



UNIVERSITÀ DI PARMA

Dipartimento di Scienze Medico-Veterinarie
Corso di Laurea Magistrale a ciclo unico in Medicina
Veterinaria

**Confronto tra radiologia ed ecografia nelle ostruzioni uretrali
del gatto.**

**Comparison between radiology and ultrasonography in cats
with urethral obstruction.**

Relatore:
Chiar.ma Prof.ssa Antonella Volta

Laureanda:
Angelica Burlini

Anno Accademico 2022-2023

Indice

ABSTRACT	6
INTRODUZIONE	7
1. PRINCIPI DI RADIOLOGIA	10
1.1 COSA SONO I RAGGI X?	10
1.2 COME SI ORIGINANO I RAGGI X?	12
1.3 COME ESEGUIRE UNA RADIOGRAFIA?	13
1.4 INTERPRETAZIONE DELLE IMMAGINI RADIOGRAFICHE	14
2. PRINCIPI DI ECOGRAFIA	16
2.1 COSA SONO GLI ULTRASUONI?	16
2.2 COME SI ORIGINANO GLI ULTRASUONI?	17
<i>2.2.1 Trasduttori</i>	17
2.3 COME ESEGUIRE UN'ECOGRAFIA?	19
2.4 INTERPRETAZIONE DELLE IMMAGINI ECOGRAFICHE	21
3. L'APPARATO URINARIO DEL GATTO	22
3.1 ANATOMIA	22
<i>3.1.1 Reni</i>	22
<i>3.1.2 Ureteri</i>	23
<i>3.1.3 Vescica</i>	23
<i>3.1.4 Uretra</i>	25
3.2 FISILOGIA	25
<i>3.2.1 Formazione dell'urina</i>	25
<i>3.2.2 Riempimento vescicale</i>	26
<i>3.2.2 Continenza</i>	27
<i>3.2.3 Minzione</i>	27
3.3 ASPETTO RADIOGRAFICO NORMALE	28
<i>3.3.1 Reni</i>	29
<i>3.3.2 Ureteri</i>	29
<i>3.3.3 Vescica</i>	29
<i>3.3.4 Uretra</i>	30

3.4 RADIOLOGIA CON MEZZO DI CONTRASTO	30
3.4.1 <i>Pneumocistografia</i>	30
3.4.2 <i>Cistografia con contrasto positivo</i>	31
3.4.3 <i>Cistografia a doppio contrasto.....</i>	31
3.4.4 <i>Uretrografia retrograda.....</i>	31
3.5 ASPETTO ECOGRAFICO NORMALE	32
3.5.1 <i>Reni</i>	32
3.5.2 <i>Ureteri.....</i>	33
3.5.3 <i>Vescica</i>	33
3.5.4 <i>Uretra.....</i>	34
4. L'OSTRUZIONE URETRALE NEL GATTO	35
4.1 SINTOMI E SEGNI CLINICI.....	35
4.2 CAUSE	36
4.2.1 <i>FIC</i>	36
4.2.2 <i>Cristalluria e urolitiasi</i>	37
4.2.3 <i>Plug uretrali</i>	37
4.2.4 <i>Neoplasie</i>	38
4.3 ASPETTI FISIOPATOLOGICI	38
4.4 DIAGNOSI.....	41
4.4.1 <i>Alterazioni emato-biochimiche</i>	41
4.4.2 <i>Diagnosi radiografica.....</i>	42
4.4.3 <i>Diagnosi ecografica.....</i>	43
4.4.4 <i>Esame delle urine</i>	44
4.5 TRATTAMENTO.....	45
4.5.1 <i>Stabilizzazione del paziente e fluidoterapia</i>	45
4.5.2 <i>Risoluzione dell'ostruzione uretrale</i>	46
4.5.3 <i>Terapia post disostruzione</i>	47
4.5.4 <i>Opzioni chirurgiche</i>	48
5. STUDIO CLINICO	50
5.1 OBIETTIVI DELLO STUDIO	50
5.2 MATERIALI E METODI.....	51

5.2.1 Criteri di inclusione e raccolta dati.....	51
5.2.2 Interpretazione delle immagini radiografiche.....	51
5.2.3 Interpretazione delle immagini ecografiche	52
5.2.4 Valutazione delle alterazioni ematiche	54
5.2.5 Valutazione degli esami delle urine	54
5.2.6 Valutazione delle cause di ostruzione	55
5.2.7 Analisi statistica	55
5.3 RISULTATI.....	56
5.3.1 Risultati dell'interpretazione delle immagini radiografiche	56
5.3.2 Risultati dell'interpretazione delle immagini ecografiche.....	59
5.3.3 Risultati della valutazione degli esami ematici e degli esami delle urine.....	62
5.3.4 Risultati della valutazione della causa di ostruzione.....	63
5.3.5 Risultati statistici.....	64
5.4 DISCUSSIONE	73
LIMITI DELLO STUDIO	76
CONCLUSIONI	77
BIBLIOGRAFIA.....	78

Abstract

Urethral obstruction is one of the most common emergencies that involve the urinary tract. Untreated, it can rapidly lead to a life-threatening condition that is characterized by severe electrolyte and acid-base disturbances.

The aim of this retrospective study was to compare radiography and ultrasonography in cats with urethral obstruction, in order to assess which of these two techniques is most useful for the evaluation of the alterations occurring during this condition. Cats with diagnosis of urethral obstruction referred to the Veterinary Teaching Hospital of Parma between February 2019 and September 2023 were enrolled.

Inclusion criteria were as follows: symptoms of urethral obstruction and blood tests; radiographic evaluation at arrival; diagnosis of urethral obstruction; ultrasonographic evaluation at arrival or after unobstructing the urethra; urinalysis.

Radiographic and ultrasonographic images, blood tests and urinalysis were evaluated.

Ultrasonography and radiography had almost perfect agreement for the evaluation of bladder uroliths, substantial agreement for the evaluation of urethral uroliths and slight agreement for the evaluation of pericystitis and retroperitonitis.

Introduzione

L'ostruzione uretrale felina è una delle emergenze più comuni riscontrate nella pratica clinica, con un tasso di incidenza che varia dall'1,5% al 9% (George & Grauer, 2016).

Con il termine ostruzione uretrale ci si riferisce a una compromissione del normale flusso di urina, legato ad anomalie nella struttura o nella funzione dell'apparato urinario (Bartges et al., 1996).

È un'emergenza trattabile, con un alto tasso di sopravvivenza alla dimissione, nonostante risulti essere potenzialmente pericolosa per la vita dell'animale a causa dei gravi squilibri elettrolitici e acido base che si possono instaurare (George & Grauer, 2016).

Le cause di ostruzione sono calcoli, plug uretrali, coaguli di sangue associati a trauma e neoplasie; in molti gatti però una causa specifica non è sempre identificabile e questo favorisce l'ipotesi che alcuni gatti possano presentare un'ostruzione funzionale causata da spasmi uretrali o gonfiore uretrale dato da edema e/o infiammazione (Young et al., 2021).

Sfortunatamente, dato che il tratto urinario può rispondere in un numero limitato di modi ad un insulto, i segni clinici sono raramente indicativi di una particolare causa (Gunn-Moore, 2003).

Sebbene l'ostruzione uretrale possa essere diagnosticata attraverso la palpazione addominale apprezzando una vescica estremamente turgida e impossibile da decomprimere manualmente, il ricorso alla diagnostica per immagini risulta sempre indicato, soprattutto per quanto riguarda l'individuazione della causa scatenante l'ostruzione. L'esame radiografico è generalmente utilizzato come prima tecnica di *imaging* e consente di arrivare a diagnosi di certezza di ostruzione; tuttavia, l'esame ecografico viene sempre indicato per ottenere un quadro più dettagliato, oltre che della causa di ostruzione, soprattutto delle alterazioni che l'ostruzione può causare a livello sistemico.

L'esame ecografico consente infatti di valutare parametri non osservabili radiograficamente, con un rischio basso o addirittura nullo per il paziente. Sfortunatamente, infatti, l'esame radiografico espone il paziente e l'operatore a rischio biologico derivante dalle radiazioni ionizzanti utilizzate.

Lo studio condotto è basato sul confronto tra due tecniche di diagnostica per immagini, la radiologia e l'ecografia, in gatti affetti da ostruzione uretrale riferiti presso l'Ospedale Veterinario Universitario Didattico di Parma, al fine di evidenziare quale delle due tecniche risulti essere la migliore per valutare le alterazioni che possono instaurarsi in corso di tale patologia.

Sono stati analizzati gli aspetti valutabili radiograficamente e quelli che richiedono il ricorso all'ecografia per considerare in quali pazienti sia preferibile eseguire solo l'esame ecografico in

ingresso, ed evitare quindi di effettuare l'esame radiografico, e di esporre il paziente e l'operatore a radiazioni.

1. PRINCIPI DI RADIOLOGIA

L'8 novembre del 1895 il fisico tedesco Wilhelm Conrad Roentgen fece la scoperta dei raggi X. Rapidamente si iniziò ad utilizzarli per scopi medici, e a più di 120 anni dalla loro scoperta risultano essere ancora uno dei test diagnostici più utilizzati sia per le persone che per gli animali (Thrall, 2018).

1.1 Cosa sono i raggi X?

I raggi X rappresentano una parte dello spettro delle radiazioni elettromagnetiche.

