



ASSOCIAZIONE ITALIANA DI MEDICINA NUCLEARE
IMAGING MOLECOLARE E TERAPIA

RACCOMANDAZIONI PROCEDURALI in NEFRO-UROLOGIA

a cura del GdS Pediatria

**Michela Allocca, Diego De Palma, Natale Quartuccio, Laura
Cassalia, Domenico Albano, Alfredo Campennì, Maria Carmen
Garganese, Angelina Cistaro, Arnoldo Piccardo**

Revisione 2025

Vrs. 04/2025

INDICE

SCINTIGRAFIA RENALE STATICA.....	2
SCINTIGRAFIA RENALE SEQUENZIALE.....	5
SCINTIGRAFIA RENALE SEQUENZIALE con test al CAPTOPRIL	13
CALCOLO INDICI DI CLEARANCE	16
CISTOSCINTIGRAFIA DIRETTA nei bambini	18

SCINTIGRAFIA RENALE STATICA

Indicazioni	Valutazione della massa renale funzionante e danno parenchimale renale in varie nefropatie e studio della funzionalità renale separata. In particolare è indicata nello studio delle seguenti condizioni: 1) Pielonefriti (diagnosi di pielonefrite acuta e follow-up, con ricerca di scars permanenti dopo almeno 6 mesi dall'episodio acuto) 2) Rilevamento del danno parenchimale dopo un trauma 3) Caratterizzazione di anomalie renali (ad esempio agenesia renale, rene a ferro di cavallo, displasia renale) 4) Rilevamento del tessuto renale ectopico 5) Valutazione del parenchima residuo in malattia renale cronica (ad esempio per reni policistici, insufficienza renale cronica, ipertensione nefrovascolare) 6) Valutazione regionale della funzionalità del parenchima renale nei pazienti con calcoli renali complessi prima e dopo il trattamento 7) Valutazione preoperatoria della funzione renale segmentaria 8) Valutazione in donatore vivente per trapianto renale La scintigrafia renale statica è il metodo di scelta per il monitoraggio delle sequele della pielonefrite acuta, con un intervallo di tempo minimo di circa 6 mesi dopo l'infezione acuta, per considerare i difetti corticali come cicatrici renali permanenti. L'uso per la diagnosi di infezione acuta è possibile ma non supportato dalle LG; se lo scopo è di confermare la diagnosi di pielonefrite acuta, la scintigrafia deve essere eseguita durante l'episodio di infezione acuta (o entro 1 settimana) e nel caso si evidenziassero difetti regionali dell'uptake, è necessario eseguire una scintigrafia di follow-up 6 mesi dopo per valutare l'eventuale risoluzione del quadro.
Controindicazioni	Gravidanza Allattamento (da sospendere per 24h)
Preparazione	Indispensabile una buona idratazione: è pertanto utile invitare il paziente a bere 500 ml di acqua o altri liquidi 30-60 minuti prima dell'esecuzione dell'esame. È importante mantenere l'idratazione anche durante il tempo di attesa post-iniezione. È consentita una colazione leggera. Prima dell'esame il medico nucleare dovrà valutare l'indicazione clinica allo studio, effettuare l'anamnesi patologica prossima e remota, indagare circa la terapia in atto e raccogliere dati sulle procedure ed altre indagini radiologiche eseguite.
Precauzioni	Rispetto LDR
Radiofarmaci ed attività	^{99m}Tc-DMSA (Acido dimercaptosuccinico) Il ^{99m}Tc-DMSA viene assorbito dai vasi peritubulari e si localizza a livello delle cellule tubulari nella pars recta: 2 ore dopo l'iniezione, il 40-65% dell'attività somministrata si concentra nella corticale renale. Il suo uptake riflette pertanto il flusso sanguigno e la funzione renale regionale: la scintigrafia renale statica

	quindi fornisce un metodo accurato per la valutazione della funzione renale differenziale e della funzione del parenchima renale regionale, con un'elevata sensibilità per il rilevamento dei difetti corticali. Nell'adulto si somministrano per via endovenosa tipicamente 1MBq/kg di peso corporeo (Attività minima 40 MBq, attività massima 160 MBq). L'attività NON va incrementata se si prevede scansione SPECT. Per i pazienti pediatrici l'attività somministrata è modulata secondo le tabelle fornite dall'EANM o dall'SNMMI (dome minima 15-20 MBq).
Dosimetria	ICRP 80
Acquisizione	L'esame è acquisito tra 2 e 3 ore dopo la somministrazione del radiofarmaco. Gamma camera a grande campo (Large Field Of View, LFOV). Collimatori a fori paralleli low-energy high resolution (LEHR) o ultra-high resolution (LEUHR); Per ottenere immagini con una più alta risoluzione spaziale è possibile utilizzare un collimatore pin-hole. Energia: 140 keV $\pm$ 10% Matrice di acquisizione 128x128 pixel o 256x256. Zoom adeguato alla corporatura del paziente. Con collimatori a fori paralleli si acquisiscono immagini statiche di 250-500 kcounts o a tempo (5–10 min/per view), abitualmente nelle proiezioni posteriore, obliqua posteriore sinistra 45° ed obliqua posteriore destra 45°. Nel caso di anomalie di forma e sede dovranno essere acquisite anche le corrispondenti proiezioni anteriori. L'acquisizione di altre proiezioni o di una SPECT è decisa di volta in volta, per rilevare piccoli difetti e nei pazienti con reni ectopici: in genere viene effettuata con una matrice 128 $\times$ 128, 120 views in totale (spaziatura di 3°) con 15-20 sec/view.
Elaborazione	Le immagini rappresentate sul monitor sono normalizzate al massimo conteggio e con scala di grigio. Per il calcolo della funzione renale differenziale si raccomanda di disegnare la regione di interesse (ROI) in modo da includere l'intero rene, solitamente sull'immagine ottenuta in proiezione posteriore. Nella maggior parte dei casi la valutazione basata solo sulla proiezione posteriore è sufficiente e non è richiesta alcuna correzione di attenuazione. La sottrazione dell'attività di fondo può essere utile, specie nel caso di un rene piccolo e bisogna porre particolare attenzione al posizionamento delle ROI di fondo (ampie in modo da comprendere tutto il rene). Una misurazione più accurata della funzione renale differenziale si ottiene utilizzando sia le viste anteriori che posteriori con il metodo della media geometrica, consigliata nella valutazione di rene ptosici, rene ectopico, rene a ferro di cavallo o un'altra anomalia di fusione, ecc.. Importante è la valutazione dell'attività per unità di volume in particolare nei pazienti con reni asimmetrici.
Interpretazione	Analisi visiva

