



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE MEDICHE E CHIRURGICHE (DIMEC)

CORSO DI LAUREA IN
TECNICHE DI RADIOLOGIA MEDICA, PER IMMAGINI E RADIOTERAPIA

Il percorso diagnostico del paziente con dolore al fianco destro e sinistro sospetto per colica renale: quale ruolo per il TSRM

Tesi di laurea in Seminario di Ecografia

Relatore

Prof. Paolo Emilio Orlandi

Presentata da

Laura Irti

Sessione I, Ottobre 2025

Anno Accademico 2024/2025

ABSTRACT

L'ecografia è considerata una competenza esclusiva del medico, ma l'evoluzione dei modelli sanitari e formativi nel contesto sanitario europeo apre nuove prospettive di coinvolgimento del Tecnico Sanitario di Radiologia Medica. Questa tesi esplora il ruolo potenziale che il TSRM può assumere nel percorso diagnostico del paziente con dolore al fianco sospetto per colica renale. Si propone un modello in cui il TSRM, adeguatamente formato, esegue acquisizioni ecografiche standardizzate da sottoporre all'interpretazione medica. Lo studio sperimentale, condotto su 50 volontari sani, ha dimostrato la fattibilità di questo approccio, con tempi di esecuzione rapidi e immagini di qualità diagnostica adeguata. I risultati confermano che il TSRM può contribuire concretamente all'efficienza del triage ecografico in emergenza. L'integrazione di competenze ecografiche nel profilo del TSRM rappresenta un'opportunità concreta di crescita personale e di innovazione nei percorsi assistenziali.

INDICE

Introduzione.....	1
Capitolo 1: Coliche renali.....	2
1.1 Fisiopatologia.....	2
1.2 Presentazione clinica e diagnosi differenziale.....	5
1.3 Epidemiologia	7
1.4 Approccio diagnostico in Pronto Soccorso	8
Capitolo 2: Imaging.....	11
2.1 Metodiche disponibili.....	11
2.2 TC addome senza MDC.....	12
2.3 Ecografia.....	15
Capitolo 3: Ecografia nelle coliche renali.....	17
3.1 Fisica degli ultrasuoni.....	17
3.2 Anatomia ecografica renale.....	20
3.3 Tecnica d'esame	23
3.3.1 Scansione ecografica longitudinale del rene destro	24
3.3.2 Scansione ecografica assiale del rene destro.....	24
3.3.3 Scansione ecografica longitudinale del rene sinistro.....	25
3.3.4 Scansione ecografica assiale del rene sinistro	25
3.3.5 Scansione ecografica longitudinale e assiale della vescica	25
3.4 Semeiotica ecografica della colica renale	26
Capitolo 4: Il TSRM e l'ecografia	30
4.1 Normativa del TSRM in Italia	30
4.2 Possibilità dell'utilizzo dell'ecografia da parte del TSRM.....	30
4.3 Confronto con l'estero	32
4.4 Opportunità e criticità	33
Capitolo 5: Analisi quantitativa sperimentale del ruolo del TSRM nell'ecografia.....	34
5.1 Obiettivo dello studio.....	34
5.2 Materiali e metodi.....	34
5.3 Procedura di training.....	35
5.4 Procedura di esecuzione dell'esame	35
5.5 Risultati	41
5.6 Analisi dei dati	44

5.7 Interpretazione dei risultati	45
Capitolo 6: Discussione	46
6.1 Fattibilità e rapidità del protocollo	46
6.2 Qualità delle immagini e accuratezza tecnica	46
6.3 Significato clinico e ruolo del TSRM	46
6.4 Limiti tecnici e operativi	47
6.4.1 Limiti intrinseci alla metodica e al suo campo di applicazione	47
6.4.2 Limiti legati al paziente e al contesto operativo del pronto soccorso	48
6.4.3 Limiti contestuali: confini professionali e autonomia limitata	48
Capitolo 7: Conclusioni	49

Introduzione

Durante il mio percorso di studi ho avuto l'opportunità di partecipare al programma Erasmus+ della durata di tre mesi presso l'Università di Haarlem, in Olanda, dove ho seguito una formazione pratica in ecografia.

Questa esperienza non solo mi ha dato l'opportunità di approfondire le tecniche di scansione in ecografia, ma mi ha portato anche a riflettere sul ruolo che il tecnico di radiologia può avere in questo ambito.

L'obiettivo di questa tesi è proporre una riflessione, basata anche sull'esperienza pratica, sull'idea che un tecnico sanitario di radiologia medica, se adeguatamente formato, possa eseguire in autonomia acquisizioni ecografiche standardizzate. Queste immagini verrebbero poi interpretate dal medico, in un modello organizzativo simile a quello già applicato per altre metodiche.

Nel lavoro verrà analizzato il caso specifico dell'ecografia nel sospetto di colica renale, un contesto clinico in cui l'ecografia rappresenta il primo approccio diagnostico. L'intento è dimostrare come il TSRM possa contribuire, con adeguata formazione, a rendere il percorso diagnostico più rapido ed efficiente, fornendo immagini di qualità idonea alla diagnosi medica.

Nei capitoli successivi verranno descritte le metodiche di imaging utilizzate nella colica renale, verranno confrontati i diversi approcci e sarà presentato lo studio sperimentale, volto a valutare l'efficacia e la riproducibilità delle immagini ecografiche acquisite da un TSRM formato.

Capitolo 1: Coliche renali

1.1 Fisiopatologia

La colica renale acuta è caratterizzata da un dolore improvviso e forte al fianco, che solitamente ha origine dall'angolo costovertebrale, irradiandosi anteriormente e inferiormente verso l'inguine o i genitali.

La causa principale è l'ostruzione acuta delle vie urinarie dovuta alla presenza di un calcolo, ed è spesso accompagnata da nausea e vomito.

L'urolitiasi, o calcolosi renale, è una condizione che si verifica solitamente quando un cristallo o un aggregato cristallino arriva al rene dal sistema genitourinario e rimane incastrato, ostruendo il flusso urinario. Questa ostruzione porta a una dilatazione dell'uretere prossimale e della pelvi renale, principale motivo del dolore acuto, noto come colica renale.

Il grado di intensità del dolore è correlato alla severità dell'ostruzione; la dimensione del calcolo ne indica la possibilità o meno di un'espulsione spontanea.

I calcoli renali sono molto frequenti e rendono l'ureterolitiasi la diagnosi più probabile in caso di dolore improvviso e intenso al fianco, soprattutto se associato ad ematuria.

L'ostruzione causata dal calcolo può essere costante o intermittente e porta ad idronefrosi dell'uretere, con conseguente reflusso di urina nei reni, dilatazione ureterale, reflusso pielolinfatico e estensione della capsula renale.

L'ostruzione intermittente porta frequentemente un dolore più prolungato rispetto a quella costante, poiché i meccanismi compensatori agiscono parzialmente sull'aumento pressorio intraluminale ureterale. L'ostruzione acuta causa una diminuzione della velocità di filtrazione glomerulare (GFR) del rene colpito, con aumento di produzione di urina da parte del rene sano.

L'ostruzione totale dell'uretere rischia di causare una perdita progressiva della funzionalità renale con possibili danni irreversibili già dopo 1-2 settimane. Un'ostruzione prolungata del flusso urinario aumenta la probabilità di rottura del calice renale, che può dare origine ad urinoma.

I calcoli possono incastrarsi in vari punti del tratto urinario, ma si trovano più frequentemente in 3 siti anatomici dove l'uretere è più stretto:

- Giunzione uretero-pelvica, in cui la pelvi renale si restringe bruscamente per congiungersi con l'uretere
- Branca iliaca, dove l'uretere effettua una brusca curvatura posteriore subito distalmente alla biforcazione iliaca
- Giunzione uretero-vescicale, parte più stretta dell'uretere, dove questo attraversa trasversalmente la parete muscolare della vescica.

Il dolore è causato da una serie di fattori: spasmi muscolari ureterali, aumentata dilatazione ureterale prossimale, infiammazione associata, aumentata peristalsi ureterale, gonfiore renale con stiramento capsulare, edema. Di conseguenza si avrà l'attivazione dei recettori di stiramento sottomucosi nell'uretere, pelvi renale e capsula, con rilascio delle prostaglandine.

La pressione idrostatica raggiunge un picco massimo entro 2-5 ore dall'ostruzione ureterale completa.

Come meccanismo compensatorio si ha la dilatazione ureterale prossimale, che permette all'urina di superare l'ostruzione.

Si osserva una graduale diminuzione del flusso sanguigno nei reni, fino al 50% del valore basale al terzo giorno. Questa riduzione continua e dopo 8 settimane il flusso sanguigno renale scende solo al 12% del valore standard. Tuttavia, la dilatazione e l'idronefrosi dell'uretere tendono a persistere, mentre la peristalsi dell'uretere è quasi assente. Il flusso sanguigno del rene opposto aumenta.

Il dolore acuto della colica renale è autolimitante e dura circa 24 ore. (Patti & Leslie, 2024).

La colica renale è stata descritta come composta da 3 fasi cliniche:

- Fase acuta: fase iniziale o di esordio. L'attacco tipico inizia nelle prime ore del mattino o di notte. Gli attacchi che iniziano durante il giorno tendono a presentarsi in modo più graduale e subdolo. Il dolore in questa fase è di solito continuo, in progressivo aumento e persistente, talvolta intervallato da parossismi intermittenti di dolore ancora più acuto.
Può raggiungere una massima intensità in soli 30 minuti, oppure impiegare fino a 6 ore. In genere, il picco massimo si raggiunge entro 1-2 ore dall'inizio della colica.

- Fase costante: la seconda fase è di dolore massimo e continuo, e tende a mantenersi stabile fino a quando non viene trattato o si riduce spontaneamente. Questa fase dura di solito 1-4 ore, in alcuni casi può superare le 12 ore.
- Fase di attenuazione: fase finale in cui il dolore si riduce rapidamente, portando ad una sensazione di sollievo. Questa fase dura in genere da 1,5 a 3 ore. (Dave, 2025)

I calcoli si formano per precipitazione di sali cristallini nell'urina sovrasatura, e sono più comunemente costituiti da sali di calcio (ossalato di calcio, fosfato di calcio o misti ossalato-fosfato). I rimanenti sono formati da acido urico, cistina o struvite.

Possono essere classificati in base a: dimensioni, sede, caratteristiche radiografiche, eziologia della composizione e rischio di recidiva.

Le dimensioni del calcolo sono solitamente espresse in una o due dimensioni e suddivise in categorie in base al diametro massimo:

- fino a 5 mm
- 5-10 mm
- 10-20 mm
- oltre 20 mm

I calcoli possono essere classificati in base alla posizione anatomica:

- calice superiore, medio o inferiore
- bacinetto renale
- uretere superiore, medio o distale
- vescica urinaria

La TC senza mezzo di contrasto può essere utilizzata per classificare i calcoli in base a densità, struttura interna e composizione.

Tutte queste informazioni possono influenzare le decisioni terapeutiche. (European Association of Urology, 2025).

1.2 Presentazione clinica e diagnosi differenziale

La sindrome da colica renale è caratterizzata da:

- dolore acuto: sintomo predominante; la localizzazione e l'intensità del dolore sono influenzate dalla sede del calcolo, dalle sue dimensioni, dalla rapidità di ostruzione luminale. Solitamente l'insorgenza è notturna o nelle prime ore del mattino. Può essere improvviso (1/3 dei pazienti), oppure manifestarsi dopo un'attività fisica intensa o essere anticipato da segnali come fastidio al fianco, al testicolo o alla vulva dal lato dell'ostruzione.
- anoressia, nausea, vomito
- disuria, tenesmo vescicale
- ematuria (sia macroscopica che microscopica) nel 60-90% dei casi
- dolore al tatto nell'angolo costovertebrale e alterazioni della sensibilità nelle zone dolenti e nelle aree cutanee irradiate
- Manovra di Giordano positiva (Servizio Sanitario Regionale Emilia-Romagna, 2018).

L'attacco doloroso vero e proprio tende a svilupparsi in fasi, con un picco del dolore che viene raggiunto nella maggior parte dei pazienti entro due ore dall'esordio. Il dolore segue approssimativamente i dermatomi da T10 a S4.

La maggior parte dei calcoli si forma nel rene e si sposta lungo il tratto urinario distalmente, causando vari gradi di ostruzione urinaria quando si incastrano in zone ristrette, come la giunzione pieloureterale, il margine pelvico e la giunzione ureterovesicale.

La sede e l'intensità del dolore variano in base alla localizzazione del calcolo all'interno del sistema urinario. L'intensità del dolore è legata al livello dell'ostruzione, alla presenza di spasmi ureterali e alla possibile insorgenza di infezioni.

I soggetti con calcoli che ostruiscono la giunzione pieloureterale possono presentare un dolore sordo al fianco, da lieve a severo, senza irradiazione all'inguine, causato dalla distensione della capsula renale.