Le radiazioni elettromagnetiche sono il risultato della combinazione di un campo elettrico e di un campo magnetico che viaggiano insieme, oscillando nello spazio su piani ortogonali in modo sinusoidale (Thrall, 2018). (Figura 1)

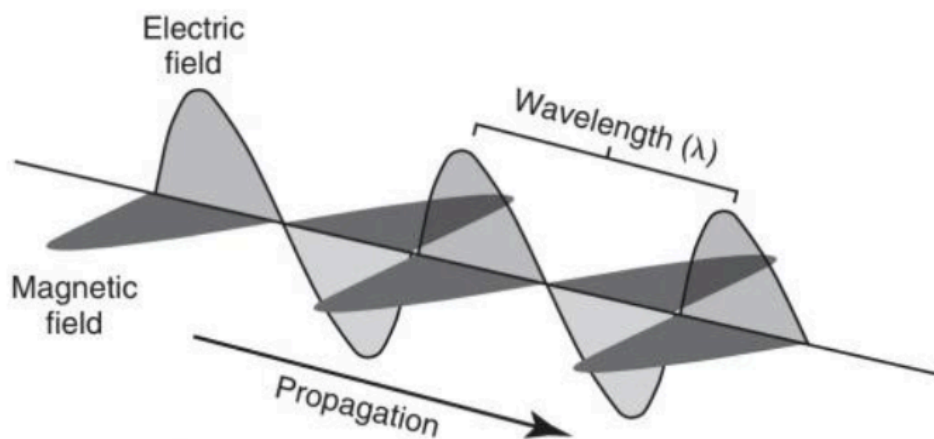


Figura 1. Campo magnetico ed elettrico che oscillano in modo sinusoidale nello spazio disposti ortogonalmente. (Thrall, 2018)

Questa tipologia di radiazioni viene descritta da due parametri correlati: la lunghezza d'onda (λ), ovvero la distanza tra due creste, e la frequenza (f), che rappresenta il numero di creste per unità di tempo.

Il prodotto di questi due valori equivale alla velocità della luce (c), che è una costante. La frequenza e la lunghezza d'onda sono quindi legate da una proporzionalità inversa, riassunta dalla seguente formula:

$$c = f \times \lambda$$

velocità della luce (m/sec) = frequenza (/sec) \times λ (metri)

L'energia delle radiazioni elettromagnetiche viene espressa in *electron volt* (eV) ed è descritta dalla seguente formula:

$$\text{Energia (eV)} = \text{costante di Planck} \times \frac{\text{velocità della luce } \left(\frac{m}{\text{sec}}\right)}{\text{lunghezza d'onda}(m)}$$

Essendo sia la velocità della luce che la costante di Planck due valori fissi, da questa formula si evince che l'energia delle radiazioni elettromagnetiche è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda.

L'energia è la responsabile degli effetti biologici che vengono scatenati dai raggi X.

Per capire gli effetti dei raggi X e la loro interazione con le superfici, grazie alla quale si ottiene la formazione dell'immagine, venne sviluppato il concetto di fotone, descritto come un fascio di radiazioni elettromagnetiche (Thrall, 2018).

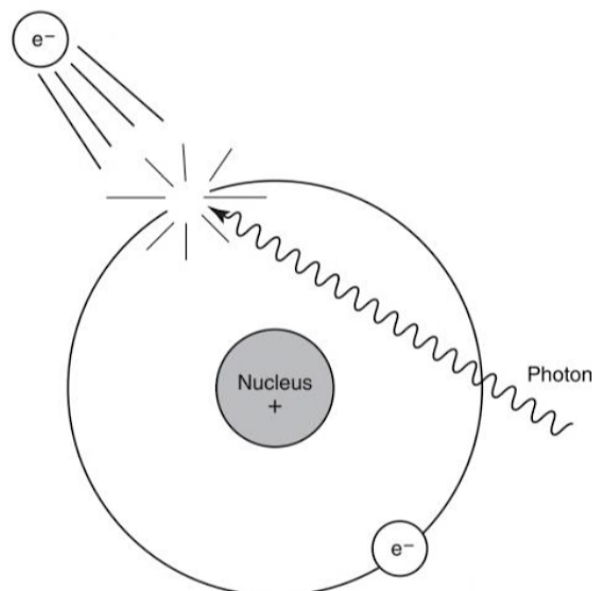


Figura 2. Il principio del fenomeno della ionizzazione (Thrall, 2018)

Un fotone, interagendo con un atomo, causa l'espulsione di un elettrone, questo fenomeno viene chiamato ionizzazione. (Fig. 2) In seguito a questo evento, in base alla sua energia, il fotone può essere completamente assorbito oppure può interagire con altri atomi e causare ulteriore ionizzazione.

I raggi X, colpendo un paziente, possono quindi determinare ionizzazione del DNA, portando a conseguenze molto gravi. Il rischio di danni dato da procedure di diagnostica per immagini isolate nel tempo risulta tuttavia compensato dall'alto valore diagnostico della procedura (Thrall, 2018).

1.2 Come si originano i raggi X?

I raggi X vengono prodotti quando degli elettroni ad alta velocità colpiscono un metallo. Nel caso delle radiografie, questo avviene all'interno di un tubo radiogeno dove si trovano un bersaglio carico positivamente (anodo) e un filamento carico negativamente (catodo), il tutto contenuto all'interno di un involucro di vetro.

Per la produzione dei raggi X è necessario per prima cosa creare una corrente elettrica all'interno del tubo, questa viene fatta passare attraverso il catodo, determinando un aumento della sua temperatura, e questo consente agli elettroni di evaporare dalla superficie del filamento creando una nuvola di elettroni liberi. Il numero di elettroni presenti è direttamente proporzionale alla corrente elettrica applicata al filamento, che viene regolata dal milliamperaggio (mA), impostato sul pannello di controllo della macchina radiologica.

Per consentire l'accelerazione degli elettroni verso il bersaglio metallico (anodo) deve essere applicata una differenza di voltaggio tra anodo e catodo, che in questo caso viene regolata dal kilovoltaggio di picco (kVp) impostato anch'esso sul pannello di controllo. (Thrall, 2018)

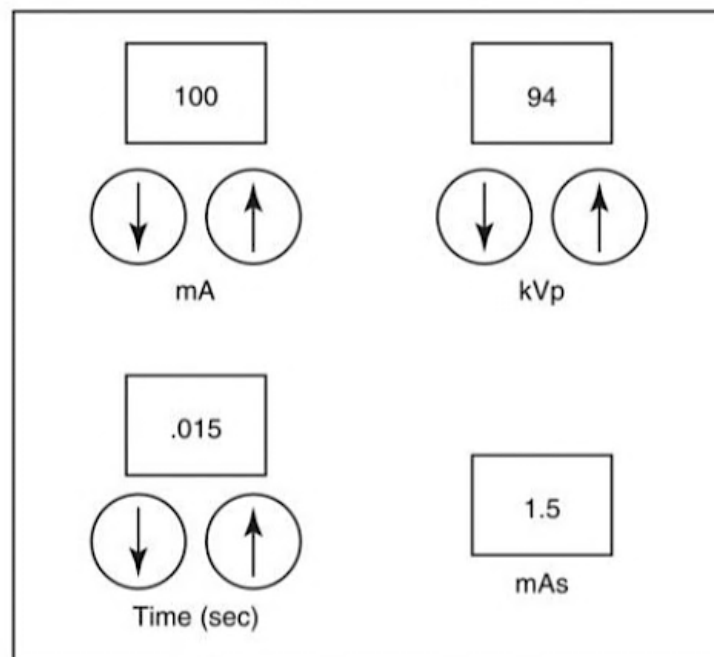


Figura 3. Pannello di controllo della macchina radiologica. Il tempo (sec), i milliampere (mA) e i kilovolt (kVp) sono regolabili individualmente. Se il mA e/o il tempo cambiano, i risultanti mAs vengono calcolati automaticamente. (Thrall, 2018)

I milliampere secondi (mAs) sono il prodotto del milliamperaggio (mA) per il tempo (sec), e rappresentano l'unità che quantifica la quantità di radiazione prodotta (Thrall, 2018).

1.3 Come eseguire una radiografia?

Per ottenere una radiografia il paziente deve essere posizionato tra il tubo radiogeno e la pellicola radiografica. È fondamentale posizionare accuratamente il paziente e utilizzare una tecnica radiografica adeguata.

I raggi prodotti dal tubo hanno un ampio spettro energetico, ma al fine di ottenere una buona radiografia è importante che solo quelli che possiedono un'energia adeguata raggiungano il paziente. I raggi X con basso livello di energia non risulterebbero utili poiché verrebbero interamente assorbiti dal paziente, ed è proprio per cercare di rimuoverli che vengono posizionati dei filtri all'interno del tubo. La forma geometrica del fascio che colpirà il paziente viene configurata attraverso il collimatore, che ha anche il compito di assorbire eventuali raggi X a bassa energia che non sono stati trattenuti correttamente dal filtro (Thrall, 2018).

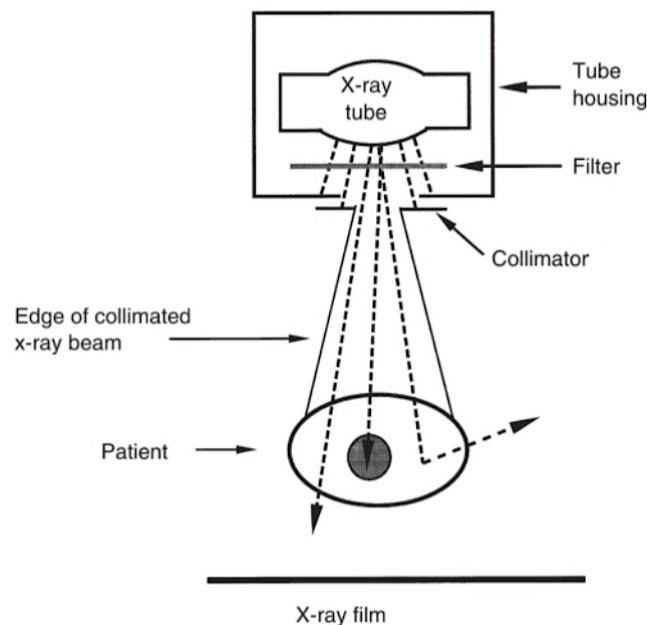


Figura 4. Rappresentazione schematica della correlazione tra tubo radiogeno, paziente e pellicola. Sono rappresentati anche il collimatore e il filtro grazie al quale i raggi x a bassa energia vengono assorbiti. (Thrall 2018)

Una porzione dei raggi in uscita deve penetrare il paziente e raggiungere la cassetta, altrimenti non si avrebbe la creazione dell'immagine.

Il risultato che si ottiene è un'immagine che mostra la composizione interna di un oggetto, basata sulla distribuzione spaziale dei raggi X trasmessi attraverso l'oggetto stesso (Thrall, 2018).

Per decenni le immagini radiografiche sono state visualizzate su pellicola, con l'avanzare della tecnologia, ai giorni nostri le immagini vengono visualizzate in formato digitale (Thrall, 2018).

