

Lavori originali

SCINTIGRAFIA RENALE SEQUENZIALE: NUOVI ORIZZONTI DIAGNOSTICI MEDIANTE L'UTILIZZO DI RADIOTRACCIANTI AD ESCREZIONE TUBULARE IN NEFRO-UROLOGIA

A. FRATERALI, A. FILICE, D. SERAFINI, A. VERSARI, D. PROSPERI, D. SALVO

U. O. Medicina Nucleare - Azienda Ospedaliera Arcispedale S. Maria Nuova - Reggio Emilia

RIASSUNTO

Differenti radiotraccianti sono attualmente disponibili per lo studio morfo-funzionale dei reni tramite scintigrafia. Essi sono classificati come traccianti glomerulari (DTPA) e traccianti tubulari (OIH, MAG3). I radiotraccianti a secrezione tubulare presentano un elevato coefficiente di estrazione. Possono pertanto essere impiegati per la stima del flusso plasmatico renale effettivo, per la valutazione della funzione renale separata nei casi di insufficienza renale oppure per studiare la fase di deflusso urinario nell'apparato pielo-ureterale. L'uropatia ostruttiva è una condizione caratterizzata da ostacolo al deflusso dell'urina dai reni alla vescica: le tecniche di medicina nucleare svolgono un indiscusso ruolo nella diagnosi, nel "management terapeutico" e nel follow-up della patologia ostruttiva pielo-ureterale. Infine, la scintigrafia con ACE-Inibitore (ACEI) rappresenta una indagine con elevata accuratezza diagnostica in pazienti con sospetta ipertensione reno-vascolare. In questi pazienti la sensibilità e la specificità dell'indagine superano il 90%; l'esame angiografico eseguito come approccio diagnostico iniziale non è conveniente.

Parole chiave:

rene, immagini con radionuclidi, ostruzione ureterale, ipertensione nefrovascolare, diagnosi.

ABSTRACT

Many radiotracers are available for kidney studies. They are classified into glomerular tracers (DTPA) and tubular tracers (OIH, MAG3). Tubular tracers have a higher extraction rate. This could be used to estimate the effective renal plasma flow, or to determine relative function when renal function is low, or to study the urine flow in the urinary tract. The obstructive uropathy refers to the condition of obstruction to urine flow from the kidney to the bladder: the nuclear medicine techniques have unquestioned role in the diagnosis, management and follow-up in the urinary tract obstruction diseases. Finally, ACEI renography is highly accurate in patients with suspected renovascular hypertension. In this patient population sensitivity and specificity exceed 90%; angiography as an initial approach is not cost effective.

Key words: Kidney, Radionuclide Imaging, Ureteral Obstruction, Renovascular Hypertension, Diagnosis.

INTRODUZIONE

La scintigrafia renale sequenziale rappresenta un'indagine nota da più di 20 anni ma solo recentemente rivalutata grazie all'introduzione ed alla disponibilità sul mercato di nuovi radiotraccianti (es. MAG3: Mercato-

Acetil-Tri-Glicina). L'indagine sfrutta la caratteristica propria di alcuni radiofarmaci di venir captati ed eliminati dall'emuntorio renale in modo proporzionale alla funzionalità e permette pertanto di valutare alcuni aspetti della funzione renale stessa: consente infatti di fornire dati semiquantitativi sulla capacità di clearance renale separata tramite la stima della velocità di allontanamento plasmatico del radiocomposto (valutazione semiquantitativa del filtrato glomerulare renale - GFR - o del flusso plasmatico renale effettivo - ERPF -). E' inoltre in grado di fornire elementi funzionali (prevalentemente qualitativi) riguardanti la fase escretrice pieloureterale, monitorando la fase di scomparsa dell'attività dai reni. Le stime di clearance renale si basano sulla misura della modalità di captazione del radiotracciante $[dR(t)/d(t)]$ o sull'entità di captazione parenchimale renale $[R(t)]$ prima che avvenga la fase di eliminazione (calcolo entro un tempuscolo "t" sufficientemente piccolo da poter considerare il rene come un unico compartimento in accumulo). Sebbene sufficienti informazioni sulla funzionalità renale totale e separata siano ottenibili dall'osservazione visiva dello studio dinamico (su monitor o sull'iconografia allegata al referto medico-nucleare), nonché da alcuni valori semiquantitativi ottenibili tramite elaborazione dell'esame (es. valore di Tmax, tempo di massimo accumulo parenchimale; contributo funzionale renale differenziale espresso in termini percentuali), importanti dati clinico-funzionali possono essere dedotti anche dalla valutazione semi-quantitativa del valore del GFR e dell'ERPF espressi in ml/min. Tali valori rappresentano tuttavia una lieve sottostima rispetto ai reali valori fisiologici in relazione alle differenze cinetico-biologiche esistenti tra i traccianti medico-nucleari (DTPA per la valutazione del GFR e MAG3 per la valutazione del flusso plasmatico renale effettivo) rispetto ad Inulina ed Acido Para-Amino-Ippurico. Tali differenze possono essere comunque superate se i dati funzionali semiquantitativi forniti dall'esame scintigrafico vengono confrontati con valori di normalità relativi presi come riferimento (1-3). Come in parte già accennato sono oggi disponibili diversi radiocomposti impiegabili per l'esecuzione di una scintigrafia renale: in particolare si distinguono radiotraccianti glomerulari e radiotraccianti tubulari. La scelta dell'uno o dell'altra classe è legata per lo più a generici criteri di opportunità, e a differenze di costo, tranne in casi specifici in cui è assolutamente preferibile l'impiego dei secondi (studi nel rene trapiantato, nelle IRC di grado medio o severo ed in campo pediatrico) (4).