I calcoli bloccati nell'uretere provocano un dolore colico e acuto al fianco e nella parte bassa dell'addome sullo stesso lato, con irradiazione ai testicoli o alla zona vulvare.

Il dolore causato da calcoli nell'uretere superiore tende ad irradiarsi al fianco e alla zona lombare.

Sul lato destro, può essere confuso con una colecistite o con calcoli biliari; sul lato sinistro, le diagnosi differenziali includono pancreatite acuta, ulcera peptica o gastrite.

I calcoli ureterali medi causano un dolore che si irradia anteriormente e caudalmente. Questo tipo di dolore, in particolare, può imitare un'appendicite (se a destra) o una diverticolite acuta (se a sinistra).

I calcoli ureterali distali provocano dolore che si irradia ai genitali a causa del coinvolgimento dei nervi ileoinguinale o genitofemorale.

I calcoli bloccati alla giunzione uretero-vescicale possono anche causare sintomi di irritazione urinaria, come aumento della frequenza urinaria e disuria.

Se un calcolo si trova nell'uretere intramurale, i sintomi possono essere simili a quelli della cistite o uretrite. Questi includono dolore sovrapubico, urgenza e frequenza urinaria, disuria, stranguria (dolore e difficoltà nell'emissione di urina), talvolta sintomi intestinali come diarrea e tenesmo.

Tali sintomi possono essere confusi con malattia infiammatoria pelvica, rottura o torsione di cisti ovariche, o dolori mestruali nelle donne.

I calcoli che arrivano nella vescica solitamente sono asintomatici e vengono espulsi facilmente con la minzione.

Raramente un paziente può riferire una ritenzione urinaria posizionale, che si manifesta stando in piedi e si risolve da supini, causata dall'effetto a valvola esercitato da un calcolo di grandi dimensioni posizionato all'uscita della vescica (Dave, 2025).

I segni caratteristici della colica renale si riscontrano nei bambini che hanno più di 10 anni. Nei più giovani, i segni sono spesso inusuali, come perdita di appetito, diarrea, nausea, agitazione e febbre senza spiegazione. In alcuni casi, la disuria o la presenza di sangue nelle urine possono essere i soli indicatori. Inoltre, è fondamentale considerare la possibilità di urolitiasi in presenza di vulviti o balanopostiti ricorrenti. Il passaggio di piccoli calcoli può causare irritazione in queste aree (Rakowska et al., 2018).

Sintomi e manifestazioni cliniche presentano una bassa sensibilità e specificità quando si tratta di diagnosticare una colica renale. Sintomi analoghi possono essere causati anche da ostruzioni urinarie non legate ai calcoli, da compressioni esterne delle vie urinarie o da motivi renali che non comportano ostruzione, oltre a diverse altre condizioni (Servizio Sanitario Regionale Emilia-Romagna, 2018).

1.3 Epidemiologia

La colica renale rappresenta uno dei casi di urgenza più comuni in pronto soccorso, costituendo il 30% delle situazioni di emergenza urologica nei Paesi sviluppati; tuttavia, l'approccio clinico-diagnostico alla patologia risulta ancora variabile.

La calcolosi renale interessa prevalentemente il sesso maschile, con un rapporto uomo-donna di circa 2:1 e l'incidenza della colica da urolitiasi tende ad aumentare durante i mesi estivi. Nei pazienti che hanno già avuto un episodio di colica renale, il rischio di recidiva è elevato, raggiungendo il 50% nei successivi 5 anni.

I fattori predisponenti alla formazione dei calcoli renali sono molteplici e includono cause anatomiche, metaboliche, farmacologiche e sistemiche.

Anomalie anatomiche predisponenti all'urolitiasi comprendono condizioni che ostacolano il normale deflusso dell'urina, favorendo la formazione di calcoli.

Tra queste si includono:

- ostruzione della giunzione pelvi-ureterale
- dilatazione dei calici o della pelvi renale
- diverticolo caliceale
- ureterocele
- reflusso vescicoureterale
- stenosi ureterale
- ectasia tubulare
- rene a ferro di cavallo
- monorene acquisito o congenito
- pregressa chirurgia ureterale o renale
- rene a spugna

Fattori di rischio metabolici più frequenti sono ipercalciuria (40-60%) e iperuricosuria (25%), ma anche iperossaluria, ipocitruria, deficit di vitamina A, clima caldo, immobilizzazione prolungata.

Anche l'assunzione di alcuni farmaci può favorire la formazione di calcoli, tra cui diuretici, antiepilettici, inibitori della proteasi, calcio e vitamina D.

Infine, alcune malattie sistemiche sono associate ad un aumentato rischio di calcolosi renale. Tra queste vi sono:

- Iperparatiroidismo primario
- Acidosi tubulare renale
- Cistinuria
- Gotta
- Diabete mellito
- IBD
- Insufficienza renale
- Sarcoidosi

Anche la familiarità per urolitiasi, così come una storia personale di infezioni del tratto urinario o di pielonefrite, fanno parte dei fattori di rischio (Servizio Sanitario Regionale Emilia-Romagna, 2018).

Negli ultimi decenni è stato registrato un progressivo aumento della prevalenza e incidenza della litiasi renale, sia per motivi dietetici che per cambiamenti nello stile di vita. (Scales et al., 2012).

Le temperature elevate e i cambiamenti climatici sono fattori riconosciuti come determinanti nell'aumento stagionale degli episodi di colica renale, con un picco estivo particolarmente evidente nelle zone ad alto tasso di incidenza (Brikowski et al., 2018).

1.4 Approccio diagnostico in Pronto Soccorso

Nel contesto del Pronto Soccorso, quando esiste il sospetto di possibile insufficienza renale, l'obiettivo principale è ridurre velocemente il dolore e rimediare ad eventuale disidratazione e vomito. Si inizia somministrando tramite accesso venoso fluidi, analgesici e antiemetici (Dave, 2025).

La colica renale è causata da contrazioni intense e prolungate della muscolatura liscia delle vie urinarie, secondarie all'ostruzione provocata da calcoli.

L'approccio diagnostico prevede un'attenta anamnesi, che deve includere:

- eventuali episodi pregressi di calcolosi renale,
- la presenza di patologie urologiche o metaboliche concomitanti,
- lo stile di vita e i fattori di rischio,
- la modalità di insorgenza e la localizzazione dei sintomi.

L'esame obiettivo comprende la palpazione superficiale e profonda dell'addome e dei punti ureterali (superiore, medio e inferiore). Particolarmente importante è la valutazione del Segno di Giordano, che può risultare positivo nei casi di colica renale.

Per quanto riguarda gli esami di laboratorio, sono indicati:

- esami ematochimici come creatinina, PCR, emocromo con formula, sodiemia e potassiemia
- stick urine per la ricerca di microematuria, spesso presente nel contesto di calcolosi urinaria (PDTA Calcolosi Reno-Ureterale, 2014).

L'approccio alle coliche renali richiede una valutazione rapida, efficace e il più possibile priva di rischi per il paziente. La tomografia computerizzata senza mezzo di contrasto (TC) è considerata il gold standard diagnostico per l'urolitiasi per via della sua elevata sensibilità e specificità, ma il suo utilizzo comporta un'esposizione significativa alle radiazioni ionizzanti. Per questo motivo l'ecografia è particolarmente indicata nei pazienti giovani, nelle donne in gravidanza e nei casi con sospetto basso rischio di complicanze (Smith-Bindman et al., 2014). L'ecografia è una metodica non invasiva, facilmente ripetibile, utile per identificare la dilatazione delle vie urinarie (idronefrosi). Consente di escludere altre cause di dolore addominale, come infezioni renali, tumori, malattia policistica, appendicite o aneurisma dell'aorta addominale (PDTA Calcolosi Reno-Ureterale, 2014).

Negli ultimi anni, numerosi studi hanno evidenziato l'efficacia dell'ecografia renale come modalità di imaging iniziale per pazienti con sospetta colica renale. In uno studio multicentrico statunitense randomizzato, Smith-Bindman et al. (2014) hanno confrontato l'ecografia eseguita dal medico d'urgenza, l'ecografia eseguita dal radiologo e la TC come primo esame diagnostico. I risultati hanno mostrato che

l'ecografia come metodica iniziale riduce significativamente l'esposizione cumulativa di radiazioni rispetto alla TC, senza un aumento di eventi avversi gravi. Il tasso di eventi avversi nei tre gruppi è stato rispettivamente del 12,4%, 10,8% e 11,2%, senza differenze statisticamente significative (Smith-Bindman et al., 2014).

L'ecografia permette di identificare reperti fondamentali come l'idronefrosi, ma presenta limiti nella visualizzazione di calcoli ureterali piccoli o distali, motivo per cui nei casi non risolti o complicati si ricorre alla TC a basso dosaggio (AUA Guidelines, 2019).

Capitolo 2: Imaging

2.1 Metodiche disponibili

L'imaging si basa sull'ecografia e sulla TC senza mezzo di contrasto. La scelta della tecnica di imaging più idonea è influenzata dal contesto clinico, che differisce in base alla sospetta presenza di un calcolo nell'uretere o nei reni.

L'ecografia (US) dovrebbe essere considerata come il primo strumento diagnostico da utilizzare. La tecnica ecografica è priva di rischi legati alle radiazioni, è facilmente ripetibile ed ha un costo contenuto.

Permette di individuare la presenza dei calcoli nei calici, nella pelvi renale e nelle giunzioni pielo-ureterali e vescico-ureterali (se effettuata con vescica piena), oltre a monitorare la dilatazione delle vie urinarie superiori.

Ha una sensibilità del 45% e una specificità del 94% per i calcoli ureterali; per i calcoli renali, invece, presenta una sensibilità del 45% e una specificità dell'88%.

La radiografia diretta dei reni, degli ureteri e della vescica (KUB) mostra una sensibilità che oscilla tra il 44% e il 77% (European Association of Urology, 2025).

Le linee guida attuali e la letteratura recente sottolineano che la radiografia diretta dell'addome (KUB) non deve più essere utilizzata come esame di prima linea nella valutazione della colica renale, dato il suo scarso valore diagnostico rispetto alla tomografia computerizzata (Kennish et al., 2008).

La TC senza mezzo di contrasto è diventata lo standard per la diagnosi in caso di dolore acuto al fianco, sostituendo l'urografia endovenosa (IVU) (European Association of Urology, 2025).

Ha una sensibilità del 94-97% e specificità del 96-100%. È l'esame radiologico più sensibile per la rilevazione, localizzazione e caratterizzazione dei calcoli urinari (Modi, 2024).

La TC consente di individuare la sede, la quantità e la densità dei calcoli. In assenza di calcoli, la TC può identificare altre possibili cause del dolore addominale, e in caso di sospetta urolitiasi acuta, la TC senza contrasto risulta notevolmente più accurata rispetto all'IVU o all'ecografia (European Association of Urology, 2025).

2.2 TC addome senza MDC

È considerata il gold standard per la diagnosi di urolitiasi nei pazienti che soffrono di dolore acuto al fianco, e molti di questi non necessitano di ulteriori esami per determinare se è indicato un intervento urologico.

I limiti della TC riguardano la valutazione della funzionalità renale e l'analisi dei calcoli che provocano ostruzioni. Non è raccomandata come primo esame per le pazienti in gravidanza.

L'esame TC per la valutazione delle coliche renali prevede l'acquisizione di immagini assiali dall'emidiaframma fino alle tuberosità ischiatiche, con uno spessore di strato <5 mm. In alcuni casi, può essere richiesta un'estensione inferiore per completare l'esame. Il campo di visualizzazione deve essere adattato al singolo paziente, con scansioni acquisite in apnea quando possibile, per ridurre gli artefatti da movimento.

L'obiettivo principale è ottenere immagini diagnostiche con la minima dose di radiazione necessaria. Per questo motivo, i protocolli devono essere ottimizzati, soprattutto nei pazienti più radiosensibili. Le tecniche di riduzione della dose includono il controllo automatico dell'esposizione, la ricostruzione iterativa, gli algoritmi di riduzione del rumore e la selezione automatica della tensione del tubo.

Quando indicato, si può limitare l'area di esposizione focalizzandosi sulla regione renale, dal profilo superiore dei reni, per ridurre ulteriormente la dose.

Oltre alle immagini assiali, è raccomandata almeno una ricostruzione multiplanare, solitamente coronale, per migliorare la visualizzazione dei calcoli e delle vie urinarie. In base al quesito clinico, possono essere utili anche ricostruzioni oblique o tridimensionali (MIP o volume rendering), ad esempio per meglio evidenziare eventuali idronefrosi.

Le impostazioni di finestra devono essere adeguate per distinguere chiaramente i parenchimi, il grasso retroperitoneale e i calcoli urinari.