1.4 Interpretazione delle immagini radiografiche

Alcuni raggi X che colpiscono il paziente vengono assorbiti e altri, passando attraverso esso, colpiscono la pellicola, ed è proprio grazie a questo fenomeno che è possibile ottenere delle immagini radiografiche.

Le aree dell'immagine che appaiono nere rappresentano zone dove molti raggi X sono passati attraverso il paziente e hanno colpito la pellicola, al contrario, le aree che appaiono bianche rappresentano zone in cui molti raggi X sono stati assorbiti. Tra questi due estremi, il bianco e il nero, possiamo osservare un'ampia scala di grigi (Thrall, 2018).

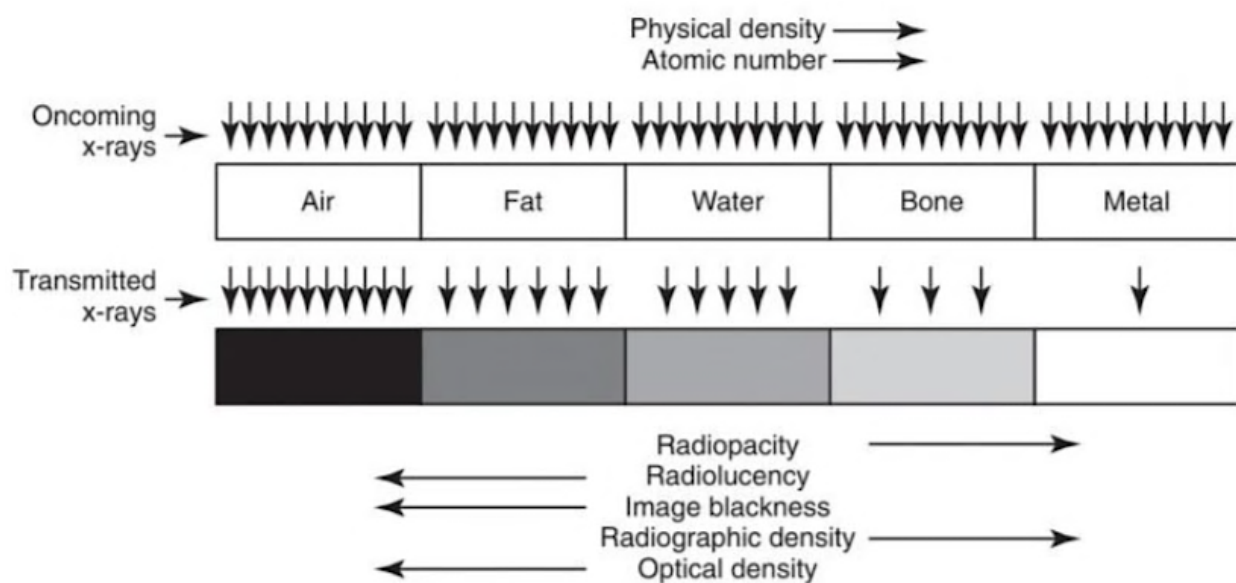


Figura 5. La differenza di assorbimento dei raggi x è in funzione della densità del materiale e del numero atomico, ed è ciò che permette l'utilizzo dei raggi x per la produzione di radiografie. (Thrall, 2018)

Per descrivere il grado di bianco e di nero dell'immagine si utilizzano i termini radiolucente e radiopaco.

La gamma di opacità visibili radiograficamente può essere descritta secondo cinque categorie (Fig. 5), in ordine dalla più radiolucente alla più radiopaca:

- opacità dell'aria (o gas)
- opacità del grasso
- opacità dell'acqua (o dei tessuti molli)
- opacità dell'osso (o minerale)
- opacità del metallo

L'utilizzo di queste categorie risulta essere molto utile perché queste appaiono visivamente distinte. Ovviamente è importante ricordare che un'opacità radiografica non è specifica per un tessuto o una sostanza, ma solo per gruppi di tessuti o sostanze che presentano un'opacità simile data da simili proprietà di assorbimento dei raggi X (Thrall, 2018).

2. PRINCIPI DI ECOGRAFIA

L'ultrasonografia, o ecografia, è una tecnica di imaging diagnostico basata sull'utilizzo degli ultrasuoni. Gli ultrasuoni vengono emessi all'interno del corpo del paziente e, interagendo con le diverse strutture corporee, creano degli echi di ritorno. Questi echi vengono analizzati dall'ecografo che mostra in tempo reale su un monitor un'immagine rappresentativa di una sezione di un determinato organo (Mattoon et al., 2021).

Uno dei vantaggi più significativi dell'ecografia è sicuramente l'assenza dell'utilizzo di radiazioni ionizzanti. Proprio per questo motivo risulta essere una tecnica in grado di fornire importanti informazioni senza arrecare danni biologici al paziente (Hertzberg & Middleton, 2016).

2.1 Cosa sono gli ultrasuoni?

Il suono è un insieme di vibrazioni trasmesse attraverso un mezzo solido, liquido o un gas (Pennick & d'Anjou, 2015). Le particelle fisiche nel mezzo vibrano, e man mano che queste vibrazioni si propagano si vengono a creare aree ad alta densità di particelle (compressione) e aree a bassa densità (rarefazione) (Decou & Curtis, 2022).

I cicli di compressione e rarefazione delle onde sonore sono rappresentati da un'onda sinusoidale in cui i picchi positivi corrispondono alle aree di alta pressione e densità e i picchi negativi rappresentano le aree di bassa densità e pressione (Fig. 6) (Decou & Curtis, 2022).

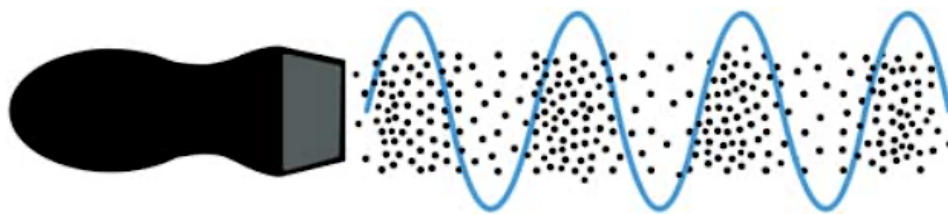


Figura 6. I picchi dell'onda sinusoidale indicano le aree in cui le particelle, muovendosi insieme, creano una zona di alta pressione e densità. Le depressioni dell'onda invece rappresentano zone di rarefazione delle particelle, quindi aree di bassa pressione e densità. (Decou & Curtis, 2022)

Gli ultrasuoni si differenziano dal suono udibile solo nella loro frequenza. L'udito umano può percepire suoni tra 20 e 20.000 Hz, nell'imaging medico vengono utilizzate onde ultrasoniche ad alta frequenza, tipicamente tra 1 e 20 MHz (Decou & Curtis, 2022).

I parametri utilizzati per descrivere le onde sonore sono la frequenza, la lunghezza d'onda e la velocità.

La frequenza (f) corrisponde al numero di volte in cui un'onda si ripete nell'unità di tempo, ovvero in un secondo. L'unità di misura della frequenza è l'hertz (Hz) (Thrall, 2018).

La lunghezza d'onda (λ) rappresenta la distanza tra due punti corrispondenti di due onde consecutive. La sua unità di misura viene espressa in millimetri (mm) (Barr & Gaschen, 2012) (Thrall, 2018).

La velocità del suono (c) dipende dal mezzo attraverso il quale si sta propagando, in generale le onde sonore si propagano più velocemente nei mezzi solidi rispetto a quelli liquidi o gassosi. Per scopi medici, la velocità del suono può essere considerata costante in un determinato mezzo. Gli ecografi hanno una velocità di propagazione del suono costante che si aggira intorno ai 1540 m/s, ovvero la velocità del suono attraverso i tessuti molli (Thrall, 2018).

La velocità di propagazione del suono corrisponde al prodotto della frequenza e della lunghezza d'onda, la loro correlazione viene espressa attraverso la seguente formula:

$$C = f \times \lambda$$

Dove (c) è la velocità di propagazione del suono, (f) è la frequenza e (λ) è la lunghezza d'onda. Frequenza e lunghezza d'onda sono quindi legate da una proporzionalità inversa: maggiore è la frequenza, minore sarà la lunghezza d'onda e viceversa (Barr & Gaschen, 2012).

2.2 Come si originano gli ultrasuoni?

Nel 1880 furono scoperti i cristalli piezoelettrici, e da allora la creazione degli ultrasuoni è stata resa possibile. Questi cristalli possiedono la caratteristica di vibrare quando sottoposti ad una corrente elettrica, trasformando quest'ultima in una deformazione meccanica che crea un suono. Al contrario, quando soggetti ad uno stress meccanico, i cristalli creano un segnale elettrico, consentendogli così di funzionare sia da trasmettitori che da ricevitori (Decou & Curtis, 2022). Tipicamente questi cristalli sono di quarzo naturale o di ceramica sintetica, e sono collocati all'interno del trasduttore (O'Brien & Barr, 2012).

2.2.1 Trasduttori

Il trasduttore è uno strumento in grado di convertire una forma di energia in un'altra. In ecografia, il trasduttore converte un impulso elettrico in un'onda sonora e viceversa.

I trasduttori ecografici, o sonde, possono avere varie forme e dimensioni (Thrall, 2018).

Le sonde *lineari* sono caratterizzate da una superficie di contatto con il paziente rettilinea. L'immagine che si ottiene utilizzando queste sonde è di forma rettangolare (O'Brien & Barr, 2012). Le strutture molto superficiali sono ben visualizzabili grazie all'utilizzo di queste sonde, vengono infatti utilizzate per indagare l'apparato muscoloscheletrico, gli occhi e gli organi addominali (Barr & Gaschen, 2012).



Figura 7. Sonda lineare e la sua area di scansione rettangolare.
(Soni et al., 2015)

Le sonde curvilinee, definite *convex* o *microconvex* in base alla dimensione, sono caratterizzate da una superficie di contatto curva. L'immagine che creano ha una forma trapezoidale che garantisce un ampio campo visivo. Sono particolarmente indicate per indagare tutti gli organi addominali (Soni et al., 2015).



Figura 8. Sonda convex e la sua area di scansione trapezoidale.
(Soni et al., 2015)

Le sonde *settoriali* hanno una piccola superficie di contatto con il paziente e creano un'immagine definita "a fetta di torta". Permettono una buona visualizzazione di strutture profonde, sono normalmente utilizzate in ecocardiografia e per indagare strutture localizzate in profondità nel torace o nell'addome del paziente (Barr & Gaschen, 2012).