FUNZIONE RENALE E RADIOFARMACI

Il tracciante glomerulare ideale è rappresentato da una molecola sufficientemente piccola da essere liberamente filtrata a livello glomerulare, non legata alle proteine plasmatiche e che non venga secreta né riassorbita a livello tubulare. La molecola di riferimento è rappresentata dalla Inulina. Il $^{99m}Tc-DTPA$ (Ac.Dietilen-Triamino-Pentacetico) fu introdotto sul mercato per la valutazione del filtrato glomerulare intorno agli anni '70 e viene ancora a volte tuttora impiegato (5). Esso tuttavia non rappresenta un tracciante perfetto. I principali limiti sono rappresentati dal fatto che, dopo la somministrazione e.v., esso si fissa alle proteine plasmatiche (fino al 10% della quota somministrata) determinando un piccolo margine di errore nel calcolo del GFR rispetto ai valori di riferimento misurati utilizzando l'Inulina; inoltre presenta uno scarso coefficiente di estrazione renale (15-20% ad ogni passaggio): tale dato lo rende scarsamente maneggevole in tutte le condizioni di insufficienza renale. Al di là di tali svantaggi la molecola ha vissuto un periodo di grande successo per la sua facilità di preparazione in camera calda e, soprattutto, per il basso costo. Sono ritenuti normali valori di $GFR_{(DTPA)}$ compresi tra 100 e 120 ml/min ed un tempo di transito intraparenchimale del radiocomposto di $3 \pm 0,5$ minuti (3,5,6).

Per quanto concerne i traccianti tubulari, allo stato attuale, non esiste una molecola in grado di studiare la fase del riassorbimento tubulare mentre è possibile valutare e "quantificare" la fase secretoria. La molecola di riferimento per la valutazione dell'ERPF, come noto, è l'Acido Para-Amino-Ippurico (PAI), molecola ad elevatissimo coefficiente di estrazione renale (90% ad ogni passaggio). Per consentire una misura discretamente accurata del flusso plasmatico renale efficace (ERPF), un radiofarmaco ideale deve: essere eliminato esclusivamente dai reni, non essere metabolizzato, non abbandonare il compartimento intravascolare prima di transitare attraverso il rene in modo che il volume di distribuzione risulti uguale al volume plasmatico (il legame con le proteine plasmatiche riduce pertanto il volume di distribuzione extravascolare della molecola).

La prima molecola in grado di tracciare l'attività secretoria tubulare fu l'Orto-Iodio-Ippurato (OIH) marcato con ^{123}I o ^{131}I che, per caratteristiche biocinetiche, meglio si approssima a quelle del PAI (l'OIH ha una estrazione dell'80%). Tuttavia problemi di alto costo e di difficile approvvigionamento (lo ^{123}I viene prodotto tramite

reattore nucleare e non è quindi prontamente disponibile nei Centri di Medicina Nucleare; ha un'emivita breve che rende inoltre critico l'approvvigionamento) nonché limiti radioprotezionistici (elevata emissione dello ¹³¹I) rendono l'OIH ormai obsoleto. Sul mercato europeo, dal 1990 circa, è disponibile la Mercaoto-Acetil-Triglicina (MAG3) complessabile con Tecnezio. Il MAG3 è un ottimo radiotracciante: presenta un coefficiente di estrazione plasmatico del 55-60% (3 volte superiore a quello del DTPA!); ha un elevato grado di legame con le proteine plasmatiche (superiore all'80%); ha una eliminazione quasi esclusivamente renale tramite selettiva secrezione tubulare attiva (a livello del tubulo contorto distale) (2,4,7). (Figura 1 e Tavola 1). Sono ritenuti normali valori di Clearance del MAG3 di

circa 200 ml/min; di ERPF totale di circa 350 ml/min ed un tempo di picco intra-parenchimale di 2±0,5 minuti (8). La "grande fortuna" incontrata dal MAG3, che ne ha consentito una rapida diffusione in quasi tutti i centri di Medicina Nucleare, risiede nel fatto di possedere un'elevata frazione di estrazione ad ogni passaggio dal rene; ciò si traduce, scintigraficamente, nella possibilità di ottenere un miglior rapporto "segnale (proprio del target) / rumore (background)" (9). Per tale ragione si possono ottenere dati funzionali particolarmente attendibili anche in pazienti con insufficienza renale di grado moderato o severo (al contrario, l'utilizzo del DTPA risulta assolutamente sconsigliato quando il GFR scende sotto un valore di 30 ml/min e relativamente sconsigliato per valori di GFR compresi tra 30 ml/min e 50 ml/min). Inoltre l'elevato "uptake parenchimale" del radiotracciante associato al ridotto "rumore del fondo" consentono un dettaglio morfologico del parenchima renale non ottenibile con il DTPA (7,10,11).