Parametri tecnici principali da considerare per una TC renale senza contrasto includono:

- controllo automatico dell'esposizione e ricostruzione iterativa, per ridurre la dose
- kVp e mAs adattati al biotipo del paziente

- pitch tra 0.8 e 2 e tempo di rotazione ≤ 1 sec
- spessore minimo di strato ≤ 2 mm per una buona risoluzione spaziale
- campo di vista (FOV) ottimizzato
- Kernel di ricostruzione adeguato per evidenziare strutture ad alta densità come i calcoli
- risoluzione spaziale: 28lp/cm per DFOV ≥ 32 cm, ≥ 10 lp/cm per DFOV < 24 cm

I criteri di correttezza sono:

- centrare il paziente nel gantry,
- posizionare le braccia sopra all'addome,
- rimuovere oggetti metallici (Servizio Sanitario Regionale Emilia-Romagna, 2018).



Figura 1: TC addome senza mezzo di contrasto, ricostruzione coronale, evidenza di calcolosi ureterale a destra.



Figura 2: TC addome senza mezzo di contrasto, ricostruzione sagittale, evidenza di calcolo ureterale; le ricostruzioni multiplanari consentono una migliore localizzazione e valutazione delle dimensioni del calcolo.

In alcuni casi selezionati, può essere indicato eseguire una TC dell'addome con mezzo di contrasto, per uno studio più dettagliato delle strutture urinarie ed eventualmente delle condizioni extrarenali.

Questa tecnica, chiamata anche uro-TC, permette lo studio di masse renali e lesioni dell'urotelio, oltre che l'identificazione di patologie urinarie che possono simulare o complicare il quadro di colica.

Questo tipo di indagine prevede un'acquisizione trifasica dopo la somministrazione di mezzo di contrasto iodato (Cupisti et al., 2020).

Si parte con una fase senza mezzo di contrasto, per la valutazione di calcoli calcificati o altre anomalie ad alta densità e per la misurazione basale delle unità Hounsfield per le masse renali.

Si somministra poi mezzo di contrasto iodato, a 1,5 ml/kg fino a un massimo di 120 ml, e successivamente un bolo di soluzione salina da 250 ml (Noorbakhsh et al., 2021).

Si acquisisce una fase arteriosa precoce, che consente di valutare le arterie renali e la corticale; segue una fase nefrografica ¹, che permette un'analisi accurata del

¹ La fase nefrografica viene effettuata con un ritardo di 80-120 secondi, e dovrebbe mostrare un enhancement simmetrico del contrasto della corticale e della midollare renale. Questa fase è sensibile alla rilevazione di eventuali masse renali (Noorbakhsh et al., 2021).

parenchima renale, e infine una fase escretoria o urografica², effettuata tra i 5 e i 10 minuti dopo l'iniezione, che consente di visualizzare le vie escretrici.

La TC con mezzo di contrasto è quindi indicata in casi in cui si sospettano complicanze o patologie concomitanti, come urinomi, pielonefrite ostruttiva, lesioni parenchimali, masse uroteliali, oppure quando vi è la necessità di approfondire diagnosi non chiare emerse dalla TC senza contrasto (Cupisti et al., 2020).

2.3 Ecografia

L'ecografia rappresenta una metodica sicura, non invasiva ed efficace per la valutazione del tratto urinario. Presenta un'elevata sensibilità (fino al 100%) nella rilevazione di segni indiretti di ostruzione, come l'idronefrosi, la dilatazione ureterale e la presenza di fluido perirenale (Servizio Sanitario Regionale Emilia-Romagna, 2018). Tuttavia, la sua accuratezza nel visualizzare direttamente i calcoli ostruenti è limitata.

I calcoli tendono a fermarsi in corrispondenza dei fisiologici restringimenti dell'uretere, ovvero: la giunzione pieloureterale, il punto di incrocio con i vasi iliaci, il bordo del bacino e la giunzione uretero-vescicale. Di queste sedi, solo la giunzione pieloureterale e quella uretero-vescicale sono agevolmente esplorabili ecograficamente, a meno che non vi siano dilatazioni ureterali marcate.

L'ecografia si dimostra utile anche nella diagnosi differenziale della colica renale, poiché permette l'identificazione di diverse condizioni cliniche che possono simulare tale quadro. Inoltre, può rilevare il jet ureterale, un segno dinamico che indica la pervietà dell'uretere. In presenza di ostruzione, questo flusso può risultare assente, ridotto o trasformato in uno stillicidio continuo e lento.

Nonostante i numerosi vantaggi, l'ecografia ha alcune limitazioni: dipende dall'operatore, ha bassa sensibilità per i calcoli di piccole dimensioni o in segmenti non insonabili del tratto urinario, presenta difficoltà nella misurazione precisa delle dimensioni del calcolo e non permette di distinguere tra una dilatazione ostruttiva e una non ostruttiva. (Servizio Sanitario Regionale Emilia-Romagna, 2018).

² La fase urografica evidenzia una simmetrica escrezione del mezzo di contrasto con opacizzazione di entrambi gli ureteri. Questa fase risulta particolarmente efficace nell'individuare eventuali difetti di riempimento, causati da masse o altre alterazioni del sistema collettore urinario (Noorbakhsh et al., 2021).

In particolare, l'ecografia ha una bassa sensibilità nella rilevazione dei calcoli di dimensioni <2 mm, e quelli situati nella giunzione pielo-ureterale (UPJ) o nei segmenti intermedi dell'uretere. Possono verificarsi falsi positivi a causa di calcificazioni nei vasi sanguigni renali. Diagnosi errate di idronefrosi possono sorgere a causa della dilatazione delle strutture vascolari nell'area dell'ilo renale. L'uso dell'imaging doppler è utile per separare le strutture vascolari dilatate dall'idronefrosi (Modi, 2024).

Inoltre, l'assenza di idronefrosi non esclude l'ostruzione, poiché l'ectasia calico-pielica può richiedere alcune ore per svilupparsi, e può non essere visibile se il paziente non è adeguatamente idratato (Servizio Sanitario Regionale Emilia-Romagna, 2018).

Capitolo 3: Ecografia nelle coliche renali

3.1 Fisica degli ultrasuoni

Gli ultrasuoni sono una forma di radiazione che non provoca ionizzazione, impiegata per ottenere immagini in tempo reale nei tessuti. Questi si collocano nella parte energetica del suono, sopra la gamma di udibilità che va da 20 Hz a 20 kHz, e viaggiano attraverso un mezzo sotto forma di onda meccanica. Il suono si propaga attraverso vari materiali, come i tessuti e i liquidi presenti nel corpo, interagendo con differenti particelle di un oggetto in vibrazione, senza alterare la loro posizione originale.

La frequenza è espressa in Hertz (Hz), dove 10 Hz corrispondono a 10 cicli completi in un secondo. Gli ultrasuoni utilizzati in diagnostica variano tra 2 e 15 MHz. L'onda ha un picco e un avvallamento (parte con energia minore). L'ampiezza rappresenta la distanza tra il punto più basso e quello più alto dell'onda. La lunghezza d'onda rappresenta la distanza tra le due creste, ed è inversamente proporzionale alla frequenza. Una frequenza più elevata consente una risoluzione dell'immagine superiore, ma comporta una riduzione nella profondità di penetrazione. Per un'ecografia transaddominale, è indicata una sonda da 3,5 MHz, in quanto consente una maggiore penetrazione nei tessuti (oltre 15 cm), ma con una qualità dell'immagine inferiore (Poggi & Palavecino, 2024).

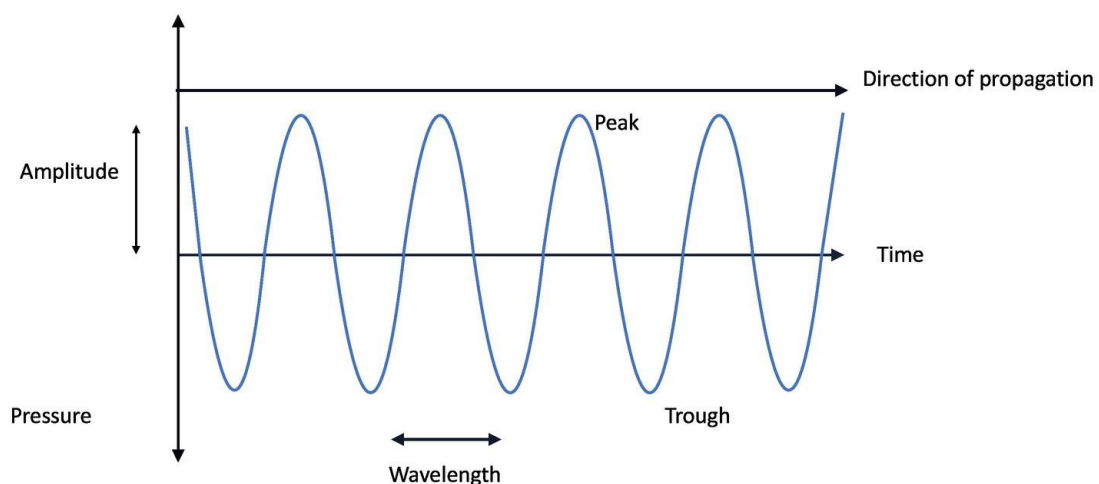


Figura 3: Rappresentazione grafica di un'onda longitudinale, con indicazione di ampiezza, tempo, pressione, direzione di propagazione, picchi, avvallamenti e lunghezza d'onda.

Il fascio di ultrasuoni è prodotto da oscillazioni meccaniche di diversi cristalli in un trasduttore, il quale viene attivato da impulsi elettrici grazie all'effetto piezoelettrico³. Il trasduttore trasforma l'energia elettrica in energia meccanica o sonora.

Le onde ultrasoniche, ovvero impulsi sonori, vengono emesse dal trasduttore, attraversano vari tessuti e ritornano al trasduttore come echi riflessi. Questi echi di ritorno vengono nuovamente convertiti in impulsi elettrici dai cristalli piezoelettrici del trasduttore, successivamente elaborati per creare l'immagine ecografica che viene visualizzata sullo schermo.

I trasduttori contengono un intervallo di frequenze ultrasoniche, la cosiddetta larghezza di banda. Le onde sonore di alta frequenza vengono riflesse dalle superfici tra tessuti con diverse densità, e l'entità di riflessione è legata alla diversa impedenza dei tessuti. Quando la differenza di densità aumenta, cresce la quantità di suono riflesso, mentre quella di suono trasmesso diminuisce in modo proporzionale. Gli echi non si formano quando non ci sono variazioni in un tessuto e tra tessuti differenti. Fluidi omogenei come sangue, bile, urina, contenuto di cisti semplici, ascite e versamento pleurico vengono ritenuti strutture prive di eco (Nadrljanski et al., 2010/2020).

L'impedenza è la proprietà fisica che indica quanto un tessuto si oppone alla propagazione delle onde ultrasonore. Ogni tessuto presenta una diversa impedenza: i liquidi e i tessuti ricchi di acqua hanno valori di impedenza più bassi, mentre l'aria e le strutture solide, come le ossa, presentano valori più elevati.

L'impedenza è di grande importanza per la formazione dell'immagine ecografica; infatti, la quantità di suono riflesso in corrispondenza di un'interfaccia tra due tessuti dipende dalla differenza di impedenza tra essi. Per esempio, tra muscolo e osso c'è una grande differenza di impedenza, che provoca un notevole ritorno delle onde ultrasonore verso il trasduttore. Al contrario, l'interfaccia tra fegato e rene (nello spazio di Morrison) ha una variazione di impedenza minima, quindi solo una piccola parte dell'onda viene riflessa. L'aria, avendo un'alta impedenza, impedisce la propagazione del suono, ed è per questo che si utilizza il gel ecografico, che elimina l'aria tra il trasduttore e la pelle, facilitando la trasmissione dell'onda.

³ L'effetto piezoelettrico è la proprietà di alcuni cristalli naturali o materiali sintetici di deformarsi in seguito ad una sollecitazione elettrica e viceversa, di suscitare una differenza di potenziale se sottoposti ad una deformazione meccanica (Ziviello et.al, 1986).

L'attenuazione si verifica quando gli ultrasuoni attraversano i tessuti, determinando perdita di energia. L'attenuazione è correlata all'impedenza del mezzo attraversato.

I principali meccanismi che contribuiscono all'attenuazione sono:

- Rifrazione: deviazione della direzione dell'onda quando si ha un cambiamento della composizione dei tessuti.
- Dispersione: diffusione delle onde in più direzioni dopo l'impatto con una particella.
- Assorbimento: le onde ultrasonore trasferiscono energia alle particelle dei tessuti, con conseguente perdita di intensità del segnale.
- Riflessione: l'onda torna verso la sonda, e questa energia di ritorno viene convertita in immagine ecografica (Poggi & Palavecino, 2024).

Ci sono diversi tipi di sistemi di visualizzazione degli echi: A-Mode, B-Mode, TM-Mode.

