Eur Radiol* 2001; 11: 1902-15.
  26. Dupont PJ, Dooldeniya M, Cook T, Warrens AN. Role of duplex Doppler sonography in diagnosis of acute allograft dysfunction-time to stop measuring the resistive index? *Transpl Int* 2003; 16: 648-52.
  27. Krumme B. Renal Doppler Sonography – Update in clinical nephrology. *Nephron Clin Pract* 2006; 103: c24-8.