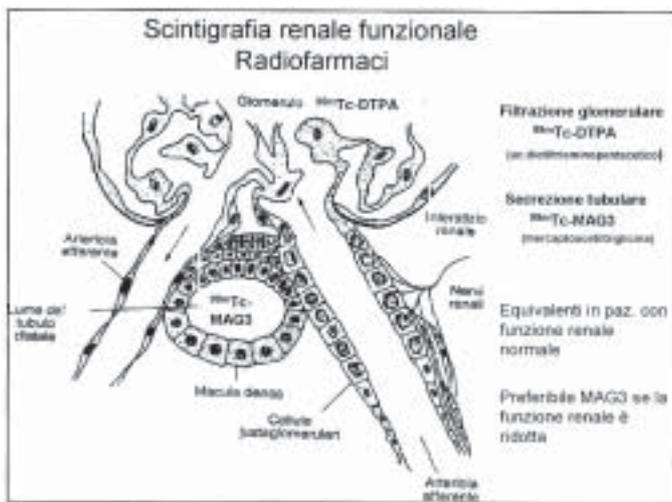


Figura 1: Vie di eliminazione dall'emuntorio renale dei radiofarmaci impiegati in scintigrafia.

MODALITA' DI ESECUZIONE

La scintigrafia renale sequenziale eseguita in condizioni di base non richiede una particolare preparazione del paziente, salvo una buona idratazione (500 cc 30 minuti prima dell'esame), mentre non è necessario il digiuno. Nessun radiotracciante, a differenza dei mezzi di contrasto di impiego radiologico, influisce sulla funzionalità renale e non sono noti rischi di reazioni allergiche. Inoltre la non invasività e la bassa dose di irradiazione rendono l'indagine ripetibile, qualora necessario, anche entro brevi

TABELLA 1 - Principali caratteristiche biocinetiche delle molecole impiegate nello studio scintigrafico di funzionalità renale

Radiofarmaco	Frazione di filtrazione	Secrezione tubulare	Coefficiente estrazione	Legame proteico
^{99m} Tc-DTPA	15-20%	-	15-20%	0-10%
⁵¹ Cr-EDTA	15-20%	-	15-20%	<5%
¹²⁵ I iotalamato	15-20%	10-20%	15-20%	4-25%
¹³¹ I-OIH	15%	65%	80%	60-70%
¹²³ I-OIH	15%	65%	80%	60-70%
^{99m} Tc-MAG3	5%	50-60%	55-60%	80-90%

TABELLA 2 - Dosi di radiazioni assorbite da un paziente del peso di 70 kg

Radiofarmaco	Dose efficace mSv/M	Reni mGy/MBq	Parete vescica mGy/MBq	Gonadi mGy/MBq
^{99m} Tc-DTPA	0.0052	0.0044	0.065	0.0043
⁵¹ Cr-EDTA	0.0021	0.0018	0.023	0.0016
¹²⁵ I iotalamato	0.0072	0.0074	0.120	0.0033
¹³¹ I-OIH	0.0530	0.1500	0.630	0.0260
¹²³ I-OIH	0.0120	0.0270	0.110	0.0079
^{99m} Tc-MAG3	0.0072	0.0040	0.120	0.0010

- ICRP 53. *Radiation doses to patients from radiopharmaceuticals*, 1988.

- Johansson L. et al. *Effective dose from radiopharmaceuticals*. *Eur J. Nucl. Med.* 19: 933-938, 1992.

- Eshima D. Et al. *Technetium-99m (99mTc) Mercaptoacetyltriglycine. Update on the new 99mTc renal tubular function agent*. *Semin Nucl. Med.* 22:61-73, 1992.

periodi di tempo (vedi tabella 2 riguardo alla dose assorbita da un paziente del peso di 70Kg).

Al paziente, posto in clinostatismo con la gamma camera (rilevatore di raggi gamma) posizionata dorsalmente, viene iniettato per via endovenosa (preferenzialmente vena cubitale) un "bolo" rapido ed impulsivo di un piccolo volume di radiofarmaco. Contemporaneamente inizia l'acquisizione delle immagini sequenziali. Nella prima fase (acquisizione nel primo minuto) si documenta dinamicamente la "fase angiografica" di primo passaggio del tracciante attraverso i reni. Nella seconda fase (acquisizioni successive al primo minuto e protratte fino al 20° minuto) si esplorano la fase di captazione parenchimale (espressione della capacità estrattiva renale) e di escrezione renale del radiocomposto.