L'A-Mode mostra le riflessioni degli echi come picchi: l'altezza di ciascun picco segnala l'intensità dell'eco, mentre lo spazio tra i picchi e il punto iniziale indica la profondità della superficie riflettente. Questa modalità permette di esaminare l'ampiezza, la configurazione e il luogo degli echi, per definire i tessuti attraversati.

Il TM-Mode rappresenta una versione dell'A-mode in cui l'immagine si muove in orizzontale nel tempo, consentendo di osservare il movimento degli echi lungo un percorso stabilito. Ogni cambiamento di impedenza si manifesta come un punto illuminato, la cui luminosità varia in base all'intensità dell'eco. Le strutture statiche producono linee dritte, mentre quelle in movimento danno origine a linee curve. Questo metodo viene prevalentemente usato nel campo della cardiologia.

Il B-Mode fornisce un'immagine bidimensionale in scala di grigi. La profondità di ciascun pixel indica quanto il tessuto è distante dalla sonda, mentre l'intensità del grigio riflette l'ecogenicità, cioè la capacità del tessuto di riflettere le onde ultrasonore (Singla et al., 2022).

Modificando l'angolazione del fascio ultrasonico, si ottiene una rappresentazione delle interfacce dei tessuti. L'immagine digitale viene salvata in matrici di 512x512, dove ogni punto rappresenta una posizione specifica e un tono di grigio scelto in base all'intensità dell'eco (Ziviello et al., 1986).

Frequenze di imaging più basse permettono di visualizzare strutture più profonde, come i reni nativi situati nella parete posteriore della cavità addominale. Tuttavia, questa maggiore penetrazione comporta un compromesso: minore risoluzione spaziale, poiché la frequenza è inversamente proporzionale alla risoluzione. Al contrario, in caso di rene trapiantato, che si trova in fossa iliaca, in posizione più superficiale, è possibile utilizzare frequenze più alte (Singla et al., 2022).

3.2 Anatomia ecografica renale

L'anatomica ecografica renale consente di studiare in modo non invasivo la posizione, i rapporti anatomici e le caratteristiche morfologiche del rene, elementi fondamentali per l'identificazione di eventuali condizioni patologiche.

I reni sono situati ai lati della colonna vertebrale, nello spazio perirenale del retroperitoneo, all'interno della parete addominale posteriore. L'asse lungo del rene è parallelo al margine laterale del muscolo psoas, e si trova anteriormente rispetto al muscolo quadrato dei lombi. Essendo paralleli al muscolo psoas, i reni si presentano inclinati obliquamente, con il polo superiore più mediale e posteriore rispetto al polo inferiore. A causa della presenza del lobo destro del fegato, il rene destro solitamente si trova leggermente più basso rispetto al rene sinistro.

Il rene è rivestito da una capsula fibrosa, circondata da uno strato di tessuto adiposo, noto come grasso perirenale. All'interno, si distinguono il parenchima renale e il seno renale (composto da pelvi renale, calici, vasi sanguigni, nervi, vasi linfatici e tessuto adiposo).

Il parenchima è suddiviso in due sezioni: la corteccia, che si trova immediatamente sotto la capsula ed è la parte più esterna, e la midollare, parte più interna costituita da 10-14 piramidi. Tra queste piramidi si estendono porzioni di corteccia, chiamate colonne renali.

L'urina si forma nei lobi renali, ognuno dei quali comprende una piramide, la corteccia sopra ad essa e le colonne renali adiacenti. Ogni lobo drena l'urina attraverso una papilla, che ci collega a un calice minore. Diversi calici minori (solitamente 4-5) confluiscono in un calice maggiore. Normalmente, ogni rene possiede 2-3 calici maggiori, che si uniscono a formare la pelvi renale.

L'ilo renale rappresenta l'ingresso al seno renale, e si trova sulla superficie anteromediale del rene, in posizione verticale. In questa area transita la rete di vasi e nervi renali, la pelvi renale e il tessuto adiposo. Di solito, la pelvi si trova dietro ai vasi renali, con la vena renale situata in posizione anteriore rispetto all'arteria renale (Knipe et al., 2025).

Con l'ecografia in B-Mode è possibile ottenere misurazioni antropometriche dei reni, come la lunghezza e il volume. La lunghezza renale si misura in asse lungo con la proiezione longitudinale, come distanza massima tra il polo superiore e il polo inferiore, con valori normali tra 10 e 12 cm. In genere il rene sinistro è leggermente più lungo del destro, con lunghezze medie di 11,2 cm e 10,9 cm rispettivamente.

Un'altra misura rilevante è lo spessore corticale, calcolato in sezione longitudinale, dalla parte centrale del rene fino alla base delle piramidi. Il valore normale è tra 7 e 10 mm; un assottigliamento della corticale può indicare malattia renale cronica o riduzione della funzione renale.

Il volume renale ha valori normali di 1110-190 ml negli uomini e 90-150 ml nelle donne (Singla et al., 2022).

L'anatomia ecografica permette di studiare la posizione del rene e i suoi rapporti con muscoli, fasce, grasso e organi adiacenti.

Posteriormente, tramite scansioni longitudinali paravertebrali, si possono osservare:

- cute (ecogena)
- tessuto sottocutaneo (ipoecogeno)
- muscolatura dorsale (ecogena), in particolare il muscolo grande dorsale, il muscolo quadrato dei lombi e il muscolo ileopsoas
- legamento lombo-costale e fascia trasversale

Il grasso perirenale è fortemente ecogeno ed avvolge il rene, mentre quello sottocutaneo appare debolmente ecogeno. In soggetti obesi si nota spesso una banda ipoecogena tra grasso e parenchima, che può rappresentare il grasso della loggia renale.

Anteriormente, i rapporti sono meno definiti. A destra si riconoscono il fegato, che appare come una struttura omogenea e moderatamente ecogena, e la loggia

epatorenale (spazio di Morrison). Infine si identificano la fascia renale, il grasso e la parete intestinale.

Medialmente, il rene è in rapporto con il muscolo psoas, struttura ipoecogena separata da un'interfaccia iperecogena.

I reni presentano rapporti anatomici diretti con numerosi organi addominali, che possono essere riconosciuti ecograficamente.

Il surrene è situato medialmente al polo superiore del rene ed è visibile come un'area triangolare ecogena.

A destra, nella SLA⁴ e SLL⁵, è possibile visualizzare il fegato e osservare i rapporti tra la sua faccia posteriore e il polo superiore del rene destro.

A sinistra, la milza delimita superiormente il polo superiore del rene sinistro e può sovrapporsi ad esso.

La coda del pancreas si trova in rapporto con il polo superiore del rene sinistro, mentre la testa si proietta anteriormente al rene destro e può essere visualizzata nelle SAA⁶.

In SAA è visibile come struttura anecoica anche il duodeno, situato anteriormente al rene destro.

L'aorta e la vena cava inferiore decorrono in posizione mediana rispetto ai reni. In proiezione SAA, tali strutture vascolari sono ben distinguibili, soprattutto a destra, grazie alla finestra acustica.

La forma del rene varia in base alla rotazione e all'orientamento. Può apparire ovale con margini lisci, a dromedario (per effetto dell'impronta splenica), o con margine convesso nel polo superiore e concavo nel polo inferiore.

La valutazione ecografica, soprattutto se condotta con apparecchi dinamici, risulta affidabile e utile per il calcolo del volume renale (Ziviello et al., 1986).

L'ecogenicità del rene viene spesso usata come indicatore dello stato di salute renale. Per valutarla, si confronta l'ecogenicità del parenchima renale con quella di un tessuto

⁴ Scansione longitudinale assiale

⁵ Scansione longitudinale laterale

⁶ Scansione assiale anteriore

di riferimento, di solito il fegato, che in condizioni normali risulta meno ecogeno del rene (Singla et al., 2022)

Il seno renale, composto da calici, pelvi renale, grasso e vasi intrarenali, risulta iperecogeno.

Il parenchima è ipoecogeno ed omogeneo, ed è diviso nella corteccia esternamente e nelle piramidi midollari internamente, che risultano leggermente meno ecogene. Tra le piramidi si trovano ripiegature corticali chiamate Colonne di Bertin (Hansen, Nielsen, & Ewertsen, 2015).

Gli ureteri normali generalmente non sono ben visibili in ecografia (Knipe et al., 2025).

3.3 Tecnica d'esame

I reni sono valutati attraverso scansioni sia longitudinali che trasversali, con il trasduttore posizionato ai lati del corpo. Se l'analisi del rene risulta compromessa a causa dell'aria intestinale, si procede combinando la posizione supina con quella laterale, spostando il trasduttore verso la parte posteriore. Idealmente, l'esame inizia nel piano longitudinale parallelo al diametro maggiore del rene; in questo modo il rene è più facilmente identificabile.

Per i pazienti adulti, si utilizza un trasduttore ad array curvo con frequenze centrali di 3-6 MHz, mentre per i pazienti pediatrici è consigliato un trasduttore a matrice lineare con frequenze centrali superiori. Gli artefatti generati dalle coste inferiori tendono sempre a coprire i poli superiori dei reni. È possibile valutare l'intero rene sia durante la respirazione normale che in apnea, poiché si muove insieme al diaframma e di conseguenza modifica la sua posizione (Hansen, Nielsen & Ewertsen, 2015).

Il rene è l'organo retroperitoneale più facilmente esaminabile con l'ecografia. Grazie alla sua posizione anatomica, può essere valutato da vari angoli o "finestre acustiche":

- dorsale (posteriore)
- lombare (laterale)
- addominale (anteriore)

L'approccio posteriore risulta sempre eseguibile, ma presenta lo svantaggio legato al consistente spessore della muscolatura dorsale, che comporta un'importante

attenuazione del segnale ultrasonoro. Inoltre, la maggiore distanza tra i reni e la superficie cutanea richiede l'utilizzo di trasduttori a bassa frequenza e con una focalizzazione profonda.

L'accesso lombare è generalmente accessibile, anche se in alcuni casi, soprattutto per il lato sinistro, può essere ostacolato dalla presenza del colon, qualora la doccia paracolica sia particolarmente posteriore. Consente l'impiego di trasduttori ad alta frequenza.

L'approccio addominale è solitamente utilizzabile solo sul lato destro, dove il fegato funge da finestra acustica, permettendo una buona visualizzazione del rene con l'impiego di sonde ad alta frequenza. Sul lato sinistro, invece, questa finestra diventa accessibile solo in presenza di alterazioni patologiche come splenomegalia o masse renali, che modificano i rapporti anatomici (Ziviello et al., 1986).

Il preset da selezionare nell'ecografo è addominale o renale (Deschamps et al., 2023).

3.3.1 Scansione ecografica longitudinale del rene destro

Partendo dalla proiezione longitudinale del rene destro, si posiziona l'indicatore della sonda rivolto verso la testa del paziente. Si colloca la sonda sulla linea medio-ascellare destra, in corrispondenza del 10°-11° spazio intercostale. Potrebbe essere necessario ruotare il trasduttore di 10°-20° in senso antiorario per allinearsi meglio tra gli spazi intercostali e ottenere un'immagine più nitida. Si centra il rene sullo schermo ecografico. Si individuano il fegato, la corticale del rene, le piramidi midollari, la pelvi renale, il seno renale, i calici maggiori e i calici minori. Si tilta lentamente la sonda in senso antero-posteriore per valutare l'intero rene (Deschamps et al., 2023).

3.3.2 Scansione ecografica assiale del rene destro

A partire dalla vista longitudinale del rene destro, si centra il rene sullo schermo, quindi si ruota la sonda di 90 gradi in senso antiorario. L'indicatore della sonda deve essere rivolto posteriormente. Nella scansione assiale, si identifica la corticale renale, la piramide midollare e la pelvi renale. Per valutare completamente il rene destro, si tilta la sonda dall'alto verso il basso (Deschamps et al., 2023).

3.3.3 Scansione ecografica longitudinale del rene sinistro

La tecnica d'esame è molto simile a quella del rene destro. Il rene sinistro si trova leggermente più in alto e posteriore rispetto al destro, a causa delle dimensioni più piccole della milza rispetto al fegato. Si posiziona l'indicatore della sonda rivolto verso la testa del paziente. Si colloca la sonda sulla linea ascellare posteriore sinistra, intorno all'8°-9° spazio intercostale. Visualizzare la milza, la corticale del rene, le piramidi midollari, la pelvi renale, il seno renale, i calici maggiori e i calici minori. È consigliabile sfruttare il ritmo respiratorio del paziente (Deschamps et al., 2023).

3.3.4 Scansione ecografica assiale del rene sinistro

Partendo dalla vista longitudinale, si centra il rene sullo schermo, si ruota la sonda di 90° in senso antiorario. L'indicatore della sonda deve essere rivolto anteriormente. Si tilta la sonda verso l'alto e verso il basso, per valutare completamente il rene sinistro. Si visualizzano le stesse strutture renali viste nel rene destro (Deschamps et al., 2023).