Figura 9. Sonda settoriale e la sua area di scansione "a fetta di torta". (Soni et al., 2015)

2.3 Come eseguire un'ecografia?

Per la corretta esecuzione dell'esame ecografico il primo step fondamentale da effettuare è una corretta preparazione del paziente.

Per prima cosa è importante che venga rimosso il pelo dall'addome del paziente mediante l'utilizzo di una tosatrice, in genere si effettua la tosatura a partire dallo xifoide fino ad arrivare cranialmente all'osso del pube. Questo aspetto risulta essere necessario perché il pelo degli animali intrappolerebbe bolle d'aria che diminuirebbero notevolmente la qualità dell'immagine. Dopodiché la pelle del paziente viene bagnata con alcool ed infine viene applicato il gel da ecografia.

A questo punto il paziente è pronto per essere sottoposto all'esame ecografico, che può avvenire con l'animale posizionato in decubito dorsale o in decubito laterale (con la testa posizionata alla sinistra dell'ecografista e gli arti rivolti verso di esso) (Barr & Gaschen, 2012).



Figura 10. Tricotomia dell'addome e contenimento del paziente in decubito dorsale.

La sonda ecografica viene messa a contatto con la pelle del paziente ed emette ultrasuoni, i quali viaggiano all'interno dei tessuti incontrando diverse *interfacce acustiche*, ad ognuna delle quali corrisponde un eco che ritornerà alla sonda. Questo fenomeno viene chiamato *riflessione*, ed è grazie a questo che l'ecografo restituisce un'immagine visualizzabile sul monitor (Decou & Curtis, 2022).

La profondità delle strutture osservate sul monitor è proporzionale al tempo impiegato dall'eco per tornare alla sonda (Barr & Gaschen, 2012).

Tuttavia, in corrispondenza di ogni interfaccia tissutale, alcune onde non verranno riflesse ma attraverseranno il tessuto fino ad incontrare la successiva interfaccia acustica. Questo fenomeno viene chiamato *trasmissione*.

Un altro fenomeno che può verificarsi è quello della *rifrazione*, che si verifica quando un'onda, incontrando un'interfaccia acustica cambia l'inclinazione della sua direzione di propagazione (Decou & Curtis, 2022).

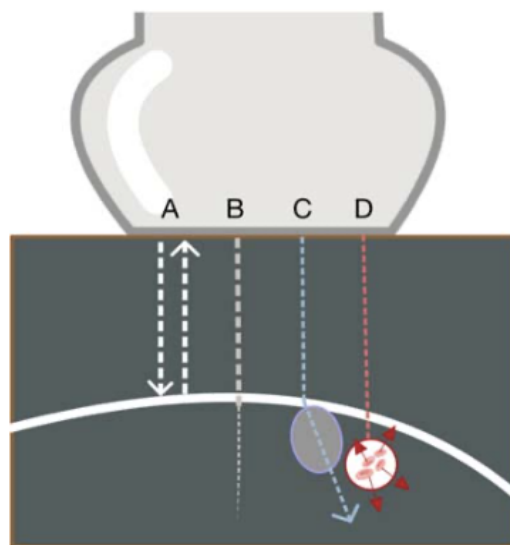


Figura 11. A, riflessione di un impulso che dalla sonda incontra un'interfaccia acustica e viene completamente riflesso. B, trasmissione di un impulso che, non essendo riflesso, andrà in contro ad attenuazione. C, rifrazione di un'onda. D, scattering di un'onda che incontra un globulo rosso. (Decou & Curtis, 2022)

Lo *scattering* è dovuto sia alla riflessione che alla rifrazione dell'onda quando quest'ultima, incontrando particelle molto piccole rispetto alla sua lunghezza d'onda, ad esempio i globuli rossi, determina la diffusione dell'onda in molte direzioni (Barr & Gaschen, 2012) (Decou & Curtis, 2022).

2.4 Interpretazione delle immagini ecografiche

Per una corretta interpretazione delle immagini ecografiche è importante conoscere due concetti fondamentali, l'orientamento delle immagini e l'ecogenicità delle strutture visibili nello schermo. L'orientamento dell'immagine visualizzabile sul monitor corrisponde all'orientamento della sonda, la quale viene posizionata correttamente grazie alla presenza di un *marker*.

Il *marker* generalmente è visibile sulla sonda come un rilievo o una spia luminosa, e la sua posizione deve corrispondere al *marker* presente sullo schermo.

La parte alta dell'immagine rappresenta sempre la superficie della pelle, dove la sonda entra in contatto con il paziente.

Con l'animale in decubito dorsale, se si effettua una scansione trasversale, ciò che si osserva sulla parte destra del monitor rappresenta la sinistra del paziente e viceversa. Effettuando una scansione longitudinale, sulla parte destra del monitor osserveremo le strutture più craniali e viceversa (Barr & Gaschen, 2012).

Con il termine ecogenicità ci si riferisce alla luminosità di una struttura visibile sullo schermo, che è collegata all'intensità degli echi prodotti dalla struttura stessa (Thrall, 2018) (Mattoon et al., 2021).

Una struttura viene definita anecogena quando non riflette nessun eco e per questo sullo schermo appare di colore nero (Thrall, 2018).

Il termine ipoecogeno è utilizzato per descrivere strutture che producono pochi echi, mentre le strutture che ne producono molti vengono definite iperecogene (Barr & Gaschen, 2012).

Se comparando due strutture, queste presentano la stessa luminosità, vengono definite isoecogene l'una all'altra (Thrall, 2018).

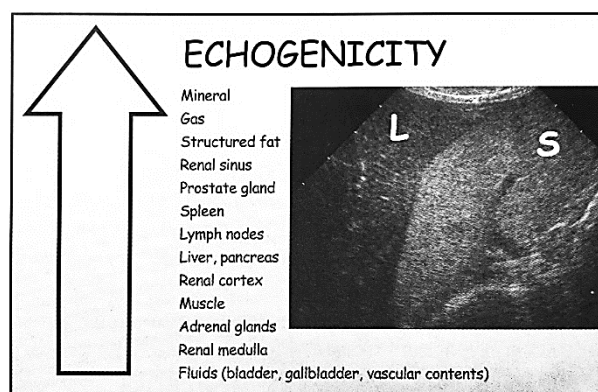


Figura 12. Scala di ecogenicità. Si nota come nell'immagine il fegato (L) risulta ipoecogeno rispetto alla milza (S). (O'Brien & Barr, 2012)

3. L'APPARATO URINARIO DEL GATTO

L'apparato urinario è costituito da organi deputati alla produzione e all'escrezione di urina. Nel complesso questo apparato comprende una parte ghiandola, rappresentata dai *reni*, e un sistema di escrezione, le *vie urinarie* (Barone, 2003).

A scopo descrittivo viene diviso in due porzioni: il tratto urinario superiore e il tratto urinario inferiore. Il primo comprende i reni e gli ureteri, mentre le basse vie urinarie sono costituite dalla vescica urinaria e dall'uretra (Mahadevan, 2016).

3.1 Anatomia

3.1.1 Reni

I reni, destro e sinistro, sono organi secernenti l'urina collocati contro la parete dorsale della cavità addominale. La loro superficie è liscia e risultano essere generalmente più lunghi che larghi. Per questo motivo si identificano due facce, due margini e due estremità.

Le due *facce*, *dorsale* e *ventrale*, sono leggermente convesse, così come il *marginale laterale*. Il *marginale mediale* è in continuità con l'*ilo renale*, quest'ultimo dà accesso al *seno renale*, dove decorrono vasi e nervi. Le *estremità*, o *poli*, appaiono arrotondate e sono una *craniale* e una *caudale*.

Per quanto riguarda la struttura interna, se osservata attraverso sezioni trasversali, si nota come il rene contiene una cavità, il *seno renale*. Attorno a questo seno il parenchima si dispone in diversi strati concentrici.

Tutta la superficie dell'organo è ricoperta da una capsula fibrosa. Il parenchima dell'organo si divide in *corticale* e *midollare* renale. La delimitazione tra i due strati non risulta essere lineare, è presente a questo livello un sottile strato intermedio riconoscibile per la presenza di numerosi vasi.

Nel gatto i reni misurano circa 4 cm di lunghezza, 3 cm di larghezza e 2,5 cm di spessore. Una peculiarità dei reni dei felini è la disposizione delle vene, in questi animali il sistema delle vene capsulari è molto sviluppato e risultano ben visibili sulla superficie dell'organo, sulla quale imprimono dei solchi.

Il rene destro del gatto è collocato a livello dei primi quattro processi trasversi lombari, il sinistro è leggermente più caudale e si può estendere dal secondo fino al quinto processo trasverso lombare (Barone, 2003).

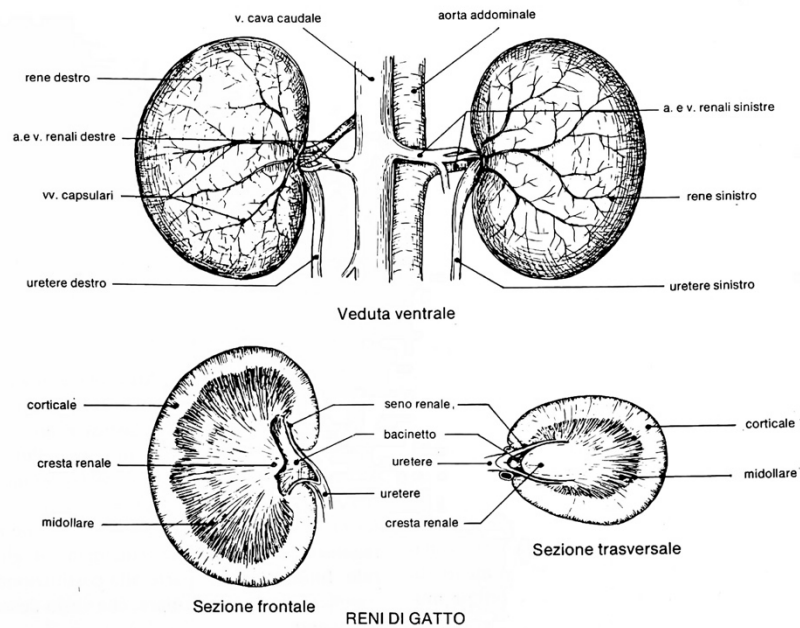


Figura 13. Reni di gatto. (Barone, 2003)

3.1.2 Ureteri

Gli ureteri, destro e sinistro, sono degli organi cavi la cui funzione è quella di trasportare l'urina a partire dal bacinetto renale fino ad arrivare alla vescica.