Tramite delimitazione di regioni di interesse (ROI) e mediante l'elaborazione delle immagini digitali risulta possibile rappresentare graficamente l'andamento della radioattività nel tempo all'interno delle strutture anatomiche che l'operatore ha identificato con conseguente generazione dei radionefrogrammi (curve attività/tempo, vedi figura 2). Questi sono caratterizzati da:

- un picco vascolare iniziale, stretto e rapido (fase angiografica di primo passaggio);
- un secondo picco, più largo e più lento, espressione della funzione glomerulare o tubulare a seconda del radiofarmaco impiegato;
- una terza fase che rispecchia il deflusso pielo-ureterale dell'urina radioemittente.

Esistono due varianti metodologiche rispetto alla metodica standard descritta:

- la scintigrafia renale sequenziale con stimolo diuretico, impiegata nello studio delle uropatie ostruttive;
- la scintigrafia renale sequenziale dopo somministrazione di ACE-inibitore, impiegata nello studio dell'ipertensione nefrovascolare.

LA SCINTIGRAFIA RENALE SEQUENZIALE CON STIMOLO DIURETICO

La scintigrafia renale sequenziale con stimolo diuretico utilizza la furosemide che agisce principalmente sulla branca ascendente dell'ansa di Henle, bloccando il riassorbimento attivo di sodio e cloro, e sul tubulo contorto prossimale, riducendo il riassorbimento di acqua. L'azione della furosemide causa un imponente aumento del volume di urina prodotta. Al termine di una scintigrafia renale sequenziale basale viene somministrata la furosemide: il presupposto su cui si basa il test diuretico è che, in un sistema ostruito, il deflusso urinario permane compromesso anche se viene incrementata al massimo la "vis a tergo" con un forte stimolo alla diuresi. Al contrario, il diuretico provoca un'accelerazione del deflusso, con rapido svuotamento delle vie escrettrici, quando la lenta eliminazione dell'urina è dovuta a semplice stasi di natura funzionale. Le principali indicazioni all'esecuzione della scintigrafia con diuretico sono la sospetta displasia del giunto pielo-ureterale ed il megauretore primitivo in

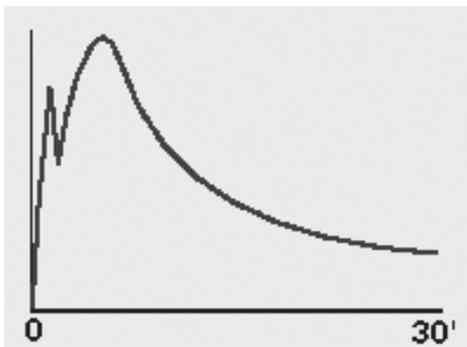


Figura 2: Andamento caratteristico del radionefrogramma nel soggetto normale; spiegazione nel testo.

previsione di eventuale trattamento chirurgico di pieloureteroplastica. Tuttavia in tutte le situazioni in cui esiste una ostruzione cronica delle vie escretici lo studio può fornire importanti informazioni funzionali (vedi tabella 3 e figura 3) (12-15).

SCINTIGRAFIA RENALE SEQUENZIALE CON ACE-INIBITORE

La scintigrafia renale sequenziale con ACE-Inibitore prevede la somministrazione di 25-50 mg di captopril per bocca 60 minuti prima dell'esecuzione della renografia. Lo studio diagnostico inizia con la scintigrafia in corso di stimolo farmacologico seguita, ad almeno due giorni di distanza, dalla scintigrafia in condizioni basali. L'ipertensione nefrovascolare è generata dall'ipoperfusione renale e conseguente attivazione del sistema renina-angiotensina. La causa più frequente è una stenosi dell'arteria renale. E' opportuno però ricordare

che una stenosi di un'arteria renale non è necessariamente causa di ipertensione nefrovascolare: infatti è reperto comune anche in persone anziane non ipertese e viene riscontrata in molte persone ipertese, senza esserne la causa. In caso di riduzione della perfusione renale, esiste un meccanismo omeostatico teso a mantenere adeguata la filtrazione glomerulare: le cellule dell'apparato juxtaglomerulare, situato nella parete dell'arteriola afferente immediatamente prima del glomerulo, rispondono all'ipoperfusione con la produzione di renina, un enzima che catalizza la conversione dell'angiotensinogeno prodotto dal fegato in angiotensina. L'angiotensina I, a sua volta, viene convertita ad angiotensina II da parte dell'enzima di conversione dell'angiotensina (ACE) che si trova principalmente nei polmoni. L'angiotensina II, che è il più potente vasocostrittore conosciuto, provoca la costrizione

TABELLA 3 - Principali cause di ostruzione cronica delle vie escretrici.