3.3.5 Scansione ecografica longitudinale e assiale della vescica

Per esaminare la vescica, il paziente deve essere disteso. Si posiziona la sonda con il marcatore rivolto verso la testa del paziente. Si muove la sonda da un lato all'altro per visualizzare tutta la vescica. Si ottengono immagini nei piani longitudinali e assiali.

Nel piano longitudinale, si misura la lunghezza orizzontale massima dall'interno della parete anteriore a quella posteriore, corrispondente all'altezza della vescica.

Nel piano assiale, si individua la dimensione massima della vescica e si misura la lunghezza verticale e quella orizzontale dall'interno della parete anteriore a quella posteriore. Queste corrispondono rispettivamente alla profondità e alla larghezza della vescica.

La vescica normale presenta una parete muscolare liscia di 3-5 mm. Quando è piena, lo spessore si riduce a 2-3 cm (Blok, 2020).

3.4 Semeiotica ecografica della colica renale

La diagnosi di colica renale si basa sull'individuazione di calcoli e dell'eventuale ostruzione del sistema escretore; la presenza di dilatazione però non implica necessariamente un'ostruzione, né il grado di dilatazione riflette la gravità dell'ostruzione stessa (Nicolau et al., 2015).

L'ecografia permette di individuare i calcoli localizzati nei calici renali, nella pelvi, oppure nelle giunzioni pieloureterale e vescico-ureterale. I calcoli appaiono come strutture iperecogene accompagnate da un cono d'ombra posteriore, dovuto all'interruzione del passaggio degli echi oltre la formazione. (Fichera et al., 2022).



Figura 4: Scansione ecografica trasversale del rene; evidenza di calcoli iperecogeni con cono d'ombra posteriore (frecce)

Tuttavia, la metodica ecografica presenta alcune limitazioni: i calcoli di dimensioni inferiori ai 5 mm potrebbero non essere rilevabili, a causa dell'effetto di volume parziale o dell'assenza di cono d'ombra posteriore. Inoltre, i calcoli localizzati negli ureteri medi possono risultare non visibili, indipendentemente dalla loro grandezza, a causa della sovrapposizione di anse intestinali e gas, condizione accentuata nei pazienti obesi. Anche la distinzione di calcoli intrarenali può risultare difficile, poiché le immagini iperecogene possono derivare anche da calcificazioni vascolari o parenchimali, coaguli o vasi arcuati. Un'ulteriore limitazione è rappresentata dal fatto che, nelle fasi iniziali della colica renale, la dilatazione del sistema escretore può ancora non essere visibile. Tale dilatazione può essere molto lieve in caso di piccoli calcoli, o non presente in pazienti disidratati. Pertanto, l'ecografia andrebbe eseguita a vescica piena, in modo da favorire una buona finestra acustica per l'esplorazione dell'uretere terminale e per

la visualizzazione del jet ureterale (in caso di ostruzione non completa) (Nicolau et al., 2015).

L'utilizzo del color doppler migliora significativamente la capacità diagnostica dell'ecografia nella colica. In particolare, la ricerca del Twinkling Artifact (TA), la misurazione dell'indice di resistenza e l'osservazione del jet ureterale forniscono informazioni importanti. Il TA è utile per rilevare piccoli calcoli (2-4 mm) privi di cono d'ombra posteriore, e si presenta come un mosaico di pixel colorati che appaiono intorno, all'interno o lungo il cono d'ombra posteriore del calcolo (Fichera et al., 2022).

Un altro parametro ecografico rilevante è l'indice di resistenza renale (IRR), che riflette le resistenze vascolari intrarenali e indica un possibile danno renale. Viene misurato nelle arterie interlobari o arciformi. Una misurazione adeguata richiede di effettuare tre misurazioni dell'IRR in punti diversi di ogni rene, includendo almeno 3-5 cicli d'onda con dimensioni simili. Valori normali degli adulti sono inferiori a 0,70. Nella colica renale, l'IRR aumenta precocemente a causa dell'ostruzione, e può aiutare nella diagnosi anche prima che si sviluppi l'idroureteronefrosi. In presenza di patologie vascolari renali, si può valutare la differenza di IRR tra due reni (Δ IRR), che normalmente è bassa, ma aumenta in caso di ostruzione.

Un'ulteriore applicazione utile del color Doppler nella diagnosi di ostruzione urinaria è la valutazione del jet ureterale a livello vescicale. In condizioni normali, l'urina entra in vescica con getti intermittenti generati dalla peristalsi ureterale, visibili con color o power doppler, in corrispondenza della giunzione vescico-ureterale. In presenza di ostruzione, il jet può risultare ridotto o assente, a seconda che il blocco sia parziale o completo. L'asimmetria tra il lato sano e quello patologico è un segno particolarmente indicativo. Una corretta valutazione richiede una vescica ben piena (Fiorini et. al, 2020).

Una valutazione importante da fare in caso di sospetta colica renale, è la valutazione del sistema escretore urinario, la cui dilatazione è spesso correlata all'ostruzione urinaria, che può includere la pelvi, i calici e l'uretere. L'idronefrosi si presenta ecograficamente come un'area anecogena interconnessa, ricca di liquido, che determina un aumento del volume all'interno del seno renale.

Negli adulti, l'idronefrosi è dovuta all'urolitiasi, che blocca il deflusso urinario dalla pelvi renale o dall'uretere, oppure alla compressione estrinseca dell'uretere, come avviene durante la gravidanza o in presenza di fibrosi retroperitoneale.

L'urolitiasi rappresenta la causa più frequente di idronefrosi nell'adulto, con una prevalenza stimata tra il 10% e il 15% (Hansen, Nielsen & Ewertsen, 2015).

Distinguiamo l'idronefrosi in tre gradi – lieve, moderata e severa – in proporzione all'entità della dilatazione e al grado di ostruzione.

Nell'idronefrosi lieve, si osservano all'interno del seno pelico aree anecogene: multiple e periferiche (calici dilatati) e una centrale (pelvi). Questi segni possono comparire singolarmente o insieme. La pelvi tende a dilatarsi di più rispetto ai calici, soprattutto in ostruzioni recenti.

In alcuni pazienti si può notare un'area anecogena in sede ilare che non indica necessariamente una dilatazione, ma può semplicemente riflettere una pelvi ampia. Lo stesso vale per un'anecogenicità isolata in un recesso sinusale, che può corrispondere ad un calice ampio di tipo complesso.

Nell'idronefrosi moderata, gli echi del seno pelico appaiono più distanziati rispetto alla forma lieve, a causa dell'aumento delle aree anecogene che rappresentano calici e pelvi, cioè i collettori, anch'essi dilatati. La dilatazione può anche essere localizzata nel caso in cui sia presente un doppio distretto calico-pelico o un singolo collettore.

Nell'idronefrosi severa, ampie aree anecoiche occupano completamente il seno pelico e arrivano a contatto con il parenchima, che può ridursi fino a diventare una sottile striscia ecogena.

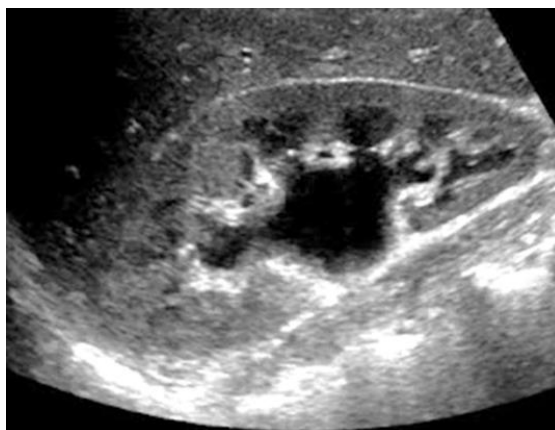


Figura 5: Scansione ecografica longitudinale del rene, dilatazione del sistema pielocaliceale, con aspetto compatibile con idronefrosi di grado avanzato.

L'aspetto ecografico può variare in aspetto settato, condizione in cui i calici sono molto dilatati ma ancora distinguibili, o in aspetto a sacca, dove i calici perdono la loro individualità e formano un'unica ampia area anecogena con una pelvi molto dilatata.

Un altro sistema di classificazione dell'idronefrosi è il sistema SFU, che utilizza cinque livelli (grado 0-4) valutando dilatazione della pelvi, calici e atrofia parenchimale.

Al grado 0, non si osserva alcuna dilatazione e le pareti caliceali sono adiacenti tra loro. Al grado 1 si riscontra una dilatazione della pelvi senza coinvolgimento dei calici, il parenchima è conservato. Al grado 2 si ha una lieve dilatazione della pelvi e dei calici, con la morfologia riconoscibile e senza atrofia del parenchima. Il grado 3 è caratterizzato da una dilatazione moderata della pelvi e dei calici, con appiattimento delle papille e iniziale assottigliamento corticale. Infine, al grado 4 si osserva una marcata dilatazione di pelvi e calici, con perdita della distinzione tra di essi e atrofia parenchimale evidente (Namdev et al., 2013, ultima revisione Jones, 2025).

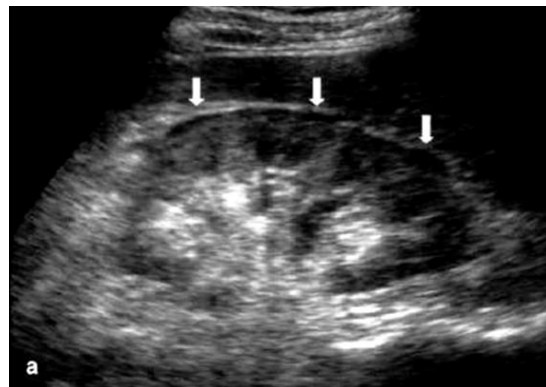


Figura 6: Scansione ecografica longitudinale del rene, assottigliamento marcato della corticale (frecce) con aumento ecogenicità parenchimale, compatibile con nefropatia cronica.

Capitolo 4: Il TSRM e l'ecografia

4.1 Normativa del TSRM in Italia

La professione del Tecnico Sanitario di Radiologia Medica in Italia è disciplinata da un insieme di normative e decreti che ne stabiliscono il ruolo e le capacità. Il documento di riferimento più significativo è il Decreto Ministeriale del 26 settembre 1994, n. 746, che identifica il TSRM come il professionista sanitario autorizzato a eseguire, su richiesta medica, “tutti gli interventi che richiedono l'uso di sorgenti di radiazioni ionizzanti, energie termiche, ultrasoniche, risonanza magnetica, nonché interventi per la protezione fisica e dosimetrica” (Ministero della Sanità, 1994).

Con la legge del 26 febbraio 1999, n.42, “la denominazione ‘professione sanitaria ausiliaria’ nel testo unico delle leggi sanitarie, approvato con regio decreto 27 luglio 1934, n. 1265, e successive modificazioni, nonché in ogni altra disposizione di legge, è sostituita dalla denominazione ‘professione sanitaria’” (Parlamento Italiano, 1999).

Un altro importante riferimento normativo è rappresentato dalla Legge del 10 agosto 2000, n. 251, che regola le professioni sanitarie, definendone l'autonomia e la responsabilità professionale (Parlamento Italiano, 2000).

Con la Legge del 1° febbraio 2006, n. 43, sono stati istituiti gli ordini professionali, rafforzando il riconoscimento giuridico delle professioni sanitarie tecniche, della riabilitazione e della prevenzione. Istituisce l'obbligo di iscrizione all'albo e l'aggiornamento professionale. (Parlamento Italiano, 2006).

Recentemente, il decreto legislativo del 31 luglio 2020, n. 101, in implementazione della direttiva EURATOM 2013/59, ha modificato le norme sulla radioprotezione, evidenziando il ruolo del TSRM nella gestione sicura delle radiazioni ionizzanti (Parlamento Italiano, 2020).

4.2 Possibilità dell'utilizzo dell'ecografia da parte del TSRM

In Italia, il Codice Deontologico Medico (FNOMCeO, 2014) stabilisce che la diagnosi per scopi preventivi, terapeutici e riabilitativi rappresenta una competenza esclusiva e non delegabile del medico, che coinvolge la sua autonomia e responsabilità. Pertanto, le attività che conducono alla formulazione della diagnosi, come l'interpretazione di un esame diagnostico, sono riservate al medico. Tuttavia, non è chiaramente specificato

se la tecnica ecografica, senza la parte interpretativa, possa essere delegata o condivisa con altre figure professionali come il TSRM.

Schiavone et al. (2020) definiscono l'atto ecografico come un atto medico, eseguibile solo dal medico e non delegabile. Nel loro articolo viene evidenziato come "l'uso dell'ecografia non sia adeguatamente regolamentato a livello legale". Di conseguenza, si è verificato un aumento importante delle domande di servizi di ecografia effettuati da professionisti, la cui abilità non è ben definita e registrata.