Ciascun uretere decorre a ridosso della parete lombare e poi di quella del bacino prima di raggiungere la vescica. L'uretere destro costeggia la vena cava caudale, il sinistro è vicino all'aorta addominale.

Ciascun uretere si estende a partire dall'ilo renale e termina a livello di faccia dorsale della vescica, attraversando la sua parete obliquamente. A questo livello il condotto subisce una leggera riduzione del lume, chiamato *ostio ureterico*, il quale ha il compito di impedire il reflusso di urina nell'uretere.

La mucosa interna dell'organo è pallida, sottile presenta pieghe longitudinali che scompaiono con la distensione (Barone, 2003).

3.1.3 Vescica

La vescica urinaria, o più brevemente vescica, è un serbatoio muscolo-membranoso impari, molto dilatabile, in cui si accumula urina (Barone, 2003).

La sua forma varia con il grado di replezione. Il suo polo craniale viene chiamato *apice* o *vertice*, l'estremità caudale è denominata *fondo della vescica*, e quest'ultimo si prolunga in un segmento ristretto, il *collo della vescica*, da dove origina l'uretra. Il *corpo della vescica* è la parte intermedia

dell'organo e sulla sua faccia dorsale, vicino al collo vescicale, è presente la zona di sbocco degli ureteri (Barone, 2003).

Internamente l'organo è rivestito da una mucosa pallida, bianco-rosata con pieghe irregolari che scompaiono con la distensione. Sulla faccia dorsale sono visibili i due *osti ureterici*, un terzo orificio più largo e mediano è visibile a livello di collo vescicale, è l'*ostio interno dell'uretra*. Questi tre orifici delimitano il perimetro di un triangolo, il *trigono vescicale*, la cui parete presenta una peculiarità, infatti in questa regione il connettivo sottomucoso è scarso e la mucosa è più sottile, liscia e priva di pieghe (Barone, 2003).

I rapporti della vescica variano molto da una specie all'altra. Nei carnivori essa si trova completamente in cavità addominale e il collo arriva a livello di osso del pube.

Il peritoneo riveste la quasi totalità dell'organo nei carnivori, formando tre legamenti, uno mediano e due laterali, disposti simmetricamente. Il *legamento mediano* si porta dalla faccia ventrale dell'apice e del corpo alla sinfisi pubica e alla parete addominale. Ogni *legamento laterale* si porta dalla parete laterale del bacino fino ai lati della vescica (Barone, 2003).

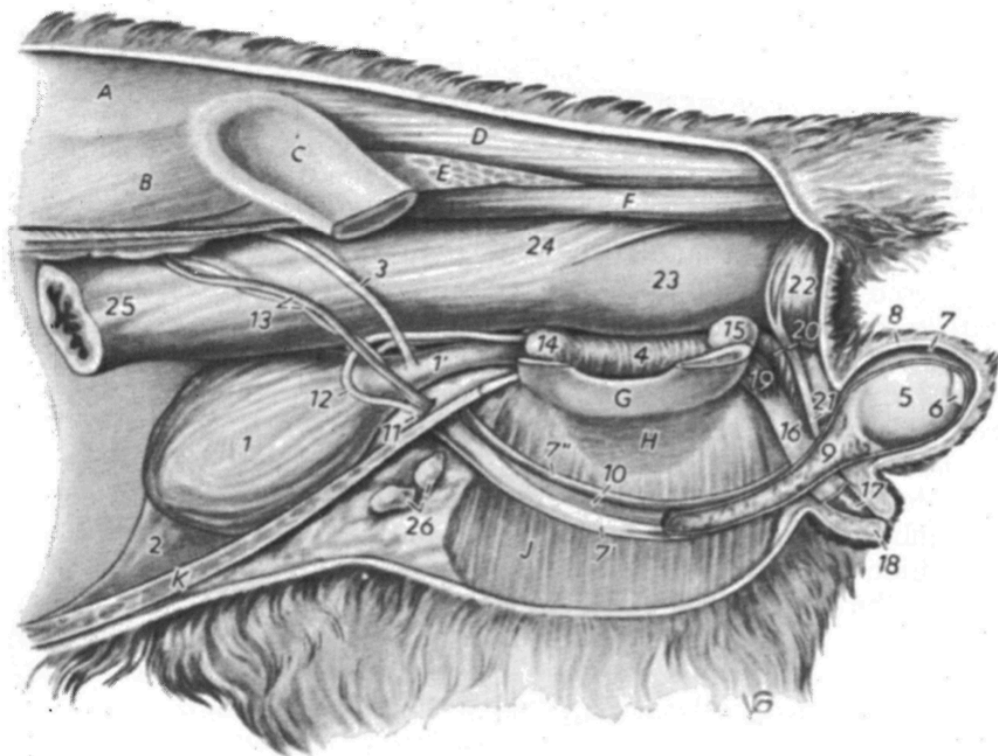


Figura 14. Veduta laterale della cavità pelvica di un gatto maschio (ossa pelviche e parete rimosse). 1-Vescica, 1'-Collo vescicale, 2-Legamento mediano della vescica, 4- Muscolo uretrale, 14-Prostata, 16-Pene, 18-Prepuzio. (Nickel et al., 1979)

3.1.4 Uretra

L'uretra è il condotto impari attraverso cui l'urina viene espulsa dalla vescica urinaria. Nel maschio riveste anche il ruolo di via escrettrice dello sperma.

Si origina dal collo vescicale, estendendosi a partire dall'*ostio interno* dell'uretra, e terminando con l'*ostio esterno* dell'uretra. Nel maschio si continua nel seno uro-genitale, perciò il suo ostio esterno risulta essere posizionato a livello di estremità libera del pene (Barone, 2003).

L'uretra maschile è divisibile in due parti, che si distinguono per topografia e per struttura. La prima, posta in cavità pelvica, è la *parte pelvica*, in cui sboccano gli osti eiaculatori e i condotti escretori delle ghiandole annesse. La seconda, extrapelvica e incorporata nel pene, viene chiamata *parte spongiosa* (Barone, 2003).

La *parte pelvica* si estende dal collo vescicale fino all'arcata ischiatica, a questo livello un modesto restringimento denominato *istmo dell'uretra* segna il suo limite. La sua parte craniale viene denominata *parte prostatica* perché risulta incappucciata dalla prostata, la restante parte presenta una parete sottile ed è ricoperta dallo sfintere uretrale, e viene chiamata *parte membranosa* (Barone, 2003).

La *parte spongiosa* è avvolta per un tratto della sua lunghezza dal muscolo bulbo-spongioso ed entra nella costituzione del pene. Inizia contornando l'arcata ischiatica, creando una curva in direzione ventro-craniale, poco accentuata nelle specie in cui il pene è diretto caudalmente (Gatto, Coniglio). Si continua costeggiando i corpi cavernosi fino all'estremità del pene, dove si apre verso l'esterno mediante l'*ostio esterno dell'uretra*, un tempo denominato "meato urinario" (Barone, 2003).

Internamente il lume dell'organo è rivestito da mucosa elastica, che presenta pieghe longitudinali che scompaiono durante la distensione. A riposo le pareti sono in contatto tra loro, il lume si apre al momento della minzione (Barone, 2003).

3.2 Fisiologia

3.2.1 Formazione dell'urina

L'ultrafiltrazione, il riassorbimento e la secrezione sono i tre processi fondamentali utilizzati dal rene per la formazione delle urine.

L'ultrafiltrazione avviene a livello glomerulare, dove continuamente vengono filtrate grandi quantità di plasma. Il filtro glomerulare è impermeabile alle proteine, per questo motivo

nell'ultrafiltrato la concentrazione proteica sarà molto limitata, altre sostanze invece saranno presenti alle stesse concentrazioni plasmatiche.

Grazie al processo di riassorbimento avviene la discriminazione tra scorie e sostanze utili. Mentre l'ultrafiltrato fluisce attraverso i tubuli, l'acqua e le sostanze disciolte vengono riassorbite secondo le necessità corporee. Risulta essere un processo selettivo, grazie al quale l'animale si può liberare delle scorie attraverso l'escrezione urinaria.

Infine mediante la secrezione tubulare avviene il trasporto attivo di alcune sostanze all'interno del lume tubulare (Sjaastad et al., 2013).

3.2.2 Riempimento vescicale

L'urina, all'apertura dei dotti collettori nella midollare renale, si accumula all'interno della pelvi renale. Periodicamente si creano onde peristaltiche in modo spontaneo a partire dalla pelvi renale e, procedendo lungo l'uretere, convogliano boli di urina nella vescica urinaria (Fletcher, 1996).

Con l'accumulo di urina all'interno del lume dell'organo, si sviluppa una tensione sulla parete vescicale, ed è questa che genera la pressione endovescicale. Normalmente la vescica possiede la caratteristica di poter aumentare di molto il volume del suo contenuto, causando un minimo aumento della pressione, ovviamente entro un range fisiologico.

Il cistometrogramma (Fig. 15) è un grafico che mette in relazione il volume (mL) e la pressione (cmH₂O), e mostra i tre stadi del riempimento vescicale (Fletcher, 1996).

Durante la fase iniziale si osserva un lieve aumento della pressione endovescicale che deriva dall'instaurarsi della tensione sulla parete vescicale.