	Devono essere valutate sede, forma, dimensioni dei reni ed uptake parenchimale del tracciante. La normale distribuzione del radiofarmaco delinea una porzione esterna più captante ed una interna meno captante, perché il DMSA non si fissa nella midollare e non deve trovarsi nel sistema escretore. I contorni dei reni sono solitamente arrotondati. Il semplice appiattimento di un profilo, specie di quello superiore del rene sinistro (impronta splenica), non è indicativo di lesione parenchimale. Sono possibili ipoattività apparenti dei poli, specie di quelli superiori, per contrasto con le adiacenti colonne del Bertin. La presenza di lobulazione fetale o di un difetto parenchimale giunzionale (entrambe varianti anatomiche) può essere difficile da distinguere dalla cicatrizzazione con la sola scintigrafia renale. Tutte le aree di anomala ipoattività devono essere descritte in termini di numero, dimensione, posizione, forma e margini: - Le cicatrici corticali dopo pielonefrite possono presentarsi come assottigliamenti oppure come difetti ipoattivi a cuneo, solitamente associati ad una alterazione del profilo renale. Una cicatrice può essere considerata stabilizzata 6 mesi dopo l'episodio infettivo acuto. - Le lesioni della pielonefrite acuta sono ipoattive e possono avere estensione variabile, talvolta senza deformare i margini renali. Un rene displastico è generalmente più piccolo, con captazione ridotta o assente. Se presente l'uptake è per lo più disomogeneo, senza un difetto periferico nel contorno renale. I reni displastici sono tuttavia più inclini a infezioni e quindi è possibile che coesistano anche esiti cicatriziali. Analisi semi-quantitativa Calcolo dell'indice di captazione di ciascun rene espressione della capacità funzionale separata: i valori normali di funzionalità separata sono compresi fra 45%- 55%. NB: Anche in caso di funzione renale ridotta bilateralmente tali valori possono risultare nel range di normalità.
Report finale	Il referto dovrà essere corredato delle immagini, preferibilmente riprodotte utilizzando la scala dei grigi e non il colore. Il referto deve riportare informazioni circa la morfologia renale (sede, forma e dimensioni), la distribuzione (omogeneo o disomogeneo) del tracciante, riportando eventuali difetti corticali (numero, sede e forma), il gradiente di uptake e la capacità funzionale separata.
Sorgente d'errore	- Iniezione fuori vena - Movimento del paziente in corso di acquisizione degli studi
Bibliografia	Vali, R., Armstrong, I.S., Bar-Sever, Z. et al. SNMMI procedure standard/EANM practice guideline on pediatric [99mTc]Tc-DMSA renalcorticalscintigraphy: an update. ClinTransl Imaging 10, 173–184 (2022). https://doi.org/10.1007/s40336-022-00484-x

SCINTIGRAFIA RENALE SEQUENZIALE

Indicazioni	1) Studio della funzionalità renale separata nelle situazioni di insufficienza renale (quando è ipotizzabile una discrepanza di funzionalità tra i due reni, per valutare la funzione residua del singolo rene, incluse lesioni occupanti spazio) 2) Idronefrosi (HN) o idroureteronefrosi (HUN) per confermare o escludere una uropatia ostruttiva (ad es. per litiasi o sospetta malattia del giunto pieloureterale) oltre che nel follow-up per valutare la risposta funzionale ed escretoria ad eventuali provvedimenti terapeutici 3) Nefro-uropatie infettive (pielonefriti acute o croniche per valutare funzione e drenaggio) 4) Nefropatie malformative (come ad esempio rene a ferro di cavallo, doppio distretto renale...) 5) Valutazione del trapianto renale 6) Valutazione di donatore vivente per trapianto renale In particolare nei pazienti pediatrici la scintigrafia renale sequenziale è utile nelle seguenti condizioni: a) Valutazione iniziale della funzionalità renale e del drenaggio nei neonati e nei bambini con diagnosi ecografica di HN/HUN, asintomatici e con cistouretrografia minzionale che non dimostra episodi di reflusso vescico-ureterale (RVU). b) Follow-up nei pazienti con uno studio iniziale inconcludente nel tentativo di individuare i reni a rischio di perdita di funzionalità. c) Bambini con dolore addominale ricorrente e HN per diagnosticare l'ostruzione intermittente del giunto pieloureterale come causa dei sintomi. In questi pazienti la scintigrafia renale sarebbe più informativa se eseguita entro 24 ore da un episodio di dolore. d) Valutazione della funzionalità renale e del drenaggio dopo interventi chirurgici.
Controindicazioni	Gravidanza Allattamento (da sospendere per 24h)
Preparazione	Indispensabile una buona idratazione: è pertanto utile invitare il paziente a bere 30-60 minuti prima dell'esecuzione dell'esame 500 ml di acqua o altri liquidi. È consentita una colazione leggera. Generalmente è preferibile non eseguire la scintigrafia sequenziale renale prima di una settimana da precedenti indagini contrastografiche. In assenza di controindicazioni mediche, potrebbe essere utile sospendere farmaci diuretici la mattina dell'esame e ACE-inibitori (secondo le caratteristiche specifiche di emivita). Prima dell'esame il medico di medicina nucleare deve esaminare tutti i dati clinici, di laboratorio e di imaging disponibili, facendo attenzione al valore di creatininemia (preferibilmente non antecedente ad un mese prima dell'esame), l'età, il peso e l'altezza del paziente; è altresì opportuno indagare sulla terapia in corso, sulla presenza di cateteri vescicali, stent ureterali o nefrostomia (in quest'ultimo caso in base al tipo di quesito clinico, il tubo nefrostomico potrebbe dover essere clampato prima dell'esame)