Megauretere primitivo
Patologia del giunto pieloureterale
Patologia del giunto uretero-vescicale
Fibrosi retroperitoneali
Uretere retrocavale
Uretere retroiliaco
Ureterocele
Litiasi
Terapia radiante
Compressioni estrinseche (tumori intestinali e pelvici)

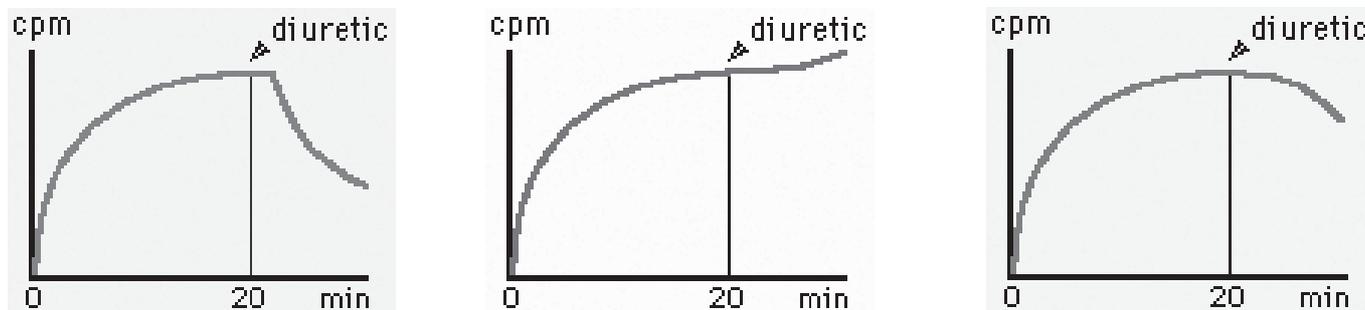


Figura 3: Andamento della curva radionefrografica nel soggetto con idronefrosi o con megauretere documentati all'ecografia. Nella prima immagine il sistema non è ostruito (stasi funzionale) con pronta ed efficace risposta escrettrice; nel secondo caso si verifica un progressivo accumulo del radiocomposto a livello delle vie escretrici (ostruzione organica); in alcuni casi la curva radionefrografica presenta un comportamento intermedio con risposta solo parziale (casi dubbi). In questi ultimi (circa il 15% del totale) è possibile risolvere nella metà dei casi il dubbio ripetendo l'indagine ma somministrando il diuretico circa 15 minuti prima della scintigrafia renale.

dell'arteriola efferente con conseguente aumento della pressione di filtrazione glomerulare. L'iperincretazione di renina provoca, però, anche un incremento dei valori pressori sistemici dovuto principalmente all'azione diretta dell'angiotensina II sui vasi e alla stimolazione che questa determina alla produzione di aldosterone e catecolamine. Un farmaco ACE-inibitore è in grado di bloccare questo meccanismo compensatorio, impedendo la formazione dell'angiotensina II e provocando, di conseguenza, una contestuale, brusca riduzione della velocità di filtrazione glomerulare del rene affetto (vedi figura 4).

Durante la **scintigrafia con ACE-inibitore** il meccanismo compensatorio è bloccato, con conseguente calo della filtrazione glomerulare del rene affetto da stenosi dell'arteria, mentre non cambia significativamente la funzionalità del rene controlaterale (vedi figura 5).

Confrontando l'indagine in presenza di ACE-inibitore con

quella in condizioni basali si osserva riduzione della funzionalità di un rene con comparsa o accentuazione di una asimmetria tra i valori di funzionalità renale relativa ai due reni (16-18).

In particolare:

- Utilizzando come radiofarmaco il ^{99m}Tc-DTPA, ad esclusiva filtrazione glomerulare, dopo somministrazione dell'ACE-inibitore si osserva una riduzione della captazione del rene stenotico e la curva renografica mostra una riduzione dell'ampiezza, fino al quadro di curva piatta da rene insufficiente (19,20) (vedi figura 5).

- Nel caso si utilizzi il ^{99m}Tc-MAG3, che viene eliminato prevalentemente per escrezione tubulare, il quadro scintigrafico è differente. Infatti, poichè la funzione tubulare non viene molto compromessa, se non in presenza di importante ipoperfusione, la riduzione della pressione di filtrazione glomerulare dopo ACE-inibitore viene evidenziata attraverso una riduzione del "washout" del radiofarmaco dai tubuli. E', quindi, possibile che si evidenzi un'iniziale riduzione della captazione del rene affetto, ma si osserva invariabilmente un prolungamento della fase di escrezione ("trapping intraparenchimale"). Le curve renografiche (vedi figura 6) mostrano un allungamento del tempo di massima ampiezza o appaiono in continuo progressivo accumulo, senza mostrare fase di escrezione. Quest'ultimo sembra essere il radiofarmaco più promettente per lo studio dell'ipertensione nefrovascolare perchè, grazie alla sua più elevata frazione di estrazione, fornisce dati meglio interpretabili, anche in soggetti iperazotemici. L'accuratezza del test risulta