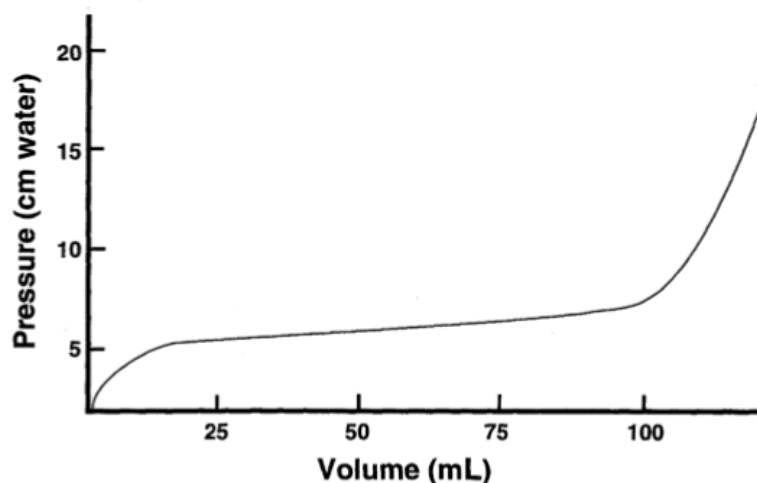


Figura 15. Cistometrogramma. (Fletcher, 1996)

La seconda fase appare prolungata, la pressione risulta essere stabile nonostante l'espansione del volume del contenuto dell'organo. La parete vescicale durante questa fase diventa più sottile e ampia man mano che l'urina si accumula, questo avviene grazie all'allungamento dei fasci muscolari (accomodazione viscosa).

La terza e ultima fase è quella in cui si osserva un rapido aumento della pressione e corrisponde al limite dell'accomodamento viscoso della parete vescicale. È il momento in cui l'animale avverte senso di pienezza e urgenza, dato che l'alta tensione nella parete aumenta l'attività dei meccanocettori presenti nella parete stessa (Fletcher, 1996).

3.2.2 Continenza

La continenza urinaria è definita come la capacità di immagazzinare urina senza perdite. Essa è il risultato di tre componenti: resistenza passiva, resistenza tonica attiva con inibizione del detrusore (attraverso l'innervazione simpatica) e resistenza fasica attiva attraverso l'innervazione dello sfintere uretrale striato.

Gli elementi passivi sono sufficienti a mantenere la continenza quando nel lume vescicale sono presenti un basso volume di urina e una bassa pressione.

Quando il volume urinario eccede la metà della capacità vescicale, per il mantenimento della continenza entrano in gioco i seguenti meccanismi: il riflesso simpatico che va ad inibire la trasmissione gangliare parasimpatica e la contrazione del detrusore insieme alla contrazione dello sfintere uretrale interno. Lo sfintere uretrale esterno entra in gioco per il mantenimento volontario della continenza (Fletcher, 1996).

3.2.3 Minzione

La minzione (o urinazione) è lo svuotamento completo della vescica urinaria che si ottiene mediante contrazione prolungata del muscolo detrusore e il rilassamento di entrambi gli sfinteri uretrali. Questo riflesso può essere avviato volontariamente e interrotto attraverso il controllo della muscolatura striata addominale e perineale (in particolare del muscolo uretrale) (Fletcher, 1996).

Tipicamente questo riflesso viene innescato da alti livelli di pressione sulla parete e sui meccanocettori, e ha inizio con una contrazione del detrusore. Il successivo rilassamento dello sfintere uretrale forza l'urina verso l'uretra, ne consegue un rilassamento del collo vescicale e quindi l'aumento di diametro dell'uretra, che portano all'efflusso di urina.

Con lo svuotamento della vescica il detrusore riacquista la sua funzionalità meccanica (Fletcher, 1996).

3.3 Aspetto radiografico normale

Le radiografie dell'addome sono comunemente utilizzate come primo step diagnostico nei pazienti che presentano segni riferibili a problematiche urinarie data la loro disponibilità, la facilità di acquisizione e il basso costo (Rademacher, 2019).

Le proiezioni radiografiche standard includono una latero-laterale (LL, con decubito destro o sinistro) e una ventro-dorsale (VD), prestando molta attenzione a includere nella proiezione tutta la cavità pelvica e la regione perineale per una corretta valutazione dell'uretra pelvica (Hecht, 2015).

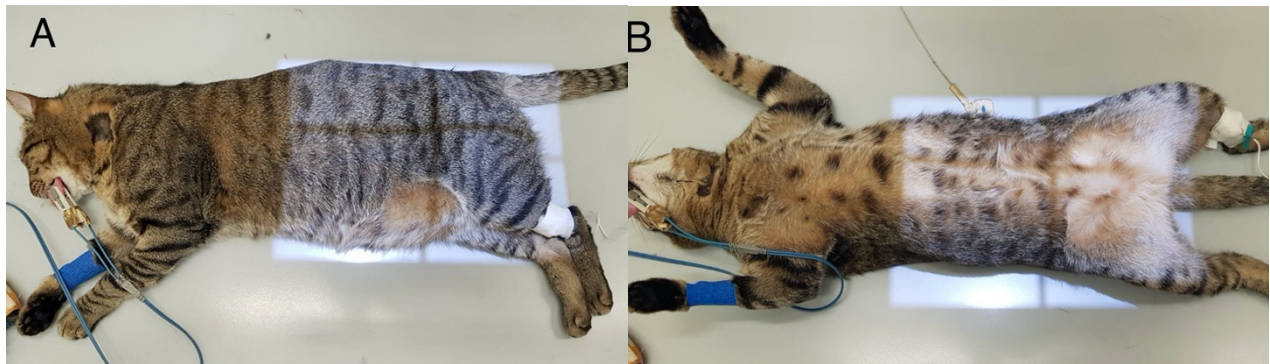


Figura 16. A) Corretto posizionamento per l'esecuzione di una radiografia latero-laterale con decubito destro (LLDX). B) Corretto posizionamento per l'esecuzione di una radiografia ventro-dorsale (VD)

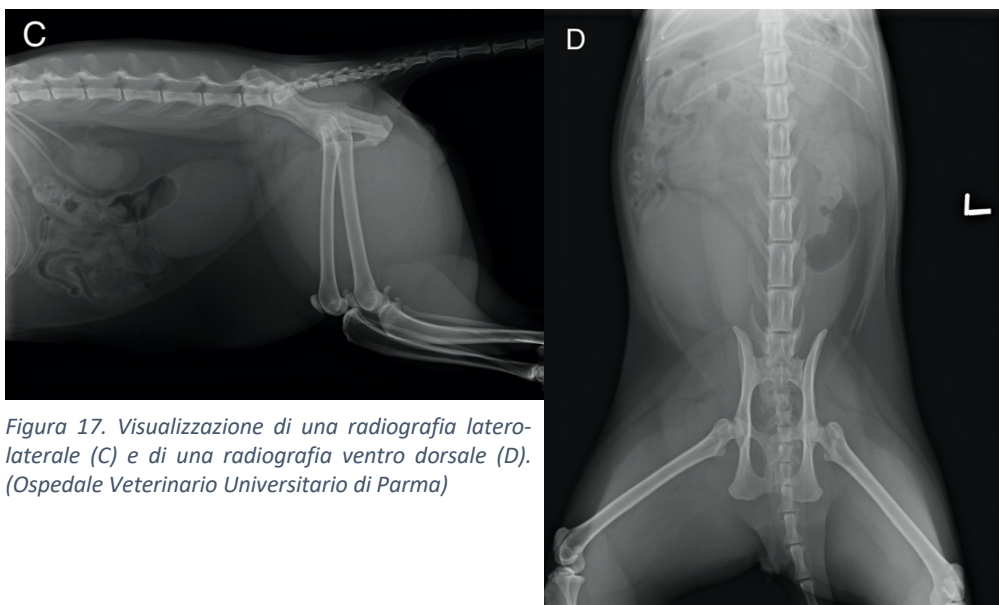


Figura 17. Visualizzazione di una radiografia latero-laterale (C) e di una radiografia ventro dorsale (D). (Ospedale Veterinario Universitario di Parma)

3.3.1 Reni

I reni del gatto radiograficamente sono localizzati tra L1 e L4 e appaiono di forma ovoidale. Il rene di destra può essere più craniale rispetto a quello di sinistra.

La proiezione ventro-dorsale (VD) risulta essere la più indicata per misurare la dimensione dei reni, questo perché le proiezioni latero-laterali (LL) potrebbero determinare sovrapposizioni di altri organi.

Nel gatto è considerato normale che la misura longitudinale del rene risulti essere da 2.4 a 3 volte la lunghezza di L2, anche se reni più piccoli (1.9-2.6 volte la lunghezza di L2) possono essere considerati normali in gatti anziani senza segni di patologie renali.

I reni in radiografia devono presentare opacità dei tessuti molli omogenea, sebbene la zona della pelvi renale nel gatto possa apparire più radiolucente a causa di deposito di grasso (O'Brien & Barr, 2012).

3.3.2 Ureteri

Gli ureteri, se di dimensione normale, non sono visibili in radiografia. Possono essere visibili come strutture sottili con opacità dei tessuti molli che decorrono nello spazio retroperitoneale, ma solo in animali con abbondante tessuto adiposo localizzato nel retroperitoneo (O'Brien & Barr, 2012).

3.3.3 Vescica

In radiografia la vescica urinaria normale appare omogenea, con opacità dei tessuti molli (Hecht, 2015) (Thrall, 2018).

La sua forma e posizione possono variare a seconda del suo grado di replezione (Hecht, 2015).

La vescica normalmente nel gatto si trova interamente in cavità addominale, 2-3 cm cranialmente al pube, data la lunghezza del collo vescicale in questa specie (Thrall, 2018).

Radiograficamente può risultare meno visibile a causa di una scarsa quantità di grasso addominale, sovrapposizioni o basso grado di replezione (Thrall, 2018).

Lo spessore della parete o le caratteristiche della muscosa non possono essere valutati in radiografia a causa del *border effacement* dato dall'urina presente nel lume (Thrall, 2018).

3.3.4 Uretra

L'uretra normale non è visibile in radiografia (Hecht, 2015).

Nel gatto, grazie alla posizione più craniale della vescica urinaria, l'uretra prepelvica può essere visibile in presenza di una sufficiente quantità di grasso circostante che fornisce contrasto (Thrall, 2018).

Le immagini radiografiche dell'uretra senza mezzo di contrasto forniscono informazioni diagnostiche minime, a meno che non siano presenti calcoli o sedimenti radiopachi (Rademacher, 2019).