L'ecografia è un atto medico esclusivo, poiché le immagini sono analizzate per finalità diagnostiche e terapeutiche da medici qualificati. Non può essere delegata a professionisti sanitari non medici che non abbiano personalmente eseguito l'ecografia.

Tuttavia, il confronto sull'ampliamento delle responsabilità per professionisti della salute, specialmente in relazione ai progressi tecnologici, ha toccato anche il ruolo del TSRM. La Federazione Nazionale degli Ordini TSRM e PSTRP ha specificato che il TSRM è in grado di partecipare all'acquisizione tecnica delle immagini ecografiche, in particolare in contesti specifici (come procedure interventistiche, posizionamento di dispositivi o ambiti di emergenza-urgenza), ma la responsabilità clinico-diagnostica rimane in capo al medico. In effetti, esistono procedure specifiche, conosciute a livello globale, per la realizzazione e la registrazione delle immagini ecografiche relative a ciascuna area del corpo, che possono essere utilizzate dagli operatori con le necessarie abilità (FNO TSRM e PSTRP, 2018).

La legge dell'11 gennaio 2018, n.3, evidenzia che le professioni nel settore sanitario godono di autonomia e responsabilità. Allo stesso tempo, sottolinea l'importanza di un continuo aggiornamento professionale in merito ai progressi delle tecnologie sanitarie (Ministero della Salute, 2018). In questa prospettiva, anche se in Italia non esiste ancora la figura del "sonographer" come in altri stati, si inizia a discutere sull'eventuale ruolo del TSRM nell'acquisizione delle immagini ecografiche, a patto che sia limitato agli aspetti tecnici e che rimanga sotto la supervisione e responsabilità del personale medico.

4.3 Confronto con l'estero

Nei Paesi anglosassoni, la figura del sonographer è presente e ben definita fin dagli anni '80, ed è una parte fondamentale del processo diagnostico e clinico. La maggior parte dei Sonographers è registrata presso un ente di regolamentazione come il General Medical Council (GMC), l'Health and Care Professions Council (HCPC) o il Nursing and Midwifery Council (NMC).

I Sonographer sono professionisti sanitari che eseguono e refertano esami ecografici e possiedono qualifiche equivalenti a un certificato o diploma post-laurea in ecografia medica, accreditato dal Consortium for the Accreditation of Sonographic Education (CASE) (Thomson e Paterson, 2014).

Negli Stati Uniti, il ruolo del sonographer è diverso dal tecnico radiologo e prevede un percorso di formazione dedicato, con certificazioni rilasciate da organismi riconosciuti come l'American Registry for Diagnostic Medical Sonography (ARDMS). Il sonographer negli Stati Uniti ha una certa indipendenza tecnica ed è incaricato di garantire che le immagini siano acquisite con un'alta qualità, mentre l'analisi diagnostica è di competenza del medico (ARDMS, 2023).

In Italia, il ruolo del sonographer non è ancora ufficialmente riconosciuto. Tuttavia, alcune considerazioni presenti in letteratura, come l'articolo pubblicato su Cardiologia negli ospedali nel 2021, mettono in luce potenziali benefici nell'inserimento di questa figura professionale anche nel nostro paese. Tra i vantaggi ci sono la diminuzione delle attese, l'aumento dell'efficienza gestionale e la possibilità di introdurre modalità di tele-ecocardiografia. L'articolo evidenzia anche l'importanza della cooperazione tra medici e sonographer, sottolineando come questo approccio nei Paesi anglosassoni non provochi conflitti, ma al contrario, migliori l'uso delle risorse umane in un ambito sempre più definito da iper-specializzazione.

In Italia, un possibile sviluppo futuro, in accordo con le indicazioni della European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology (EFSUMB), potrebbe essere l'implementazione di corsi universitari o di specializzazione post-laurea mirati per i TSRM e altre professioni sanitarie non mediche, con l'intento di assicurare standard adeguati di qualità e sicurezza nell'acquisizione delle immagini ecografiche (EFSUMB, 2019).

4.4 Opportunità e criticità

L'eventuale ampliamento del ruolo del TSRM in ecografia potrebbe aiutare a velocizzare la cura dei pazienti in emergenza e a ridurre il carico di lavoro dei medici, come evidenziato dalle esperienze dei Sonographer all'estero (Society of Radiographers, 2019).

Tuttavia, le criticità riguardano il quadro normativo ancora non definito in Italia, i possibili conflitti professionali con la classe medica e la necessità di percorsi formativi avanzati e riconosciuti a livello nazionale. Ne consegue che l'eventuale coinvolgimento del TSRM dovrebbe rimanere confinato all'acquisizione tecnica, senza autonomia interpretativa (FNOMECeO, 2019).

In futuro, una potenziale possibilità potrebbe consistere nell'implementazione di corsi di formazione specifici e regolamentati, seguendo le indicazioni europee. Questa evoluzione necessita di un ampio dibattito tra le professioni sanitarie e le istituzioni, con l'intento di mantenere il ruolo centrale del medico nella diagnosi, con contributo tecnico del TSRM (EFSUMB, 2019).

Capitolo 5: Analisi quantitativa sperimentale del ruolo del TSRM nell'ecografia

5.1 Obiettivo dello studio

La presente tesi si propone di valutare la fattibilità e la standardizzazione dell'esecuzione dell'ecografia renale d'urgenza da parte di tecnici sanitari di radiologia medica adeguatamente formati.

In particolare, l'obiettivo è dimostrare che, in caso di sospetta colica renale, l'indagine ecografica può essere eseguita in maniera affidabile e ripetibile, garantendo tempi rapidi e qualità diagnostica idonea.

La sperimentazione è stata avviata successivamente al periodo di formazione Erasmus+ dell'autrice, svolto da gennaio a marzo 2025, presso l'Inholland University of Applied Sciences in Olanda, durante il quale sono state acquisite competenze ecografiche, teoriche e pratiche, necessarie alla conduzione dell'indagine ecografica renale.

5.2 Materiali e metodi

Lo studio ha adottato un disegno sperimentale prospettico e osservazionale, basato sulla raccolta di dati in tempo reale durante l'esecuzione delle ecografie da parte dell'autrice.

Il campione era costituito da 50 volontari sani, di cui 27 femmine e 23 maschi, con età compresa tra 20 e 60 anni. La scelta del campione ha permesso di standardizzare le condizioni di analisi e di concentrarsi sulla valutazione dell'anatomia renale, vescicale e del jet ureterale.

Le ecografie sono state eseguite dall'autrice, in qualità di futuro TSRM, presso l'Ospedale Maggiore, sotto la supervisione del Dott. Paolo Emilio Orlandi, medico con pluriennale esperienza ecografica.

Gli esami sono stati condotti seguendo la tecnica descritta nel Capitolo 3, con particolare attenzione alla valutazione del jet ureterale mediante color Doppler.

5.3 Procedura di training

L'autrice ha svolto un percorso di formazione in ecografia nell'ambito di un programma Erasmus+, interamente in lingua inglese. Il corso aveva l'obiettivo di fornire una preparazione completa sia teorica che pratica.

Il periodo di training, della durata di tre mesi, ha previsto circa 250 ore di lezioni e pratica clinica.

Inizialmente l'attività formativa si è focalizzata sulla comprensione tecnica dell'ecografo, con lo studio delle componenti fisiche, delle impostazioni di base e delle modalità di ottimizzazione dell'immagine.

Successivamente, il training si è concentrato sull'apprendimento pratico e teorico dell'anatomia ecografica, alternando lezioni frontali e sessioni di pratica clinica supervisionate. Le attività hanno permesso di acquisire competenze nel riconoscimento delle strutture anatomiche, nella corretta gestione del trasduttore e nell'interpretazione di immagini ecografiche, con particolare attenzione alle principali patologie identificabili.

5.4 Procedura di esecuzione dell'esame

Per ogni volontario sono state eseguite scansioni longitudinali e trasversali di entrambi i reni e della vescica. I volontari si presentavano ben idratati per consentire una distensione ottimale della vescica, e l'esame veniva condotto con paziente supino e braccia abdotte sopra la testa, così da facilitare l'esposizione addominale allontanando gli spazi intercostali. La posizione supina veniva eventualmente variata in decubito laterale per ottimizzare la visualizzazione del rene e ridurre gli artefatti da interposizione intestinale.



Figura 7: Decubito laterale

L'indagine è stata condotta partendo dall'approccio lombare (laterale), sfruttando la finestra tra le coste e la cresta iliaca; nei casi in cui la visualizzazione non fosse ottimale, si ricorreva a un approccio dorsale (posteriore).



Figura 8: Approccio dorsale

La scansione longitudinale (piano sagittale), è stata condotta allineando la sonda all'asse renale, ottenendo immagini che comprendono dal polo superiore al polo inferiore. Nel rene destro è stata inclusa sempre l'interfaccia rene-fegato, mentre nel rene sinistro l'interfaccia rene-milza, al fine di documentare correttamente il confronto di ecogenicità parenchimale.

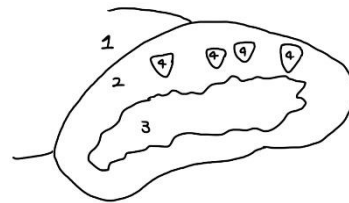


Figura 9: 1. Fegato, 2. Corticale, 3. Midollare, 4. Piramidi renali

Figura 10: Scansione longitudinale del rene destro, la corticale appare come una banda ipoecogena, nella midollare si distinguono alcune piramidi renali, la parte più iperecogena è il centro del seno renale (dove scorrono vasi e si trova il grasso peri-renale).



Figura 11: Scansione longitudinale del rene destro con evidenza dell'interfaccia cortico-medollare e contiguità con il parenchima epatico.



Figura 12: Scansione longitudinale del rene sinistro con evidenza del polo superiore.

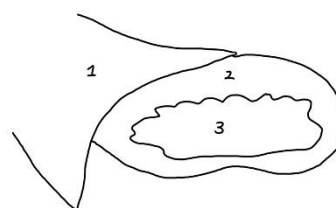


Figura 13: 1. milza, 2. corticale, 3. midollare

Figura 14: Scansione longitudinale del rene sinistro con evidenza dell'interfaccia cortico-medollare e contiguità con il parenchima splenico.



Figura 15: 1. milza, 2. corticale, 3. midollare, 4. piramidi

Successivamente, la scansione trasversale è stata effettuata acquisendo immagini dei poli superiore, medio e inferiore di rene destro e rene sinistro.



Figura 16: Scansione trasversale del rene destro, visibili polo superiore, medio e inferiore, con seno renale iperecogeno centrale e parenchima ipoecogeno circostante.



Figura 17: Scansione trasversale del rene sinistro.

L'indagine è stata conclusa con la valutazione della vescica in fase di riempimento per escludere eventuali segni di stasi urinaria e per identificare dilatazioni pieloureterali, ed è stata documentata la presenza di jet ureterale mediante la modalità color doppler, per confermare la pervietà degli ureteri.



Figura 18: Scansione della vescica in fase di riempimento.



Figura 19: Ricostruzione TC assiale, presenza simultanea di jet ureterali bilaterali.

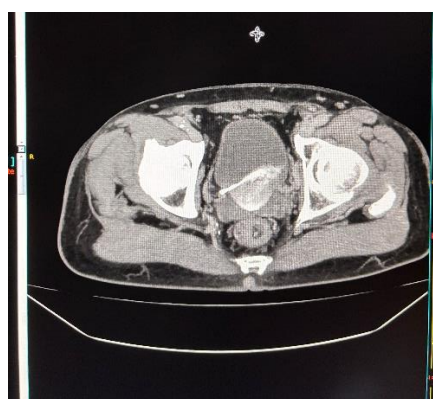


Figura 20: Ricostruzione TC assiale, visualizzazione del jet ureterale destro.

Durante ogni ecografia, sono state acquisite immagini fotografiche e video ad ogni scansione significativa per documentare l'anatomia renale, vescicale e il jet ureterale. Le immagini sono state salvate e archiviate per permettere una successiva revisione e confronto con la supervisione medica.

5.5 Risultati

Lo studio ha coinvolto un campione di 50 volontari sani, con una distribuzione equilibrata tra i sessi e un'età compresa tra 20 e 60 anni.

Tutte le ecografie sono state completate con successo, con una durata media di circa 7,5 minuti per ciascun esame, confermando la fattibilità di un'indagine rapida e

standardizzata da parte del TSRM, in linea con i tempi medi per un'ecografia renale (15-20 minuti) (Humanitas Gavazzeni, 2025).

La qualità delle immagini ecografiche è risultata adeguata per una corretta visualizzazione delle strutture renali, della vescica e del jet ureterale in tutti i casi.

In particolare:

- Le scansioni longitudinali e trasversali hanno permesso di documentare chiaramente i poli renali e le interfacce rene-fegato e fegato-milza.
- La valutazione del jet ureterale mediante color doppler è stata possibile in 40 soggetti su 50, ovvero nell'80%, confermando la pervietà ureterale in questi casi.
- Sono stati individuati incidentalmente un angiomiolipoma e due cisti renali, le cui immagini ecografiche sono allegate rispettivamente nelle figure 21, 22 e 23.
- Non sono stati riscontrati segni di stasi urinaria o dilatazioni pieloureterali nei soggetti esaminati.