	È consigliabile invitare il paziente ad urinare prima dell'esecuzione dell'esame (una vescica piena può causare un aumento significativo della pressione intraventricolare e di conseguenza un drenaggio ritardato dalla pelvi renale). In caso di pazienti di età pediatrica, la procedura deve essere spiegata ai genitori e ai bambini abbastanza grandi da capire. I genitori devono essere incoraggiati a rimanere con il bambino per tutta la durata dell'esame. Se il protocollo prevede di routine idratazione e.v., il volume di liquidi suggerito è di 15-20 mL/kg (circa due terzi di esso devono essere somministrati prima dell'iniezione di furosemide). Tuttavia, molti bambini possono raggiungere un'idratazione adeguata con l'assunzione orale di liquidi (latte, acqua, succo) appropriata all'età. L'idratazione orale dovrebbe essere incoraggiata prima dell'arrivo e durante la permanenza in reparto.
Precauzioni	Rispetto LDR
Radiofarmaci ed attività	Di seguito i radiofarmaci più comunemente utilizzati nella pratica clinica. <u>Radiofarmaci a filtrazione glomerulare:</u> ^{99m}Tc-DTPA (acido dietilen-triamino-pentacetico). Il ^{99m}Tc-DTPA è un agente chelante di piccole dimensioni, dotato di un basso legame proteico nel plasma (3-5%), che come l'inulina diffonde liberamente nell'ultrafiltrato glomerulare in misura pressoché analoga alla quota di filtrazione del plasma (circa il 20% ad ogni passaggio renale), senza essere né secreto né riassorbito dai tubuli, per cui è utile nella valutazione del GFR (Glomerular Filtration Rate). <u>Radiofarmaci a secrezione tubulare:</u> ^{99m}Tc-MAG3 (mercapto-acetil-triglicina). Il ^{99m}Tc-MAG3 è caratterizzato da una maggiore percentuale di legame con le proteine plasmatiche (>80%), comunque con frazione di estrazione pari a circa il 40-50%, più del doppio rispetto al ^{99m}Tc-DTPA. Questo perché viene eliminato quasi esclusivamente per secrezione dai tubuli contorti prossimali (>90%) e solo in minima parte è poi rimosso per via glomerulare ed epato-biliare. La sua clearance esprime quindi il TER (Tubular Extraction Rate), vale a dire in media il 60% del para-amminoippurato (PAH), la cui clearance, essendo eliminato per secrezione tubulare e per filtrazione glomerulare, esprime l'ERPF (effective renal plasma flow). Il ^{99m}Tc-MAG3 è attualmente il radiofarmaco più frequentemente utilizzato nella pratica clinica in medicina nucleare, in quanto essendo a secrezione tubulare presenta una elevata frazione di estrazione e quindi garantisce immagini con un miglior rapporto rene-fondo, specie in presenza di ridotta capacità funzionale renale; quindi è da preferire nei pazienti con funzionalità renale compromessa e nelle valutazioni di preminente interesse urologico e nei pazienti pediatrici. Attività somministrata nell'adulto: ^{99m}Tc-DTPA 150-200MBq (circa 2-3 MBq per kg di peso corporeo) ^{99m}Tc-MAG3 160 MBq (circa 2 MBq per kg di peso corporeo) Attività somministrata nei pazienti pediatrici: stabilite secondo le tabelle fornite dall'EANM o dall'SNMMI (dose minima circa 15 MBq per MAG3).

Dosimetria	ICRP 80
Acquisizione	Esame in clinostatismo, con paziente supino ed acquisizione planare in proiezione posteriore, posizionando il detettore il più vicino possibile al paziente. In caso di rene trapiantato o rene ectopico è indicata la registrazione in proiezione anteriore. Gamma camera a grande campo (Large Field Of View, LFOV), centrando i reni nel campo di vista, arrivando a comprendere se possibile la vescica. Collimatori a fori paralleli low-energy general-purpose (LEGP) o high resolution (LEHR); per acquisizioni con ^{123}I-OIH, nel caso di necessità di quantificazioni più precise, potrebbero essere usati collimatori a media energia. Energia: $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 140 keV $\pm$ 10%; ^{123}I 159 keV $\pm$ 10%. Matrice di acquisizione 64x64 pixel o 128x128 pixel (preferibile). Zoom adeguato alla corporatura del paziente, fino ad ottenere un adeguato ingrandimento dei reni, pur mantenendo nel campo di vista tutto l'asse escretore (in media 1-1.3 per gli adulti e maggiore per i pazienti pediatrici). Se si intende effettuare il calcolo della funzione renale assoluta è necessario contare l'attività della siringa prima e dopo la somministrazione, mediante l'acquisizione di immagini statiche. Attenzione alla linearità di conteggio nella scansione della siringa prima della somministrazione. Iniezione del radiofarmaco in bolo e.v. contemporaneamente all'avvio dell'acquisizione dinamica. Non esiste un protocollo di acquisizione standardizzato: acquisizione dinamica, generalmente di 20-30 minuti, con frames di durata costante, in caso di acquisizione in singola fase (tutti da 10-20'') o variabile, in caso di acquisizione a più fasi in cui si potrebbero prevedere frames iniziali di breve durata (anche 1-5''), per la fase di perfusione (indispensabile per la valutazione del trapianto renale), seguiti da frames di 10-20''. Consigliabile comunque utilizzare frames da 10'' per la fase di accumulo. Nella stragrande maggioranza dei casi è indicato acquisire un'immagine statica finale post-minzionale. Una postura eretta e una vescica vuota, massimizzando la differenza di pressione con la pelvi renale, facilitano il drenaggio dell'urina. Pertanto se il drenaggio alla fine dell'imaging dinamico è insufficiente (elevata attività residua), si dovrebbe ottenere almeno un'immagine statica del rene dopo ortostatismo e minzione, acquisita dopo periodi di tempo standardizzati (10 minuti, ma anche 60 minuti o più secondo tempistiche prestabilite nel proprio protocollo).
Acquisizione sequenza diuretica	Una sequenza diuretica è indicata nello studio del drenaggio renale in sospetta patologia ostruttiva. Il diuretico utilizzato è la furosemide. Dose standard Furosemide: - Negli adulti è di 0,5 mg/kg o 40 mg - Nei pazienti pediatrici fino a 1 anno di età è di 1 mg/kg (con dose massima consigliata di 40 mg) Negli adulti con funzionalità renale normale, 40 mg di furosemide producono la massima diuresi, con flussi di urina che raggiungono circa 20 mL/min entro 3-6 minuti. In un giovane adulto con normale funzionalità renale, una diuresi