3.4 Radiologia con mezzo di contrasto

Il mezzo di contrasto è una sostanza che, introdotta nel corpo durante una procedura di diagnostica per immagini, è in grado di alterare il contrasto dei tessuti, ed è comunemente utilizzato in medicina veterinaria, soprattutto negli studi radiografici. Con l'aumento dell'utilizzo dell'ultrasonografia, gli studi radiografici con mezzo di contrasto vengono effettuati sempre meno, in particolare quelli che coinvolgono il tratto urinario, ma nonostante questo possono fornire importanti informazioni (Thrall, 2018).

Le radiografie con mezzo di contrasto possono essere effettuate utilizzando un mezzo di contrasto positivo oppure uno negativo. I primi aumentano l'opacità in radiografia, i secondi la diminuiscono (Thrall, 2018).

La maggior parte degli studi radiografici con mezzo di contrasto necessitano di un'anestesia per il paziente. Inoltre prima dell'acquisizione delle immagini è buona prassi che il colon discendente e il retto vengano svuotati per evitare sovrapposizioni (O'Brien & Barr, 2012).

3.4.1 Pneumocistografia

La pneumocistografia è una cistografia con mezzo di contrasto negativo (aria). È scarsamente utilizzata come unica tecnica di diagnostica per immagini (O'Brien & Barr, 2012).

Con il paziente in anestesia generale si inserisce un catetere urinario, la vescica viene svuotata dall'urina presente e successivamente viene iniettato gas all'interno dell'organo. La quantità di gas è paziente-specifica e durante la sua introduzione il riempimento vescicale dovrebbe essere sempre monitorato attraverso palpazione delicata dell'addome. Prima di effettuare la radiografia il catetere urinario dovrebbe essere ritirato dal lume vescicale e posizionato all'interno dell'uretra, per evitare artefatti.

Questa tecnica risulta essere molto utile per la visualizzazione di calcoli radiotrasparenti all'interno della vescica. Attraverso l'iniezione di mezzo di contrasto negativo all'interno del lume dell'organo questi calcoli appaiono come strutture aventi l'opacità dei tessuti molli (O'Brien & Barr, 2012).

3.4.2 Cistografia con contrasto positivo

La cistografia con contrasto positivo viene effettuata con un protocollo simile alla pneumocistografia, eccetto per il fatto che viene utilizzato un mezzo di contrasto a base di iodio (positivo). La presenza di una quantità eccessiva di mezzo di contrasto può oscurare delle piccole lesioni della vescica.

Questa procedura viene indicata soprattutto per i sospetti di rottura vescicale (O'Brien & Barr, 2012).

3.4.3 Cistografia a doppio contrasto

Questa tecnica offre i vantaggi di entrambe le procedure sopra descritte.

La combinazione tra la distensione vescicale data dal contrasto negativo e una piccola quantità di mezzo di contrasto positivo è la tecnica più indicata per la diagnosi della maggior parte delle lesioni murali e lumenali della vescica urinaria. Permette inoltre la visualizzazione dei calcoli, sia radiopachi che radiotrasparenti, che appaiono come difetti di riempimento all'interno del mezzo di contrasto (O'Brien & Barr, 2012).

3.4.4 Uretrografia retrograda

L'uretrografia retrograda è una tecnica di diagnostica per immagini utilizzata per esaminare l'uretra usando un mezzo di contrasto positivo (Thrall, 2018).

Il paziente deve essere anestetizzato, ed è consigliato un rilassamento uretrale per permettere un corretto riempimento dell'organo ed evitare artefatti dovuti a spasmi muscolari (O'Brien & Barr, 2012).

Viene inserito un catetere urinario per svuotare la vescica, e viene successivamente posizionato a livello di porzione terminale dell'uretra peniena. Il catetere deve essere riempito di mezzo di contrasto precedentemente per evitare di iniettare bolle d'aria all'interno dell'organo, perché potrebbero mimare calcoli radiopachi. A questo punto l'uretra viene occlusa attorno al catetere e viene iniettato il mezzo di contrasto all'interno del lume dell'organo.

Questa tecnica risulta essere la più indicata per la visualizzazione di calcoli radiotrasparenti all'interno dell'uretra, appaiono infatti come piccoli difetti di riempimento dell'organo dopo l'iniezione del mezzo di contrasto (O'Brien & Barr, 2012).

3.5 Aspetto ecografico normale

L'apparato urinario è facilmente esaminabile attraverso l'esame ecografico, il quale risulta essere molto indicato quando sono osservabili segni clinici riferibili al tratto urinario. L'ecografia è molto utile per valutare la presenza di problematiche a livello sia di alte (reni e ureteri) che di basse (vescica e uretra) vie urinarie (Widmer et al., 2004).

Le informazioni diagnostiche possono essere ottenute con un rischio basso o addirittura nullo per l'animale, non si tratta infatti di un esame invasivo né che richieda necessariamente la sedazione del paziente (Widmer et al., 2004).

3.5.1 Reni

L'esame ecografico permette un'ottima visualizzazione della forma, delle dimensioni e dell'architettura interna dei reni.

La capsula renale appare come una struttura lineare sottile e iperecogena, ma non è sempre visibile attorno all'intero organo.

La corticale renale risulta essere uniforme ed ecogena. Normalmente, comparandola con il fegato, dovrebbe risultare leggermente ipoecogena ad esso. Nei gatti sovrappeso, sempre comparandola con il fegato, può apparire iperecogena a causa del deposito di grasso. Comparandola con la milza, la corticale renale dovrebbe apparire normalmente ipoecogena ad essa.

La distinzione tra corticale e midollare renale deve essere ben distinguibile. La midollare appare normalmente ipoecogena.

Il seno renale appare invece iperecogeno, questo è legato alla presenza di grasso peripelvico e di tessuto connettivo denso.

La pelvi renale, infine, è uno spazio virtuale e non dovrebbe essere sempre visualizzabile, nonostante questo, utilizzando sonde ad alta frequenza si può osservare come una sottile fessura anecogena di 1-2 mm a livello di ilo renale. La pelvi renale si rende evidente in caso di dilatazione (pielectasia), che può essere legata sia a fattori fisiologici che patologici.

Nei gatti la lunghezza dei reni viene considerata normale in un range che varia dai 3 ai 4,3 cm, con la corticale di 2-5 mm di spessore (O'Brien & Barr, 2012).

3.5.2 Ureteri

Gli ureteri sono due strutture pari localizzate nel retroperitoneo. La loro funzione è quella di trasportare urina dai reni fino alla vescica urinaria.

Ecograficamente gli ureteri appaiono come strutture tubulari a parete sottile emergenti dalla pelvi renale. Le pareti appaiono ecogene e il lume è ripieno di urina ipoecogena o totalmente anecogena. Seguire il loro decorso risulta essere molto complicato a causa del loro piccolo diametro, può risultare più semplice quando gli ureteri sono dilatati (Griffin, 2020).

3.5.3 Vescica

L'ecografia è la tecnica di diagnostica per immagini di scelta per investigare la maggior parte dei disordini che colpiscono la vescica urinaria (Griffin, 2020).

La vescica urinaria è localizzata nella porzione caudo-ventrale dell'addome e la sua dimensione può variare di molto in base al grado di replezione (Hecht, 2015).

La vescica urinaria del gatto tende a rimanere interamente in cavità addominale, risulta quindi più facile da visualizzare rispetto al cane, dove spesso il collo vescicale è localizzato in cavità pelvica. Inoltre, la sua localizzazione superficiale la rende facilmente accessibile e il suo contenuto fluido garantisce un'eccellente finestra acustica per visualizzare la parete dell'organo (Griffin, 2020).

L'ultrasonografia permette di valutare la grandezza dell'organo, lo spessore della parete e la sua stratificazione, consentendo allo stesso tempo la visualizzazione diretta dei margini sierosi e mucosi. In aggiunta possono essere osservati i linfonodi regionali e la regione pericistica (Griffin, 2020).

Lo spessore della parete dell'organo dovrebbe essere misurato quando la vescica è adeguatamente distesa, le misurazioni dello spessore della parete di una vescica vuota non sono affidabili (Hecht, 2015).

Le sonde a bassa frequenza mostrano la parete della vescica come un'unica linea ecogena, mentre le sonde a frequenza più alta mostrano i diversi strati della parete vescicale (Hecht, 2015).

La parete dell'organo è formata da quattro strati: mucosa (ipoecogena), sottomucosa (iperecogena), muscolare (ipoecogena) e sierosa (iperecogena) (Griffin, 2020).

Lo spessore normale della parete vescicale del gatto varia da 1.3 a 1.7 mm (Hecht, 2015).

Gli ureteri sboccano nella vescica urinaria a livello della regione del trigono vescicale (giunzione vescico-uretrale) (Griffin, 2020).

A questo livello le papille ureterali possono essere visibili come piccole protrusioni della parete dorsale della vescica ed è importante non confonderle con ispessimenti anormali della parete stessa o con masse patologiche (Hecht, 2015).

L'urina normalmente appare anecogena, sia nel cane che nel gatto. Potrebbero essere visibili bolle d'aria ecogene o sangue all'interno del lume vescicale, ad esempio dopo aver effettuato procedure quali cistocentesi o cateterizzazione uretrale. Nel gatto è possibile osservare all'interno del lume dell'organo dei globuli di grasso in sospensione, che appaiono come piccoli foci ecogeni che non si depositano secondo gravità, e che possono rappresentare lipiduria (Widmer et al., 2004).

3.5.4 Uretra

L'uretra rappresenta l'ultimo tratto dell'apparato urinario, dal collo vescicale essa si porta in cavità pelvica ed ecograficamente appare come una struttura tubulare ipoecogena (Griffin, 2020). Normalmente i margini e il diametro appaiono uniformi e la parete sottile (Rademacher, 2019).

La valutazione ecografica dell'organo è limitata alla porzione più craniale dell'uretra pelvica (Thrall, 2018).

L'urina all'interno del lume dell'organo non è normalmente visibile, nonostante questo, una dilatazione uretrale può essere osservabile nei gatti con ostruzione uretrale (Griffin, 2020).

Attraverso l'ecografia si possono ottenere informazioni complementari all'uretrografia con contrasto positivo, e può essere utile per valutare lo spessore dell'organo e la sua ecogenicità (Hecht, 2015). Il vantaggio dell'ecografia risiede nel fatto che, rispetto all'uretrografia, non richiede la sedazione del paziente (Thrall, 2018).