Figura 21: Ecografia renale, reperto incidentale di formazione iperecogena a margini netti, compatibile con angiomiolipoma.



Figura 22: Ecografia renale longitudinale, presenza di formazione cistica a margini netti, anecogena.



Figura 23: Ecografia renale longitudinale del rene sinistro, visualizzazione del parenchima e del seno renale con evidenza di formazione cistica a margini netti, anecogena, a livello corticale.

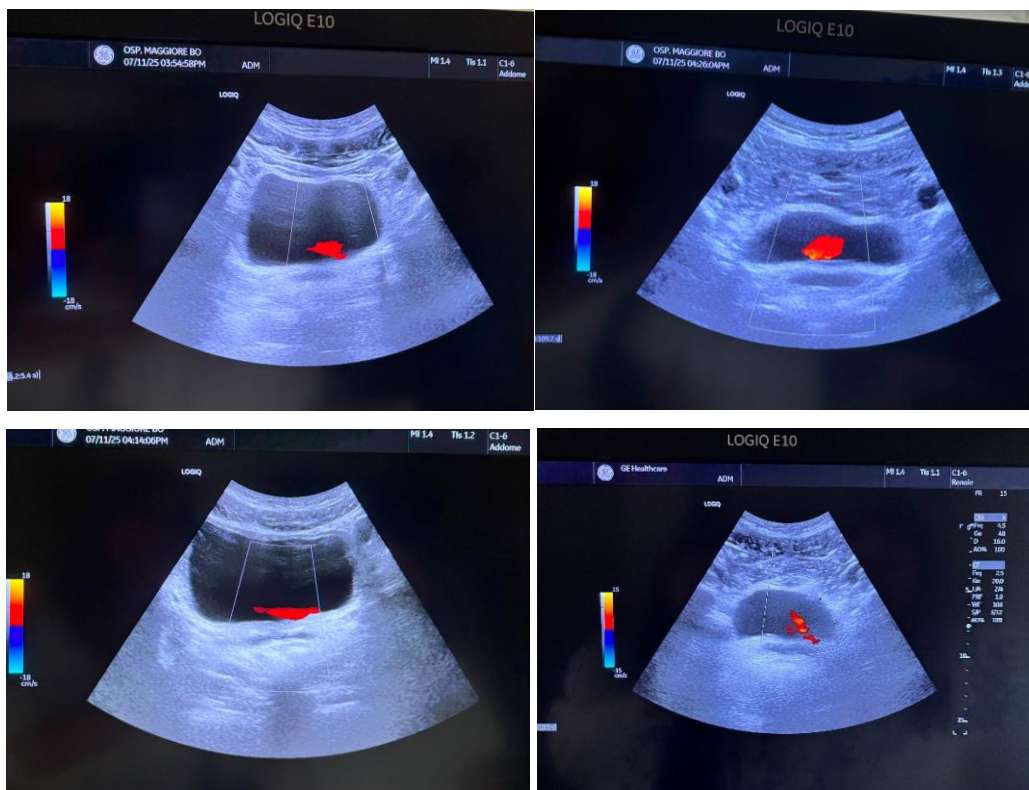


Figura 24: Ecografia con approccio sovrapubico, evidenza del jet ureterale sinistro.

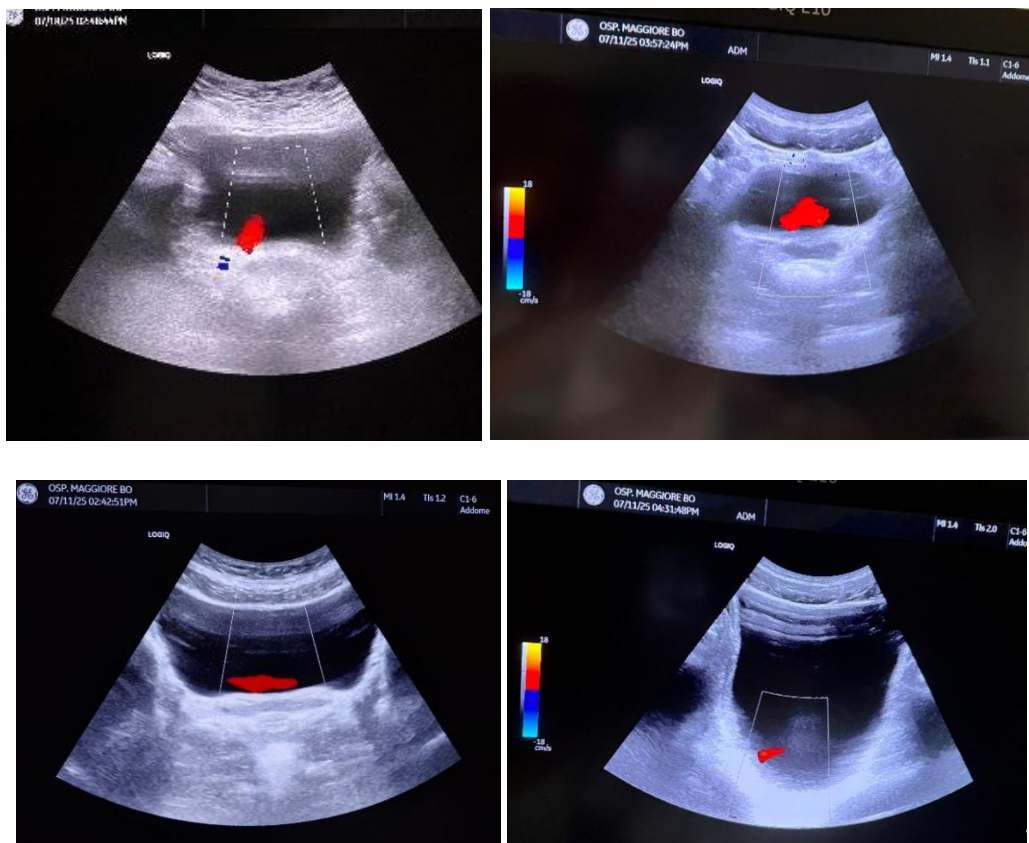


Figura 25: Ecografia con approccio sovrapubico, evidenza del jet ureterale destro.

5.6 Analisi dei dati

I dati raccolti sono stati analizzati in forma descrittiva, considerando tempi di esecuzione e la qualità delle immagini acquisite.

Le immagini ecografiche sono state valutate qualitativamente dall'autrice e dal medico supervisore, al fine di verificare la correttezza tecnica dell'esecuzione e la ripetibilità del protocollo.

Durata dell'esame

Il tempo medio per completare l'indagine è stato di 7,5 minuti, confermando la possibilità di eseguire un protocollo rapido e ripetibile.

Qualità delle immagini

In 50/50 casi (100%) le immagini ecografiche sono state giudicate adeguate per la valutazione di anatomia renale, vescica, eventuale visualizzazione del jet ureterale.

Visualizzazione del jet

Il jet è stato rilevato in 40/50 soggetti (80%). La mancata visualizzazione nei restanti casi è attribuibile principalmente a variabilità fisiologica (emissione intermittente) e limitazioni legate alla posizione o compliance del soggetto.

Reperti incidentali

Sono stati osservati due casi di cisti renale semplice e un caso di angiomiolipoma, per un totale di 3/50 reperti (6%). Tutti i reperti sono stati documentati fotograficamente.

5.7 Interpretazione dei risultati

La percentuale di completamento dell'esame e la qualità delle immagini in tutti i soggetti indicano che il protocollo può essere applicato in modo affidabile dal TSRM dopo un adeguato periodo di formazione.

La durata media di 7.5 minuti lo rende potenzialmente adatto al contesto dell'urgenza, dove rapidità e accuratezza sono fondamentali,

La visualizzazione del jet ureterale in circa due terzi dei casi è in linea con la fisiologia dell'emissione urinaria e con i dati riportati in letteratura, confermando che tale parametro non è costantemente osservabile in tutti i soggetti sani.

Capitolo 6: Discussione

Il presente studio sperimentale ha dimostrato la fattibilità e la standardizzazione dell'esecuzione di ecografie renali in contesto di urgenza da parte di un tecnico di radiologia adeguatamente formato.

6.1 Fattibilità e rapidità del protocollo

La durata media di circa 7,5 minuti per ciascun esame conferma che il protocollo ecografico proposto può essere inserito nel flusso di lavoro di un reparto di emergenza in maniera efficace, garantendo tempi di esecuzione rapidi senza compromissione della qualità diagnostica. Questo è particolarmente importante nelle coliche renali, dove un'immediata valutazione dell'anatomia renale e della pervietà ureterale può orientare le decisioni cliniche e ridurre l'uso improprio di esami più invasivi o costosi, come la TC.

6.2 Qualità delle immagini e accuratezza tecnica

La qualità delle immagini ecografiche ottenute in tutti i soggetti e la possibilità di identificare con chiarezza strutture chiave quali i poli renali, le interfacce rene-fegato e rene-milza, e la vescica, mostrano che il TSRM, dopo un percorso formativo, può eseguire esami ecografici ripetibili in modo affidabile. Questo supporta l'idea che l'integrazione delle competenze ecografiche nel ruolo del TSRM possa rappresentare un valore aggiunto per il sistema sanitario.

6.3 Significato clinico e ruolo del TSRM

Il presente studio dimostra come l'ecografia renale d'urgenza, eseguita da un Tecnico di Radiologia Medica adeguatamente formato, abbia un significativo valore clinico nel contesto di emergenza. L'indagine non si pone l'obiettivo di formulare una diagnosi definitiva, bensì funge da strumento di triage rapido e mirato. La sua finalità principale, infatti, è l'identificazione precoce di idronefrosi, indice di ostruzione delle vie urinarie, che rappresenta il dato clinicamente più rilevante nella gestione acuta del paziente. L'acquisizione di tale informazione permetterà poi al medico d'urgenza di prendere decisioni più tempestive e appropriate, ottimizzando il percorso diagnostico terapeutico.

L'integrazione di questa competenza nel profilo professionale del TSRM si configura come un fattore di razionalizzazione dei flussi di lavoro in un reparto di emergenza. Con la sua esperienza nell'acquisizione di immagini e nella gestione delle apparecchiature, il TSRM potrebbe assumere un ruolo proattivo e di supporto, alleggerendo il carico di lavoro del medico. Ciò presenta un contributo concreto al miglioramento dell'efficienza e della qualità dell'assistenza sanitaria offerta.

6.4 Limiti tecnici e operativi

L'adozione di un nuovo protocollo diagnostico, pur portando evidenti vantaggi, comporta intrinseci limiti che devono essere considerati, in modo da poter definire l'ambito di applicabilità del protocollo. Le limitazioni sono legate alla metodica stessa, al contesto operativo e al paziente, e ai confini professionali e normativi.

Un ulteriore limite in questo studio consiste nel fatto che il training e la sperimentazione sono stati condotti esclusivamente su soggetti sani, quindi asintomatici. La mancanza di pazienti riduce la possibilità di valutare l'applicabilità del protocollo in condizioni cliniche reali, diminuendo le capacità di riconoscere quadri patologici. Per questo motivo, nel percorso formativo del TSRM dovrebbe essere inclusa anche l'esecuzione di esami ecografici sui pazienti sintomatici, così da consolidare le competenze nel riconoscere reperti patologici.

6.4.1 Limiti intrinseci alla metodica e al suo campo di applicazione

L'ecografia, pur essendo non invasiva e priva di radiazioni ionizzanti, presenta limitazioni legate alla visualizzazione dell'intero sistema urinario. Infatti, la sua precisione nel rilevare la sede esatta dell'ostruzione può essere limitata (Preminger & Gomella, 2025). Questa limitazione tecnica non riduce però il valore del protocollo, ma ne rafforza il ruolo di strumento di "triage" piuttosto che di un esame diagnostico definitivo. Lo scopo non è la diagnosi completa della patologia, ma l'identificazione dell'idronefrosi, complicanza più rilevante a livello clinico in un contesto di urgenza.

6.4.2 Limiti legati al paziente e al contesto operativo del pronto soccorso

L'efficacia e la qualità dell'esame ecografico in un contesto d'urgenza dipendono anche da fattori legati alle condizioni fisiche del paziente. La qualità delle immagini può risultare compromessa nei pazienti obesi, in caso di mancata collaborazione respiratoria o in presenza di aria intestinale, che può generare artefatti che ostacolano la trasmissione degli ultrasuoni, rendendo l'esame più lungo e meno accurato. Inoltre, l'esame può essere influenzato da anatomia difficile o congenita, come reni mobili, arterie renali multiple o rene a ferro di cavallo (Drelich-Zbroja et al., 2018).