	adeguata viene raggiunta solitamente con 20-30 mg di furosemide. I pazienti adulti con funzionalità renale compromessa, tuttavia, potrebbero non avere una risposta diuretica adeguata e potrebbe essere necessario aumentare la dose di furosemide. Nessuno studio tuttavia ha confrontato 40 mg di furosemide con dosi più elevate in pazienti con funzionalità ridotta di uno o entrambi i reni. Sono stati utilizzati diversi protocolli per la scintigrafia renale con test provocativo diuretico, che differiscono nella tempistica della somministrazione di furosemide. I protocolli più comunemente utilizzati sono F = 0, con la somministrazione di furosemide contemporaneamente a quella del radiofarmaco ed F+20 o F+30, in cui il diuretico è somministrato solo dopo una prima sequenza dinamica basale di 20 o 30 minuti, con l'acquisizione di un secondo set di immagini dinamiche (con frame di 10-20") per altrettanti 20-30 minuti. In quest'ultimo caso c'è il vantaggio di poter valutare la funzione escretoria di base, che peraltro permette di escludere un significativo ostacolo al drenaggio anche in reni ipofunzionanti; la sequenza diuretica viene poi eseguita solo nel caso di ridotto drenaggio: stasi urinaria nelle cavità renali, con curva renografica piatta o in accumulo, con assente o scarso drenaggio alla valutazione post-minzione.
Elaborazione	Regioni di Interesse (ROI) e curve renografiche Le regioni d'interesse (ROI) renali devono essere disegnate manualmente su di un'immagine somma relativa alla fase di accumulo parenchimale, avendo cura di non escludere porzioni di parenchima o di bacinetto. <u>ROI renale.</u> La ROI renale comprende l'intero rene, inclusa la pelvi, ed è necessaria per misurare l'uptake relativo del tracciante in ciascun rene. La curva del renogramma generata dalla ROI dell'intero rene sarà influenzata dalla ritenzione del tracciante sia nel parenchima che nella pelvi. <u>ROI corticale.</u> Per valutare meglio la funzione parenchimale, le ROI possono essere limitate alla corticale renale, escludendo qualsiasi attività trattenuta nella pelvi renale o nei calici. La funzione della curva corticale è quella di visualizzare il tempo di transito attraverso la corticale, senza l'interferenza dell'attività nel sistema collettore. Le ROI sono disegnate specificamente per escludere l'attività nella pelvi e nei calici, non per avere aree uguali, di conseguenza, è la forma del renogramma che è importante, non l'altezza assoluta. <u>ROI perirenali.</u> Per la sottrazione del fondo è opportuno impiegare un'area per ogni rene, che lo circonda in parte (generalmente ROI semilunari laterali, che includono una parte di fegato e milza), leggermente separata dalla ROI renale (1-2 pixel, a seconda delle dimensioni della matrice) prestando attenzione a evitare sovrapposizioni indebite. I conteggi delle ROI di fondo devono essere normalizzati in base all'area, prima di venire sottratti ai conteggi renali. Le curve renografiche di attività-tempo devono essere rappresentate corrette per il fondo. <u>ROI vascolare.</u> Nel caso in cui la valutazione sia per un trapianto renale, è necessario eseguire una ROI ulteriore su una struttura vascolare, eseguendola sull'immagine somma dei primi 60 secondi di acquisizione relativi alla fase di distribuzione arteriosa (arteria iliaca comune nel caso di valutazione dell'indice di perfusione secondo Hilson). Le immagini dinamiche post-furosemide vengono utilizzate per la valutazione del pattern e della velocità di clearance del radiotracciante dal sistema calico-pielico

	dilatato e dall'uretere. La ROI per la generazione della curva attività-tempo deve includere l'intero sistema dilatato, scegliendo le immagini di massima dilatazione e comprendendo anche l'uretere se ectasico (ROI singola). Tuttavia, in una piccola percentuale di casi di HUN, il livello di ostruzione potrebbe non essere chiaro e pertanto oltre alla ROI complessiva, potrebbe essere utile valutare separatamente il sistema calico-pielico (ROI doppie) o persino aggiungere una terza ROI per il solo uretere (ROI triple). Analisi Qualitativa Le immagini vengono visualizzate in sequenza, compattate a intervalli di 1-2 minuti; per una valutazione più completa è consigliato di visualizzarle anche in formato cine. Sulle immagini renali si valutano la sede, le dimensioni, la forma, la captazione parenchimale del radiofarmaco (grado, omogeneità o presenza di deficit focali, ecc...), tempistica della comparsa di attività a livello calico-pielico e la presenza di eventuali dilatazioni con significativa stasi urinaria a carico delle vie escrettrici. Sulle curve renografiche si valuta la pendenza della fase vascolare (soprattutto in caso di acquisizione con maggiore risoluzione temporale), di quella parenchimale e di escrezione (pre- e post-furosemide). Analisi Semi-quantitativa e Quantitativa della funzione renale <u>DRF (Differential Renal Function)</u>. Il calcolo del DRF dovrebbe basarsi su un'immagine somma del massimo accumulo del radiofarmaco nel parenchima, senza attività nel sistema calico-pielico, sulla quale viene tracciata una ROI renale. Le più comuni ROI perirenali sono poi disegnate a forma di "C" lateralmente a ciascun rene, escludendo l'ilo e includendo parte del fegato e della milza per i conteggi contributivi dall'attività del pool ematico. I conteggi renali, corretti per l'attività di fondo, vengono utilizzati per il calcolo del DRF mediante il metodo integrale (area sotto la curva) o della pendenza con il grafico Patlak-Rutland (stimando la pendenza media della porzione ascendente della curva renale corretta per background interstiziale e vascolare, rendendosi necessaria, oltre alla ROI perirenale, una ROI cardiaca tracciata attorno al ventricolo sinistro). Gli indici di funzionalità renale separata si calcolano solitamente utilizzando i conteggi corretti compresi tra il secondo ed il terzo minuto (120-180'') nel caso di scintigrafia con ^{99m}Tc-DTPA, oppure tra il primo ed il secondo minuto (in un range compreso tra 60'' e 150'') nel caso di ^{99m}Tc-MAG3. Normalmente il DRF è 45-55%. Acquisendo i dati in posizione supina, non è necessaria alcuna correzione per la profondità renale nei neonati, nei bambini e nella stragrande maggioranza degli adulti. In caso di marcate anomalie di forma e posizione, potrebbe essere opportuna una valutazione antero-posteriore per il calcolo del DRF. <u>Funzione renale (assoluta)</u>. Per la valutazione della funzione renale (GFR, TER ed ERPF) mediante il calcolo della clearance (totale e per ciascun rene) dei radionuclidi sono stati introdotti diversi metodi. Non esiste unanime consenso su quale sia il metodo migliore: quelli che si basano sull'impiego di prelievi ematici sono considerati migliori; tuttavia, i metodi che si basano solo su conteggi con gamma camera, sono meno invasivi e considerati comunque sufficientemente accurati per le comuni esigenze cliniche. Una funzione renale ridotta, la presenza di reni ectopici o pazienti con marcata cifoscoliosi possono costituire causa di inaccuracy della stima della funzione renale globale e/o separata. Alcuni metodi di calcolo empirici sono implementati nei comuni
--	--