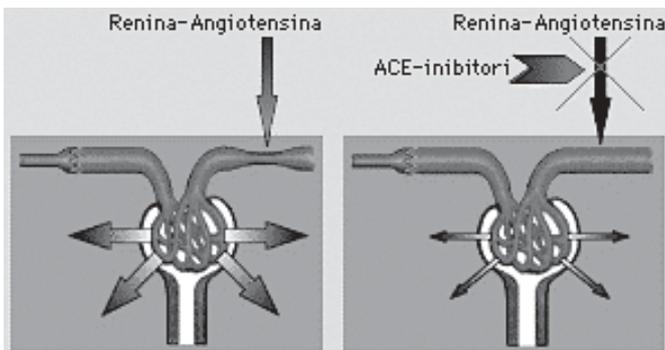
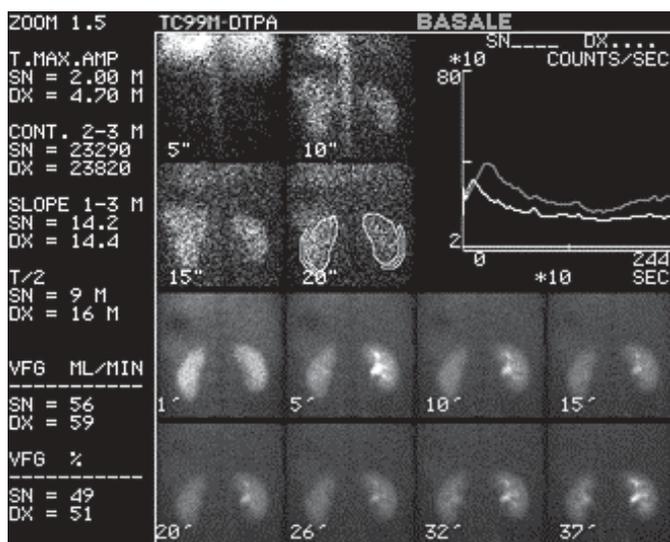
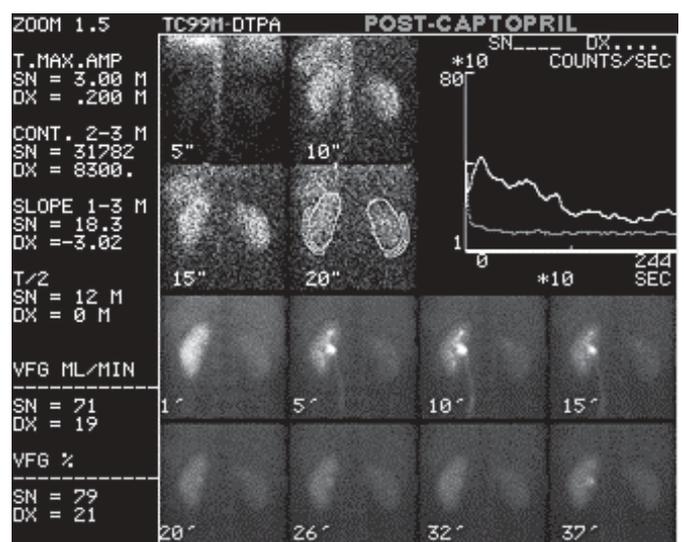


Figura 4: Etiopatogenesi dell'ipertensione da stenosi dell'arteria renale (o di un suo ramo intraparenchimale); descrizione dettagliata nel testo.



A



B

Figura 5: Stenosi dell'arteria renale destra con utilizzo di un tracciante glomerulare. Nello studio in corso di ACE-Inibizione (B) il rene destro appare ipofunzionale con curva radionefrografica.

TABELLA 4 - Parametri di valutazione della “performance” della scintigrafia renale con MAG3 ed ACE-Inibitore (20, 21)

<p>SENSIBILITA' 90-94% (percentuale di risposte positive in una popolazione composta da soli pazienti affetti da malattia)</p>
<p>SPECIFICITA' 96-98% (percentuale di risposte negative in una popolazione di soggetti esenti da malattia)</p>
<p>ACCURATEZZA 92-94% (percentuale globale delle risposte corrette - positive o negative ottenute in tutti i pazienti esaminati)</p>
<p>VALORE PREDITTIVO POSITIVO 90-92% (attendibilità del risultato positivo in una determinata popolazione)</p>
<p>VALORE PREDITTIVO NEGATIVO 97-98% (attendibilità del risultato negativo in una determinata popolazione)</p>

molto elevata nei casi di stenosi monolaterale e un po' più bassa nei casi di stenosi bilaterale (8,17,21,22).