Un'ulteriore considerazione riguarda la potenziale soggettività nell'interpretazione dei risultati. Sebbene lo studio si concentri sul quesito specifico di "presenza/assenza dell'idronefrosi", in triage è presente un ulteriore grado di soggettività: l'ecografia, pur essendo uno strumento oggettivo, richiede infatti competenze interpretative.

Tuttavia, studi dimostrano che, nonostante queste difficoltà, il personale non medico, in particolare infermieri che eseguono l'E-FAST, è in grado di fornire un'interpretazione corretta grazie alla standardizzazione dei protocolli (Di Muzio, Ristaldi & Larcinese, 2016). Ciò evidenzia come la formazione adeguata e la standardizzazione rappresentino strumenti efficaci per minimizzare la variabilità di interpretazione.

6.4.3 Limiti contestuali: confini professionali e autonomia limitata

L'implementazione del protocollo si inserisce in un quadro normativo che definisce chiaramente i confini professionali. L'ecografia, sebbene eseguibile da diverse figure sanitarie, è parte integrante dell'atto medico. Il TSRM può operare in "autonomia professionale" e per la fase tecnica solo "sulla base di modalità preventivamente concordate e condivise con il medico radiologo". La "responsabilità clinica" rimane attribuita al Medico Radiologo che programma e indirizza l'attività del TSRM (Gruppo di lavoro SIRM, 2024). Lo studio si colloca all'interno di questo quadro, dimostrando che l'autonomia nell'ecografia d'urgenza è basata su protocolli predefiniti e validati. Il limite non è quindi di natura tecnica, ma legale e organizzativa.

Capitolo 7: Conclusioni

Il presente studio si proponeva di dimostrare che un Tecnico di Radiologia Medica, dopo un adeguato percorso formativo, può effettuare esami ecografici standardizzati e ripetibili, assicurando tempi brevi e qualità delle immagini adeguata per il contesto clinico. I risultati ottenuti confermano la fattibilità di tale approccio, evidenziando come il TSRM possa essere un valido supporto nel triage ecografico di emergenza, aiutando ad ottimizzare i percorsi diagnostici.

Il limite principale consiste nel fatto che la formazione e la sperimentazione sono state condotte esclusivamente su soggetti sani. Sarà pertanto necessario, in futuro, valutare l'applicazione del protocollo su pazienti sintomatici e in contesti clinici reali, per confermarne l'efficacia e l'affidabilità diagnostica in situazioni di maggiore complessità.

Un'opzione di crescita per il TSRM potrebbe essere l'integrazione all'interno dei programmi di formazione, di esperienze pratiche su pazienti con sintomi, per rafforzare le abilità apprese e aumentare l'autonomia lavorativa.

Per concludere, questo elaborato evidenzia che l'inserimento delle abilità ecografiche nel profilo del TSRM è realizzabile e praticabile, aprendo la strada per un possibile progresso nel ruolo professionale, con vantaggi potenziali sia per l'efficienza dei reparti di emergenza sia per la qualità dell'assistenza ai pazienti.

BIBLIOGRAFIA

- American Urological Association. (2019). *Management of ureteral calculi: AUA guideline*.
- Blok, B. K. (2020, October 19). *Renal ultrasound*. American College of Emergency Physicians.
- Brikowski, T. H., Lotan, Y., & Pearle, M. S. (2008). Climate-related increase in the prevalence of urolithiasis in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(28), 9841–9846. DOI: 10.1073/pnas.0709652105
- Cupisti, A., Trinchieri, A., Lombardi, M., Agostini, S., Arcidiacono, T., Beltrami, P., ... Zattoni, F. (2020). Percorso diagnostico-terapeutico per il paziente con calcolosi renale: update 2. *Giornale Italiano di Nefrologia*, 37(S75).
- Deschamps, J., Dinh, V., Ahn, J., Genobaga, S., Lang, A., Lee, V., Krause, R., Tooma, D., & White, S. (2023). Renal ultrasound made easy: Step-by-step guide. *POCUS 101*.
- Drelich-Zbroja, A., Kuczyńska, M., Światłowski, Ł., Szymańska, A., Elwertowski, M., & Marianowska, A. (2018). Recommendations for ultrasonographic assessment of renal arteries. *Journal of Ultrasonography*, 18(75), 338–343. DOI: 10.15557/JoU.2018.0049
- European Association of Urology. (2025). *EAU Guidelines* (Edn. presented at the EAU Annual Congress Madrid 2025, pp. 12–13). Arnhem, The Netherlands: EAU Guidelines Office.
- Fichera, F., Sfuncia, G., & Paolini, I. (2025). La colica renale?... Meglio a colori. *Rivista SIMG – Società Italiana di Medicina Generale*. Pacini Medicina.
- Fiorini, F., De Pascalis, A., D'Amelio, A., Di Iorio, B., Abaterusso, C., & Granata, A. (2020). L'ecografia nell'uropatia ostruttiva nel rene nativo. *Giornale Italiano di Nefrologia*, 37(1), art. 3.
- Gruppo di lavoro SIRM (Accarino, B., Orlacchio, A., Pofi, E., & Scevola, G.). (2024, dicembre). *Atto medico radiologico*. Società Italiana di Radiologia Medica e Interventistica.
- Hansen, K. L., Nielsen, M. B., & Ewertsen, C. (2015). Ultrasonography of the kidney: A pictorial review. *Diagnostics*, 6(1), 2. DOI: 10.3390/diagnostics6010002
- Kennish, S. J., Bhatnagar, P., Wah, T. M., Bush, S., & Irving, H. C. (2008). Is the KUB radiograph redundant for investigating acute ureteric colic in the non-contrast enhanced computed tomography era? *Clinical Radiology*, 63(10), 1131–1135. DOI: 10.1016/j.crad.2008.04.012
- Knipe, H., Walizai, T., Southi, J., et al. (2025). Kidneys. *Radiopaedia.org*. DOI: 10.53347/rID-25813
- Ministero della sanità. (1994). *Decreto Ministeriale 26 settembre 1994, n.746. Regolamento concernente l'individuazione della figura e del relativo profilo professionale del tecnico sanitario di radiologia medica*.

Ministero della Giustizia. (1999). *Legge 26 febbraio 1999, n. 42: Disposizioni in materia di professioni sanitarie (G.U. n. 50 del 2 marzo 1999).*

Ministero della Salute. (2018). *Legge 11 gennaio 2018, n.3. Riordino delle professioni sanitarie.*

Namdev, R., Knipe, H., Ashraf, A., et al. (2013; ult. revisione J. Jones, 2025). SFU grading system of hydronephrosis. *Radiopaedia.org*. DOI: 10.53347/rID-26383

Nicolau, C., Claudon, M., Derchi, L. E., Adam, E. J., Nielsen, M. B., Mostbeck, G., Owens, C. M., Nyhsen, C., & Yarmenitis, S. (2015). Imaging patients with renal colic—Consider ultrasound first. *Insights into Imaging*, 6(4), 441–447. DOI: 10.1007/s13244-015-0396-y

Noorbakhsh, A., Aganovic, L., Vahdat, N., Fazeli, S., Chung, R., & Cassidy, F. (2021). UroCT: A pictorial essay. *Radiology Case Reports*, 16(11), 3140–3148.

Nadrljanski, M., Murphy, A., Hacking, C., et al. (2010, February 21; rev. 2020, March 31). Principi fisici degli ultrasuoni. *Radiopaedia.org*. DOI: 10.53347/rID-8663

Parlamento Italiano. (2000). *Legge del 10 agosto 2000, n. 251. Disciplina delle professioni sanitarie infermieristiche, tecniche, della riabilitazione, della prevenzione nonché della professione ostetrica.*

Parlamento Italiano. (2006). *Legge del 1 febbraio 2006, n. 43. Disposizioni in materia di professioni sanitarie infermieristiche, ostetrica, riabilitative, tecnico-sanitarie e della prevenzione.*

Parlamento Italiano. (2020). *Decreto Legislativo 31 luglio 2020, n.101. Attuazione della direttiva 2013/59/Euratom.*

Patti, L., & Leslie, S. W. (2024). Acute renal colic. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.

Poggi, C., & Palavecino, M. (2024). Ultrasound principles and instrumentation. *Surgery Open Science*, 18, 123–128. DOI: 10.1016/j.sopen.2024.02.005

Preminger, D. M., & Gomella, L. G. (2025, June). Ostruzione delle vie urinarie. *Duke Comprehensive Kidney Stone Center*.

Rakowska, M., Królikowska, K., Jobs, K., Placzyńska, M., & Kalicki, B. (2018). Pathophysiology and symptoms of renal colic in children – a case report. *Developmental Period Medicine*, 22(3), 265–269.

Scales, C. D., Smith, A. C., Hanley, J. M., & Saigal, C. S. (2012). Prevalence of kidney stones in the United States. *European Urology*, 62(1), 160–165. DOI: 10.1016/j.eururo.2012.03.052

Schiavone, C., Grassi, R., Bertolotto, M., Privitera, C., Iannetti, G., Calliada, F., & Cantisani, V. (2020). The sonographic medical act. *Journal of Ultrasound*, 23(4), 445–447. DOI: 10.1007/s40477-020-00518-y

Singla, R. K., Kadatz, M., Rohling, R., & Nguan, C. (2022). Kidney ultrasound for nephrologists: A review. *Kidney Medicine*, 4(6), 100464. DOI: 10.1016/j.xkme.2022.100464

Smith-Bindman, R., Aubin, C., Bailitz, J., Bengiamin, R. N., Camargo, C. A., Jr., Corbo, J., Dean, A. J., ... Cummings, S. R. (2014). Ultrasonography versus computed tomography for suspected nephrolithiasis. *The New England Journal of Medicine*, 371(12), 1100–1110. DOI: 10.1056/NEJMoal404446

Society of Radiographers. (2019). *Ultrasound workforce UK census report*. London: SoR.

Thomson, N., & Paterson, A. (2014). Sonographer registration in the United Kingdom – a review of the current situation. *Ultrasound*, 22(1), 52–56.

Ziviello, M., Biggi, E., Ferrari, F., Maresca, G., & Rubaltelli, L. (a cura di). (1990). *Ecotomografia* (2^a ed., Vol. 1). Napoli: Idelson. ISBN 88-7069-137-3

SITOGRAFIA

American Registry for Diagnostic Medical Sonography (ARDMS). (2023). *About ARDMS*. <https://www.ardms.org/>

Cardiologia negli ospedali. (2021). *La figura del sonographer: nuove prospettive in ecocardiografia*. <https://cardiologianegliospedali.it/sonographer-figura-professionale-tra-competenze-tecniche-ed-inquadramento-giuridico/>

Dave, C. N. (2025). *Nephrolithiasis clinical presentation: History, physical examination, complications*. Medscape. <https://emedicine.medscape.com/article/437096-clinical>

Di Muzio, M., Ristaldi, M., & Larcinese, C. M. (2016, ottobre). L'ecografia infermieristica nei dipartimenti di emergenza. *Italian Journal of Emergency Medicine – Nursing*, 3/2016. <https://www.itjem.org/2016/10/28/lecografia-infermieristica-nei-dipartimenti-di-emergenza/>

European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology (EFSUMB). (2019). *Minimum training requirements for the practice of medical ultrasound in Europe*. <https://efsumb.org/wp-content/uploads/2020/12/mintraining-feb2006.pdf>

Federazione Nazionale Ordini TSRM e PSTRP. (2018). *Parere su attività ecografiche del TSRM*. <https://www.tsrm-pstrp.org/wp-content/uploads/2020/07/Parere-Ecografia-TSRM.pdf>

FNOMCeO. (2014). *Codice di Deontologia Medica*. <https://portale.fnomceo.it/wp-content/uploads/2018/03/CODICE-DEONTOLOGIA-MEDICA-2014.pdf>

FNOMCeO. (2019). *Codice di Deontologia Medica*. <https://portale.fnomceo.it/>

Humanitas Gavazzeni. (2025). *Ecografia renale o dell'apparato urinario*. Humanitas Gavazzeni. <https://www.gavazzeni.it/visite-ed-esami/ecografia-renale-o-dellapparato-urinario/>

Modi, R. Y. (2023). Helical CT for detection of urinary calculi: Sensitivity and specificity of non-contrast scans. *Sidney Kimmel Medical College*. <https://emedicine.medscape.com/article/381993-overview#a1>

PDTA Calcolosi Reno-Ureterale dell'adulto e del bambino. (2014). *Gestione in pronto soccorso della calcolosi urinaria*. ASPRC Regione Calabria. https://www.omceopr.it/wp-content/uploads/2018/11/rvm8PCb55J_347.pdf

Servizio Sanitario Regionale Emilia-Romagna, Istituto delle Scienze Neurologiche. (2018). *Gestione della colica renale in Pronto Soccorso. Audit Report (Codice AR 070.01 AUSLBO)*. Azienda USL di Bologna.