	software di elaborazione e si rimanda alle rispettive descrizioni presenti in letteratura. Calcolo dei parametri di drenaggio <u>Tempo al picco massimo (Tmax).</u> Il tempo al picco massimo si riferisce al tempo che intercorre dall'iniezione del radiofarmaco all'altezza massima del renogramma. Nei soggetti idratati, i renogrammi raggiungono in genere il picco entro 5 min dall'iniezione e scendono a metà entro 15 min. <u>Tempo medio di transito parenchimale (con deconvoluzione).</u> Il tempo di transito renale è stato studiato principalmente in 3 situazioni cliniche: idronefrosi, ipertensione nefrovascolare e trapianto renale. Un tempo di transito parenchimale prolungato non è specifico di una patologia ostruttiva, ma aumenta la probabilità della sua presenza. Il calcolo del tempo di transito parenchimale non è offerto su molti sistemi commerciali. <u>Tempo di comparsa dell'attività pellica,</u> valutato visivamente sulle immagini, confrontando i due reni. Gli indici semiquantitativi di base derivati dalla curva attività-tempo post-furosemide dai più comuni software di elaborazione sono il <u>Tempo di dimezzamento del washout (T1/2)</u>, considerato normale <10min, e la <u>percentuale di drenaggio</u> alla fine dei 20/30 minuti dell'acquisizione dinamica. I parametri che valutano il drenaggio complessivo è consigliato calcolarli TUTTI utilizzando l'immagine post-minzionale: <u>Drenaggio gravity-assisted,</u> calcolato con la tecnica che utilizza l'acquisizione di immagini statiche di 1 o 2 minuti sia pre- che post-minzionali mediante i conteggi totali nelle ROI tracciate attorno all'intero sistema dilatato (l'attività di fondo e il fattore di decadimento sono trascurabili): $\% \text{ Drenaggio gravity-assisted} = [(C_{(pre)} - C_{(post)}) / C_{(pre)}] * 100$ (C_(pre) e C_(post) = counts nella ROI sul sistema dilatato, rispettivamente nell'immagine pre-minzionale e post-minzionale). <u>NORA (Normalized Residual Activity),</u> espressa dai conteggi residui nel parenchima renale e nel sistema calico-pielico/ureterale dilatato in un'immagine di 1 minuto al termine della sequenza basale o post-minzionale a distanza di tempo predefinita, secondo il protocollo locale, acquisita con parametri identici alle immagini dinamiche ad una determinata distanza di tempo o dopo la sequenza diuretica, come percentuale dei conteggi renali nel secondo minuto dopo l'iniezione del radiofarmaco. $NORA = C_{t+1min} / C_{1-2min}$ (C= counts a livello renale e del sistema dilatato nel minuto considerato) <u>Attività residua,</u> espressa dal rapporto tra conteggi post-minzionali e l'attività massima al picco, meno robusto come parametro rispetto a NORA (perché non considera la clearance renale). Un drenaggio insoddisfacente potrebbe suggerire un follow-up più frequente. Indice di perfusione Nel caso del trapianto renale si calcola generalmente un indice di perfusione che si basa sul rapporto tra l'area sotto la curva vascolare relativa all'arteria iliaca (tra
--	--

	tempo 0 e picco) e l'area sotto la curva vascolare renale sottratta del fondo (le ROI dell'arteria e del rene devono essere normalizzate per le aree delle ROI).
Interpretazione	I medico deve esaminare attentamente tutti dati: - Valutazione qualitativa dei reni - La qualità e la tempistica della clearance corticale del tracciante - Qualità del drenaggio urinario - La forma della curva renografica - DRF - T1/2 del drenaggio post-furosemide - Percentuale di drenaggio alla fine dell'imaging dinamico - Drenaggio assistito dalla gravità o NORA I risultati scintigrafici e i parametri di drenaggio sono correlati e nessuno di essi deve essere interpretato in modo isolato. La diagnosi di elevata probabilità di ostruzione critica può essere fatta solo se c'è una curva di drenaggio piatta o crescente, stasi urinaria nel sistema calico-pielico e/o ureterale, con scarso o assente drenaggio dopo ortostatismo e minzione, con un ritardo unilaterale della clearance corticale del tracciante durante lo studio dinamico (valutato qualitativamente e/o con i parametri di drenaggio sopra descritti) o anche con una buona clearance iniziale, ma con riaccumulo del tracciante nella corticale renale dopo la somministrazione di furosemide. Altrimenti, nella maggior parte dei casi viene valutato nel follow-up l'eventuale significativa riduzione del DRF o il peggioramento del drenaggio post-diuretico. Pertanto, è importante in ciascun centro adottare lo stesso protocollo e le stesse tecniche di elaborazione dei dati per il basale e tutti gli studi di follow-up in ogni paziente (eventualmente costruendo retrospettivamente dei range di riferimento dei parametri utilizzati).
Report finale	Il referto dovrà essere corredato delle immagini che descrivono lo studio dinamico utilizzando preferibilmente la scala dei grigi. Le immagini saranno normalizzate in maniera da ottenere la miglior rappresentazione del dettaglio morfologico. Devono inoltre essere allegate le curve nefrografiche, le ROI sovrapposte all'immagine somma su cui sono state tracciate e i valori numerici dei parametri calcolati (per i valori di clearance è bene specificare il metodo utilizzato per il calcolo). Nel referto dovrà essere riportata l'indicazione clinica per lo studio, gli interventi chirurgici precedenti e i risultati di altri studi di imaging. Dovrebbe essere registrata anche volume e la via di somministrazione dell'idratazione, se eseguita in reparto. In caso di nefrostomia, deve essere segnalato l'eventuale tempo di clampaggio. Deve poi esser descritta la procedura usata, l'attività somministrata, il dosaggio di furosemide nel caso di un test diuretico. Quindi vanno descritte le dimensioni, la forma e la posizione dei reni, così come la captazione parenchimale del radiofarmaco (grado, difetti focali...), valutate nella fase parenchimale.