Le principali cause di falsa positività sono rappresentate da marcata dilatazione del sistema escretore, disidratazione, severa ipotensione, replezione vescicale all'inizio dell'esame, insufficienza renale terminale. False negatività possono verificarsi solo in rapporto ad attivazione del sistema renina-angiotensina per circoscritta patologia ostruttiva a livello delle arterie interlobulari. Per tali ragioni, in una popolazione di ipertesi ben selezionata, la scintigrafia renale con ACE-Inibitore test garantisce valori di sensibilità e specificità molto elevati. Tali valori sono riportati nella tabella 4 (11,21-24). Considerato che la scintigrafia renale rappresenta un esame diagnostico ottimamente tollerato dal paziente (assenza di rischi allergici o di reazioni farmacologiche indesiderate, assente invasività, irradiazione marcatamente inferiore rispetto alle tecniche arterio-angiografiche), essa si pone, integrata con l'ecografia, come esame di prima istanza nella diagnosi dei pazienti affetti da ipertensione nefrovascolare. Tuttavia, la pur ridotta percentuale di falsa positività provocherebbe una netta riduzione dell'accuratezza diagnostica se il test venisse eseguito di routine in tutti gli ipertesi (data la bassa prevalenza di patologia). Risulta pertanto necessaria un'accurata selezione dei pazienti da sottoporre all'indagine, secondo i seguenti parametri clinici:

- recente insorgenza di ipertensione in individui giovani (età < 35 anni);
- ipertensione con valori pressori diastolici superiori a 105 mm Hg;
- anamnesi positiva per patologia vascolare occlusiva in altri distretti;
- ipertensione con incremento della creatinina, nella quale non si sospettino altre cause di insufficienza renale;
- comparsa o peggioramento di insufficienza renale in seguito all'uso di farmaci ACE-Inibitori.

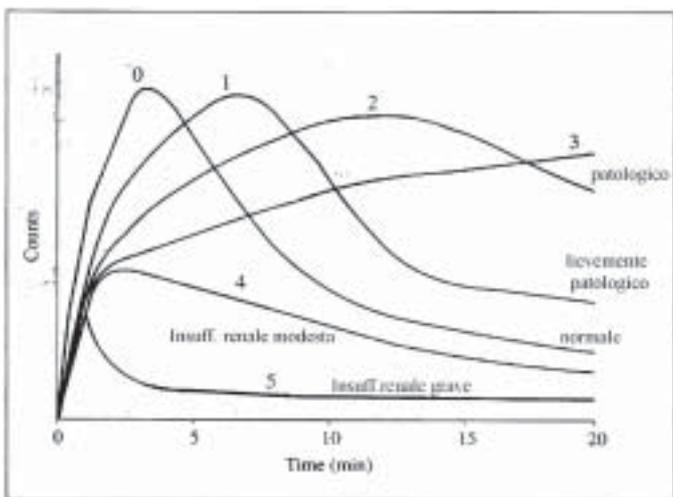


Figura 6: Curve radionefrografiche con MAG3 dopo stimolo con ACE-inibitore: l'andamento delle curve 2 e 3 evidenzia la possibilità di un'attivazione del sistema renina-angiotensina intrarenale (probabilità intermedia e probabilità elevata rispettivamente). Il radiotracciante viene allontanato dal parenchima renale con difficoltà (intrappolamento intratubulare da “riduzione della vis a tergo”). In questi casi è necessario un successivo studio scintigrafico in condizioni basali per confermare la presenza di una eventuale stenosi arteriosa.

PRINCIPALI INDICAZIONI

Le principali indicazioni all'utilizzo della scintigrafia renale sequenziale sono:

- 1) **valutazione della funzionalità renale separata** (studio basale): calcolo del GFR (con DTPA) o dell'ERPF (con MAG3) nella diagnosi e nel follow-up;

- 2) **diagnosi di ipertensione nefro-vascolare** (studio con ACE-Inibitore);
- 3) **follow-up del paziente sottoposto a rivascolarizzazione renale** (studio basale o con ACE-Inibitore nelle sospette restenosi);
- 4) **uropatia ostruttiva** (con test diuretico) nella diagnosi differenziale e nel follow-up;
- 5) **studio morfo-funzionale delle malformazioni renali;**
- 6) **valutazione di sospetto infarto renale;**
- 7) **valutazione dei pazienti con trauma renale;**
- 8) **trapianto renale:** a) studio funzionale e follow-up del trapiantato;
b) studio funzionalità renale bilaterale nel donatore;
- 9) **valutazione dei pazienti posti in terapia con ace-inibitori**, per escludere che la stessa, in presenza di una eventuale stenosi monolaterale dell'arteria renale, possa alterare la funzionalità del rene corrispondente senza dare alcun sintomo grazie alla funzione vicariante del rene non affetto.

CONCLUSIONI

La scintigrafia renale sequenziale (basale o con stimoli farmacologici) rappresenta un'indagine di elevato valore diagnostico, di facile esecuzione, complessivamente di basso costo, priva di rischi, ripetibile anche in brevi intervalli di tempo e a bassa irradiazione per il paziente.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Taplin GV, Meredith OM, Kade H. *The radioisotope renogram. An external test for individual kidney function and upper urinary tract patency.* J Lab Clin Med. 1956;48:886-91.
- 2) Fritzberg AR, Kasina S, Eshima D, Jonson DL. *Synthesis and biological evaluation of ^{99m}Tc-MAG3 as a hippuran replacement.* J Nucl Med. 1986;27:111-6.
- 3) Chervu LF, Blaufox MD. *Radiopharmaceuticals for measurement of glomerular filtration rate and renal plasma flow.* In: Blaufox MD, editor. *Evaluation of renal function and disease with radionuclides: the upper urinary tract.* 2nd ed. Basel, Switzerland: Karger; 1989:28-59.
- 4) Prigent A, Cosgriff P, Gates GF. *Consensus report on quality control of quantitative measurements of renal function obtained from the renogram: international consensus committee from scientific committee of radionuclides in nephrourology.* Sem Nucl Med. 1999;29:146-59.
- 5) Levey AS. *Use of glomerular filtration rate measurements to assess the progression of renal diseases.* Sem Nephrol. 1989;9:370-9.
- 6) Rehling M. *Stability, protein binding and clearance studies of ^{99m}Tc DTPA. Evaluation of commercially available dry-kit.* Scand J Clin Lab Invest. 1988;48:603-9.
- 7) Bubeck B, Brandau W, Weber E. *Pharmacokinetics of Technetium ^{99m} MAG3 in human.* J Nucl Med. 1990;31:1285-93.
- 8) Taylor A, Morton K. *Multicenter trial validation of a camera based method to measure ^{99m}Tc MAG3, clearance.* Radiology 1997;204:47-54.
- 9) Taylor A Jr, Thakore K, Folks R, Halkar R, Manatunga A. *Background subtraction in ^{99m}Tc MAG3 renography.* J Nucl Med. 1997;38:74-9.
- 10) Dubovsky EV, Russel CD, Bischof-delaloye A, Bubeck B, Chaiwatanarat T, Hilson AJ et al. *Report of the radionuclides in nephrourology committee for evaluation of transplanted kidney (review of techniques).* Sem Nucl Med. 1999;29:175-88.
- 11) Taylor A, Clark S, Ball T. *Comparison of Tc ^{99m} MAG3 and Tc ^{99m} DTPA scintigraphy in neonates.* Clin Nucl Med. 1994;19:575-80.
- 12) Taylor A. *Radionuclide scintigraphy: a personal approach.* Semin Nucl Med. 1999;29:102-27.
- 13) Jones DA, George N Jr. *Interactive obstructive uropathy in man: a review.* Br J Urol. 1992;69:337-45.
- 14) O'Reilly PH, Testa HJ, Farrer DJ. *Diuresis renography in equivocal urinary tract obstruction.* Br J Urol. 1978;50:76-80.
- 15) O'Reilly PH. *Consensus on diuresis renography for investigating the dilated upper urinary tract.* J Nucl Med. 1996;37:1872-6.
- 16) Taylor A Jr, Nally J, Aurell M, Dondi M, Dubovsky E, Fine E et al. *Consensus report on ace inhibitor renography for the detection of renovascular hypertension.* Radionuclides in Nephrourology Group. Consensus Group on ACEI Renography. J Nucl Med. 1996;37:1876-82.
- 17) Taylor A. *renovascular hypertension: Nuclear Medicine Techniques.* Q J Nucl Med. 2002;46:268-82.
- 18) Fanti S, Dondi M, Guidalotti PL, Lampreave JL, Romeo A, Zoboli S, Monetti N. *Bilateral symmetrical induced changes in captopril scintigraphy.* J Nucl Med. 1998;39:39:86p.
- 19) Hilson AJ, Mistry RD, Maisey MN. *^{99m}Tc DTPA for the measurement of glomerular filtration rate.* Br J Radiol. 1976;49:794-6.
- 20) Dondi M, Fanti S, De Fabritiis A, Zuccalà A, Gaggi R, Mirelli A et al. *Prognostic value of captopril renal scintigraphy in renovascular hypertension.* J Nucl Med. 1992;33:2040-4.
- 21) Piepze A, Tondeur M. *Relative ^{99m}Tc MAG3 renal uptake:*

- reproducibility and accuracy.* J Nucl Med. 1999;40:972-6.
- 22) Taylor A, Grant S, et al. *A prospective study to compare the reproducibility of camera based MAG3 and creatinine clearance measurements.* J Nucl Med. 1999;40:52.
- 23) Russel CD, Taylor AT, Dubovsky EV. *Measurement of renal function with Tc 99m-MAG3 in children and adult.* J Nucl Med. 1996;37:588-93.
- 24) Taylor A Jr, Myrick S, Grant S, Issa M, Halkar R, Alazraki NP. *Comparison of Tc 99m MAG3 and Tc 99m DTPA in*

renal transplant patients with impaired renal function. Clin Nucl Med. 1990;15:371-8.

Corrispondenza a:

Dott. Alessandro Fraternali
Unità Operativa di Medicina Nucleare, Azienda Ospedaliera
Arcispedale S Maria Nuova, Viale Risorgimento n 80, 42100
Reggio Emilia
@mail: fraternali.alessandro@asmn.re.it

B