	Per occorre descrivere la fase escretoria, valutandone la tempistica e la qualità del drenaggio post-furosemide e dopo ortostatismo e minzione, segnalando eventuale significativa stasi urinaria a carico delle vie escrettrici. Devono essere riportati il DRF e tutti i parametri di drenaggio calcolati (inclusi gli indici di base come T1/2 e la percentuale di drenaggio alla fine dell'imaging dinamico post-furosemide), nonché qualsiasi misurazione quantitativa aggiuntiva. Deve essere descritta la forma delle curve tempo-attività anomale al basale e dopo furosemide (ad esempio piatte, in accumulo, bifasiche). Deve essere documentata l'eventuale comparsa di dolore durante l'esame. Si raccomanda di includere una conclusione alla fine del referto con l'interpretazione dei dati.
Sorgenti d'errore	- Iniezione fuori vena - Errato centraggio del paziente - Movimento del paziente - Errato inizio di acquisizione - Errato posizionamento delle ROI - Una severa insufficienza renale può rendere difficile l'interpretazione delle immagini a causa dell'elevata attività di fondo; in tal caso la stima della funzionalità renale separata risulta poco affidabile.
Bibliografia	Bao J, Manatunga A, Binongo JN, Taylor AT. Key variables for interpreting 99mTc-mercaptoacetyltriglycine diuretic scans: development and validation of a predictive model. AJR Am J Roentgenol. 2011 Aug;197(2):325-33. Blaufox MD, De Palma D, Taylor A, Szabo Z, Prigent A, Samal M, Li Y, Santos A, Testanera G, Tulchinsky M. The SNMMI and EANM practice guideline for renal scintigraphy in adults. Eur J NuclMed Mol Imaging. 2018 Nov;45(12):2218-2228. Durand E, Blaufox MD, Britton KE, Carlsen O, Cosgriff P, Fine E, Fleming J, Nimmon C, Piepsz A, Prigent A, Samal M; ISCORN. International Scientific Committee of Radionuclides in Nephrourology (ISCORN) consensus on renal transit time measurements. SeminNuclMed. 2008 Jan;38(1):82-102 Majd M, Bar-Sever Z, Santos AI, De Palma D. The SNMMI and EANM Procedural Guidelines for Diuresis Renography in Infants and Children. J NuclMed. 2018 Oct;59(10):1636-1640. Piepsz A, Kuyvenhoven JD, Tondeur M, Ham H. Normalized residual activity: usual values and robustness of the method. J NuclMed. 2002 Jan;43(1):33-8 Prigent A, Cosgriff P, Gates GF, Granerus G, Fine EJ, Itoh K, Peters M, Piepsz A, Rehling M, Rutland M, Taylor A Jr. Consensus report on quality control of quantitative measurements of renal function obtained from the renogram: International Consensus Committee from the Scientific Committee of Radionuclides in Nephrourology. SeminNuclMed. 1999 Apr;29(2):146-59 Taylor AT, Brandon DC, de Palma D, Blaufox MD, Durand E, Erbas B, Grant SF, Hilson AJW, Morsing A. SNMMI Procedure Standard/EANM Practice Guideline for Diuretic Renal Scintigraphy in Adults With Suspected Upper Urinary Tract Obstruction 1.0. SeminNuclMed. 2018 Jul;48(4):377-390

SCINTIGRAFIA RENALE SEQUENZIALE con test al CAPTOPRIL

Indicazioni	La scintigrafia renale con test al captopril trova principale indicazione come test funzionale in grado di individuare con alto valore predittivo, in condizione di ipertensione arteriosa, la significatività di una condizione renovascolare nota. In particolare, offrendo possibilità di stimare la funzione renale totale e separata, è utile per la valutazione funzionale della condizione renovascolare (sia pre- che post-rivascolarizzazione) e, come risposta al captopril, per l'indicazione alla rivascolarizzazione renale. L'accuratezza del test dipende dalla corretta motivazione clinica e da adeguata selezione dei pazienti: - Ipertensione insorta in età giovanile - Ipertensione resistente a terapia medica - Peggioramento della funzionalità renale in seguito a terapia con farmaci ACE-inibitori
Controindicazioni	Gravidanza Allattamento (da sospendere per 24h)
Preparazione	ACE inibitori Poiché la sensibilità del test si riduce in pazienti in corso di terapia con ACE inibitori, è consigliabile interrompere il trattamento: - 3 giorni prima per farmaci ad emivita breve (captopril) - 5-7 giorni per quelli ad emivita più lunga (enalapril). L'esame post-captopril può essere comunque eseguito anche in corso di terapia con ACE inibitori, preferibilmente somministrando il captopril anche in acuto per garantire un'adeguata ACE inibizione. Diuretici La somministrazione cronica di diuretici, provocando deplezione di volume, può potenziare l'effetto antipertensivo del captopril, provocando ipotensione sintomatica alla base di false positività del test. È bene, pertanto, sospendere la terapia con diuretici alcuni giorni prima dell'esame. Altri farmaci La sospensione di altri farmaci (ad esempio calcioantagonisti) non è strettamente indispensabile. Fase di pre-iniezione In previsione della somministrazione di captopril è bene che il paziente si presenti a digiuno per ottimizzare l'assorbimento del farmaco. È necessaria una buona idratazione (7 ml/kg di peso corporeo) di acqua per os 30-60 minuti prima dell'iniezione, al fine di evitare tempi di transito parenchimale o di escrezione renale rallentati che potrebbero dare risultati falsamente positivi. È bene che iniziare l'esame a vescica vuota, per evitare rallentamenti del deflusso pielo-ureterale. Somministrazione del captopril Prima di somministrare il captopril si effettua la misurazione della pressione arteriosa basale. Si somministrano quindi al paziente 50 mg di Captopril per os

Precauzioni	Rispetto LDR
Radiofarmaci ed attività	Vedi capitolo sulla scintigrafia renale sequenziale
Dosimetria	ICRP 80
Acquisizione	Nella versione classica il test consiste nell'esecuzione di due studi scintigrafici, uno in condizioni basali e l'altro dopo somministrazione di captopril. È possibile effettuare il test in un'unica giornata o in giorni separati. Quest'ultimo protocollo è raccomandabile perché non si verificano interferenze tra i due studi scintigrafici; in questo caso può essere razionale eseguire il test provocativo per primo e non ripetere lo studio scintigrafico basale in caso di sicura negatività dell'esame. Si rimanda poi al capitolo sulla scintigrafia renale sequenziale.
Elaborazione	Se il software utilizzato lo consente, è consigliabile utilizzare le stesse ROI dello studio basale, riposizionandole su quello post-captopril. Vengono quindi generate le curve renografiche basali e post-captopril, sottratte del fondo.
Interpretazione	Analisi qualitativa Si valutano le immagini e le curve renografiche. I reperti di positività causati dalla ACE-inibizione variano nel caso di traccianti di filtrazione glomerulari o ad eliminazione prevalentemente tubulare. <u>^{99m}Tc-DTPA.</u> In seguito alla riduzione della pressione di filtrazione a livello glomerulare, cui consegue una riduzione della formazione di pre-urina, l'effetto è prevalentemente identificabile in una riduzione di grado variabile della captazione parenchimale, con peggioramento della funzione renale separata dal lato affetto (forme unilaterali), ovvero in una riduzione dell'uptake renale bilaterale, dimostrato dalla riduzione dell'ampiezza e della pendenza della fase di accumulo parenchimale dei renogrammi. A causa del rallentamento dei tempi di transito parenchimale del radiofarmaco, nelle immagini si osserva una ritardata comparsa di attività a livello del sistema calico-pielico. In caso di test positivo, le curve renografiche dopo captopril presentano riduzione dell'ampiezza della fase di captazione parenchimale con rallentamento di vario grado della fase di accumulo e di escrezione del radiofarmaco, mono- o bilaterale, a seconda che si tratti di forme uni- o bilaterali. <u>^{99m}Tc-MAG3.</u> L'effetto è prevalentemente quello di una ritenzione parenchimale del tracciante, effetto al quale non si accompagna necessariamente una riduzione della funzione renale separata. Nelle immagini si osserva una ritardata comparsa di attività a livello del sistema calico-pielico, senza che vi sia necessariamente una riduzione della captazione parenchimale del radiofarmaco. In caso di test positivo, le curve renografiche presentano un rallentamento della fase di captazione parenchimale, spesso con andamento in accumulo mono- o bilaterale. Analisi semi-quantitativa - Funzione renale relativa - Calcolo del GFR con ^{99m}Tc-DTPA

	- Tmax - Tempo medio di transito parenchimale Criteri di positività Comparsa nell'esame post-captopril di anomalie non evidenti nello studio basale (evenienza più probabile nelle forme ischemiche a recente insorgenza) o peggioramento di alterazioni già presenti nello studio basale (evenienza più probabile nelle forme cronicizzate): - Riduzione della captazione relativa (o del GFR) >10% dal lato affetto dalla stenosi. Anche una riduzione minore (>5%) può essere significativa. - Comparsa di attività a livello del sistema escretore con un ritardo > 2 minuti nel lato affetto dalla stenosi. - Ritenzione parenchimale del radiofarmaco con incremento del Tmax rispetto al basale >2-3 minuti. È particolarmente significativo un Tmax > 8-10 minuti nello studio post- captopril, quando lo studio basale non presenta alterazioni significative. - Rallentamento del tempo medio di transito parenchimale.
Report finale	Il referto può fare riferimento ai criteri di probabilità per ipertensione renovascolare: - bassa (<10%) nei casi con studio negativo - alta (>90%) nei casi che presentano franco peggioramento dopo test provocativo - intermedia nei casi in cui la compromissione renale nello studio basale non presenta variazioni post-captopril. Il referto dovrà essere corredato delle immagini che descrivono lo studio dinamico basale e/o post-captopril. Devono inoltre essere allegate le curve nefrografiche dei due studi e i valori numerici dei parametri calcolati (per i valori di clearance è bene specificare il metodo utilizzato per il calcolo).
Sorgente d'errore	- Iniezione fuori vena - Stimolo farmacologico insufficiente o eccessivo (ipotensione marcata, lipotimia) - Errato centraggio del paziente - Movimento del paziente - Errato inizio della acquisizione - Errato posizionamento delle ROI - Insufficienza renale di grado moderato/grave può rendere difficile l'interpretazione del test

CALCOLO INDICI DI CLEARANCE	
Indicazioni	Valutazione della funzione renale. Criteri di selezione dei pazienti: lo studio è consigliabile solo quando vi sia una effettiva utilità alla esatta conoscenza della capacità funzionale dei reni, che richieda una rigorosa analisi quantitativa. Le tecniche basate su prelievi ematici e raccolta delle urine risultano più accurate rispetto ai metodi basati sul conteggio esterno con gamma camera.
Controindicazioni	Gravidanza Allattamento (da sospendere per 24h)
Preparazione	Vedi capito scintigrafia renale sequenziale
Precauzioni	Rispetto LDR
Radiofarmaci ed attività	Traccianti che consentono la contemporanea esecuzione dell'imaging: - Calcolo della velocità di filtrazione glomerulare (GFR): ^{99m}Tc-DTPA 200 MBq (3 MBq/kg) - Calcolo della frazione di escrezione tubulare (TER): ^{99m}Tc-MAG3 100 MBq (1,5 MBq/kg) - Calcolo del flusso plasmatico renale (ERPF): ^{123}I-OIH 74 MBq (1 MBq/kg) Traccianti per la valutazione funzionale renale senza imaging: - Calcolo del GFR: ^{51}Cr-EDTA (1-5 MBq) e ^{99m}Tc-DTPA (7.4-37.5 MBq)
Dosimetria	ICRP 80
Protocollo di esecuzione	I metodi di calcolo validati sono molteplici e descritti in vari report. In generale un ragionevole compromesso tra buona accuratezza del calcolo e fattibilità pratica della metodica è possibile con metodi che prevedono uno o due prelievi ematici. Si consiglia di fare riferimento al consensus report pubblicato da Blafox et al. nel 1996: Report of the Radionuclides in Nephrourology Committee on Renal Clearance. Journal of Nuclear Medicine. 1996,37,1883-1890. In tutti i casi è prevista: - Iniezione del radio farmaco in bolo e.v. (con esecuzione di scintigrafia renale dinamica in caso di impiego di tracciante che consente l'imaging). - Esecuzione di prelievi ematici a tempi successivi secondo il diverso metodo di calcolo utilizzato. Tutti i metodi impiegati per questo scopo si basano sulla stima accurata della dose iniettata e della concentrazione plasmatica del radiofarmaco in tempi successivi all'iniezione e.v. 1) Al paziente è generalmente inserito un ago-cannula in una vena antecubitale del braccio per l'esecuzione dei prelievi ematici. Dal braccio controlaterale sarà effettuata l'iniezione del radiofarmaco. 2) Si preparano 2 siringhe (A e B) con attività equivalenti e alla stessa concentrazione del radiofarmaco:

	- (A) attività da somministrare al paziente - (B) standard 3) Le siringhe sono pesate utilizzando una bilancia di precisione elettronica, e contate con un calibratore di dose. Le stesse siringhe sono successivamente ripesate e contate: - (A) dopo l'iniezione al paziente - (B) dopo che il radiofarmaco è stato diluito in un volume di 1000 mL di acqua contenuti in un "pallone" di vetro graduato (matraccio). Dal matraccio sono prelevati, con una pipetta di precisione Eppendorf, due campioni di 1mL (corrispondenti a 1:1000 di B). 4) In questo modo si ottengono le attività nette del radiofarmaco iniettato (pA) e diluito (pB). 5) Al paziente sono effettuati uno o più prelievi ematici di 3-5 mL di sangue ai tempi previsti dal metodo utilizzato. 6) Le attività dei campioni plasmatici e di quello dello standard B diluito, prelevato dal matraccio, sono misurate in un contatore gamma multicanale 7) La dose (A) effettivamente iniettata al paziente si ricava secondo la seguente proporzione: $[A \text{ (cpm)} = B_{\text{diluito}} \text{ (cpm)} * 1000 * pA \text{ (gr o cpm)}] / pB \text{ (gr o cpm)}$ In caso di contemporanea acquisizione dell'imaging è possibile semplificare la procedura di stima della dose iniettata effettuando una cross-calibrazione tra i conteggi ottenibili con la gamma camera e quelli con il contatore gamma multicanale con cui si misurano i prelievi plasmatici. Tale calibrazione deve essere calcolata per ogni tipo di gamma camera e collimatore utilizzati. La calibrazione deve inoltre essere verificata periodicamente (ogni 6 mesi).
Precauzioni	Necessaria esperienza ed attenzione per il preciso rispetto dei modi e tempo di prelievo e calcolo.
Elaborazione	In caso di esecuzione di imaging: vedi capitolo sulla scintigrafia renale dinamica. Calcolo dei valori di clearance: fare riferimento alle formule dei singoli metodi validati. Per una maggiore semplicità, alcuni software di elaborazione implementati sulle workstation di elaborazione della scintigrafia renale dinamica consentono di calcolare i valori di clearance utilizzando alcuni dei metodi più popolari, prevedendo l'inserimento del fattore di cross-calibrazione (gamma camera / contatore gamma multicanale) e i conteggi dei prelievi (cpm/mL).
Report finale	Dettaglio dei valori calcolati con esplicitazione del metodo usato e, possibilmente, riferimento ai valori di normalità. In caso di imaging: vedi capitolo sulla scintigrafia renale dinamica
Sorgente d'errore	- Iniezione fuori vena - Errati tempi di prelievo - In caso di imaging: vedi capitolo sulla scintigrafia renale dinamica

CISTOSCINTIGRAFIA DIRETTA nei bambini

Indicazioni	La cistoscintigrafia diretta è una metodica utile nell'individuazione di reflusso vescico-ureterale (RVU). Le principali indicazioni cliniche sono le seguenti: 1) Individuazione di RVU nei bambini dopo infezione delle vie urinarie (nei ragazzi la prima cistografia dovrebbe essere una cistouretrografia minzionale radiologica, per escludere valvole dell'uretra posteriore) 2) Follow-up dei bambini con RVU noto 3) Valutazione dei risultati del trattamento endoscopico o chirurgico 4) Screening dei fratelli di bambini/genitori con RVU accertato Inoltre potrebbe essere utile anche nel rilevare episodi di RVU nei pazienti sottoposti a trapianto renale e nella valutazione di disfunzioni vescicali (ad es. vescica neurogena).
Controindicazioni	Non ci sono controindicazioni. Tuttavia, i bambini non dovrebbero essere cateterizzati durante una infezione acuta delle vie urinarie. Il reflusso nel tratto distale dell'uretere (di basso grado) potrebbe non essere chiaramente rilevabile, così come ci potrebbero difficoltà nel caso di reni ectopici in sede pelvica.
Preparazione	Per la cateterizzazione è necessario utilizzare una tecnica rigorosamente asettica. Il rischio di infezione indotta dal catetere è molto esiguo, tuttavia è consigliata una profilassi antibiotica per via orale. Il catetere di Foley non deve essere utilizzato.
Precauzioni	Rispetto LDR
Radiofarmaci ed attività	^{99m}Tc-colloids o ^{99m}Tc-DTPA Attività somministrata: 20-40 MBq per 500 ml di soluzione salina o 20 MBq per la tecnica di instillazione diretta. I suddetti traccianti non vengono assorbiti nella parete vescicale.
Dosimetria	ICRP 80
Acquisizione	I bambini vengono cateterizzati in condizioni asettiche utilizzando un catetere di piccole dimensioni (F6 o F8) e la vescica viene svuotata. Nei bambini piccoli che non hanno familiarità con il vasino, viene indossato un doppio pannolino monouso per evitare contaminazioni e il bambino viene posizionato supino sul viso della gamma camera. Sono possibili due tecniche: 1) Il tracciante viene miscelato in 500 ml di soluzione salina isotonica sterile riscaldata a temperatura corporea e la vescica viene riempita lentamente sotto pressione idrostatica. Il riempimento completo della vescica dovrebbe richiedere circa 10 minuti. Il contenitore con la soluzione deve essere posizionato a un'altezza non superiore a 40-60 cm dal livello della vescica. Il riempimento lento è obbligatorio per evitare un aumento del tono vescicale e una minzione prematura; è necessario anche evitare un flusso pulsatile.

	2) L'intera dose di radiotracciante è instillata nella vescica, che poi viene riempita lentamente con soluzione salina non radioattiva. È consigliato il secondo metodo con instillazione vescicale del radiofarmaco e successivo riempimento. Il volume utilizzato non deve superare di molto il valore di ml ottenuto con le formule per la capacità vescicale: - Nei bambini < 1anno: 7 x peso - Nei bambini > 2 anni: (età + 1) x 30 Quando la capacità vescicale è raggiunta, o quando il bambino mostra lo stimolo a urinare, il riempimento viene interrotto e al bambino viene consentito di urinare: per i bambini collaboranti, la posizione suggerita è quella seduta sulla padella con la schiena rivolta al rilevatore. Gamma camera a grande campo (Large Field Of View, LFOV). Collimatori a fori paralleli low-energy high resolution (LEHR) o ultra-high resolution (LEUHR). Energia: 140 keV ± 10% Matrice di acquisizione 64x64pixel o 128x128 pixel. Zoom adeguato alla corporatura del paziente. Acquisizione dinamica 5 sec/frame della durata di tempo necessaria per registrare lo svuotamento vescicale. È importante iniziare la registrazione delle immagini contemporaneamente all'infusione vescicale.
Elaborazione	Le immagini vengono visualizzate in modalità cine, con una adeguata finestra (bassa), pari a circa il 10-30% dell'attività vescicale massima. È possibile tracciare delle regioni di interesse (ROI) sulle regioni della vescica e dei reni per generare curve tempo-attività. È possibile misurare il volume di urina emesso (in volume o in peso) e convertire la differenza di conteggio tra le curve vescicali pre- e post-minzione in ml, consentendo così la stima dell'attività vescicale residua e del volume di reflusso renale in ml.
Interpretazione	La diagnosi di RVU si basa su un aumento dell'attività nella pelvi renale, in qualsiasi fase dello studio (fase di riempimento e fase minzionale).
Report finale	Il referto dovrà essere corredato delle immagini e delle valutazioni volumetriche di riempimento e svuotamento vescicale eventualmente misurate.
Sorgente d'errore	Movimento del paziente
Bibliografia	Fettich, J., Colarinha, P., Fischer, S. <i>et al.</i> Guidelines for direct radionuclide cystography in children. <i>Eur J Nucl Med Mol Imaging</i> 30, B39–B44 (2003)