4. L'OSTRUZIONE URETRALE NEL GATTO

Con il termine ostruzione uretrale ci si riferisce ad una compromissione del normale flusso di urina, legato ad anomalie nella struttura o nella funzione del tratto urinario, a cui conseguono effetti locali e sistemici (Bartges et al., 1996).

L'ostruzione uretrale è una manifestazione comune e pericolosa della FLUTD (*feline lower urinary tract disease*) che tipicamente necessita di un trattamento di emergenza (Cooper, 2015) (Cooper et al., 2010).

La FLUTD è un insieme di condizioni che colpiscono la vescica e/o l'uretra dei gatti, prevalentemente di sesso maschile e che vivono in casa (Gunn-Moore, 2003) (Eisenberg et al., 2013).

La prevalenza di questa condizione nel gatto maschio è legata alla struttura dell'uretra, che risulta essere più lunga e stretta rispetto a quella della femmina (Segev et al., 2011).

L'ostruzione uretrale può essere distinta in *funzionale*, ad esempio a causa di uno spasmo uretrale, e *anatomica*, ad esempio a causa di urolitiasi o di una neoplasia che impedisce il normale passaggio di urina (Nelson & Couto, 2006).

4.1 Sintomi e segni clinici

I segni clinici tipici dell'ostruzione uretrale includono stranguria (urinazione dolorosa e intermittente), pollachiuria (aumento eccessivo della frequenza delle minzioni), ematuria (presenza di sangue nell'urina), vocalizzazioni, eccessivo leccamento della regione perineale, vomito, letargia e segni sistemici più severi (che dipendono dalla durata e dalla severità dell'ostruzione) (Balakrishnan & Drobatz, 2013).

All'esame obiettivo, palpando l'addome, si può apprezzare una vescica estremamente consistente (Rieser, 2005). Il pene può risultare arrossato a causa dell'autotraumatismo, e in alcuni casi si può osservare un tappo uretrale che sporge dalla punta dell'organo. Un altro riscontro comune all'esame obiettivo è la disidratazione del paziente, evidenziabile dalla valutazione della plica cutanea e delle mucose, che in questo caso risultano appiccicose (George & Grauer, 2016).

Molti gatti in visita si presentano emodinamicamente stabili, altri invece si possono presentare con una severa compromissione cardiovascolare e/o collasso, spesso secondari ai gravi disordini elettrolitici e acido-base che si possono instaurare (Balakrishnan & Drobatz, 2013).

4.2 Cause

Le cause associate all'ostruzione uretrale sono calcoli, plug uretrali, coaguli di sangue conseguenti a traumi, stenosi uretrali e neoplasie (Young et al., 2021).

In molti gatti però una causa specifica non è sempre identificabile, questo favorisce l'ipotesi che alcuni gatti possano presentare un'ostruzione funzionale causata da spasmi uretrali o gonfiore uretrale dato da edema e/o infiammazione (Young et al., 2021).

Sfortunatamente, dato che il tratto urinario può rispondere in un numero limitato di modi ad un insulto, i segni clinici sono raramente indicativi di una particolare causa.

Sebbene sia stato posto maggiore interesse sul ruolo dei calcoli vescicali e dei cristalli, evidenze recenti hanno mostrato che la cistite idiopatica è la causa più comune di FLUTD nei gatti (Gunn-Moore, 2003).

4.2.1 FIC

La cistite idiopatica felina (FIC) è una patologia spontanea che colpisce la vescica dei gatti. Clinicamente si manifesta con sintomatologia riferibile alle basse vie urinarie, in assenza di batteriuria e neoplasie; gli uroliti e i plug uretrali possono essere o meno presenti.

I fattori di rischio legati a questa patologia sono numerosi, i più importanti sono un elevato BCS corporeo, la giovane età (<10 anni), la scarsa attività fisica, una scarsa assunzione di acqua e l'utilizzo della lettiera. Attualmente si pensa che i cristalli urinari non siano coinvolti primariamente nella patogenesi della FIC, al contrario si crede che la loro formazione sia scatenata dall'infiammazione vescicale sottostante (Jones et al., 2021).

Attualmente la precisa patogenesi della FIC è ancora sconosciuta, l'ipotesi più accreditata è che numerosi fattori, quali ad esempio anomalie della vescica, cambiamenti neuroendocrini, stress e fattori ambientali e genetici entrino in gioco nello scatenare questa condizione.

La mucosa vescicale dei gatti colpiti dalla FIC risulta compromessa, e per questo motivo permette il passaggio di ioni idrogeno e potassio dalle urine verso la sottomucosa. Questi ioni sono irritanti e possono scatenare una stimolazione dei neuroni sensoriali presenti nella parete.

Numerosi fattori, sia ambientali che legati al gatto in sé, possono determinare una riduzione del volume di urine prodotte e della frequenza di urinazione. Se questo avviene, conseguentemente aumenta il tempo di contatto tra la parete e le urine molto concentrate, e ciò porta a un peggioramento della condizione.

Studi recenti suggeriscono che lo stress potrebbe essere integralmente coinvolto nella patogenesi della FIC. Infatti una teoria ipotizza che lo stress cronico nei gatti si possa tradurre in un disaccoppiamento della normale risposta allo stress, la quale, tramite l'interazione con il sistema neuroendocrino, determini un'alterazione della permeabilità uroteliale (Forrester & Towell, 2015).

4.2.2 Cristalluria e urolitiasi

I sali disciolti all'interno dell'urina, quando questa diventa satura, possono precipitare e formare dei cristalli. Questa condizione prende il nome di *cristalluria* (Fossum, 2007).

Nella maggior parte dei casi la cristalluria in sé non determina manifestazioni cliniche, questo perché molti gatti sviluppano questa condizione se alimentati con una dieta a base di cibo esclusivamente secco. Tuttavia una cristalluria severa può determinare ostruzione uretrale (Gunn-Moore, 2003).

Se i cristalli non vengono escreti, questi possono aggregarsi a formare dei concrementi solidi chiamati *calcoli*. L'urolitiasi è il termine utilizzato per descrivere la presenza di calcoli all'interno dell'apparato urinario.

Nei gatti, gli uroliti che si riscontrano più frequentemente sono di ossalato di calcio e di struvite (Fossum, 2007). Tuttavia, l'incidenza e la composizione degli uroliti nel gatto possono essere influenzate da numerosi fattori, tra cui i più importanti sono il pH delle urine, la dieta, anomalie anatomiche e fisiologiche, la razza, il sesso e l'età (Osborne, Kruger, et al., 1996).

L'urolitiasi clinicamente si manifesta attraverso ematuria e disuria. Se dei calcoli di piccole dimensioni si localizzano all'interno dell'uretra possono portare ad ostruzione uretrale (Osborne, Lulich, et al., 1996).

4.2.3 Plug uretrali

I plug uretrali sono frequentemente associati ad ostruzione uretrale. Sono composti da varie combinazioni di una matrice proteica (mucoproteine, albumina, globulina, cellule, ecc.) e materiale cristallino. Si ritiene che la matrice colloidale derivi dalla parete vescicale infiammata. La causa di questa infiammazione può essere neurogena, idiopatica o secondaria a infezione, a neoplasia o ad uroliti. La matrice può causare ostruzione uretrale senza evidenza di cristalluria (Gunn-Moore, 2003).

Durante la formazione del plug la matrice può intrappolare al suo interno cristalli, emazie, globuli bianchi, cellule epiteliali e batteri (Osborne, Lulich, et al., 1996).

È importante investigare la composizione minerale dei plug perché la maggior parte dei regimi terapeutici si basa proprio su questa (Osborne, Kruger, et al., 1996).

I plug uretrali, data la loro alta componente proteica, assumono una forma cilindrica “a stampo” quando si localizzano a livello uretrale e conseguentemente determinano ostruzione. Questa è un’altra grande differenza con i calcoli, i quali hanno una consistenza simile alla roccia (Osborne, Lulich, et al., 1996).

4.2.4 Neoplasie

Le neoplasie che possono portare ad ostruzione uretrale sono il carcinoma a cellule di transizione, il carcinoma a cellule squamose e numerosi altri tumori meno frequenti (Rieser, 2005).

Il carcinoma a cellule di transizione (TCC) è quello riscontrato più frequentemente a livello vescicale, nonostante venga considerato poco comune nel gatto, con una frequenza dello 0,18% (Gunn-Moore, 2003) (Hamlin et al., 2019).

Clinicamente gli animali si presentano in visita per ematuria, e meno comunemente per pollachiuria, stranguria, ostruzione e urinazione inappropriata. I segni clinici correlati al TCC, infatti, sono più frequentemente associati a patologie benigne, come ad esempio la cistite felina idiopatica o le infezioni del tratto urinario (Hamlin et al., 2019).

4.3 Aspetti fisiopatologici

Indipendentemente dalla causa sottostante, un’ostruzione uretrale prolungata porta a un deficit di fluidi, che può sfociare poi in ipovolemia e diminuzione della perfusione tissutale (Rieser, 2005).

L’ostruzione uretrale è associata a problematiche quali azotemia, acidosi metabolica, iperkaliemia, iperfosfatemia e ipocalcemia (Rieser, 2005).

Inizialmente, quando la vescica si distende a causa dell’ostruzione, la pressione intravesicale rimane nei range fisiologici. Una volta raggiunta la massima capacità dell’organo, e quindi non essendo più possibile un ulteriore allungamento della parete vescicale, la pressione intravesicale inizierà ad aumentare. Questo aumento si riflette a monte della vescica, causando un aumento della pressione negli ureteri, nella pelvi renale e nei tubuli renali; ed è proprio questo

che determina una riduzione della velocità di filtrazione glomerulare (GFR). Questo aspetto determina l'instaurarsi di una condizione di azotemia e l'aumento della concentrazione sierica di fosforo (Barsanti & Finco, 1984).

L'azotemia viene definita come un aumento della concentrazione nel sangue di composti azotati non proteici, solitamente urea e creatinina (Chew et al., 2011).

L'acidosi metabolica si verifica in corso di ostruzione uretrale in quanto si ha un accumulo di ioni idrogeno che non possono essere escreti attraverso l'apparato urinario. Un'acidosi metabolica marcata ($\text{pH} < 7,2$) determina varie conseguenze in tutto il corpo, principalmente a livello respiratorio, cardiovascolare e nervoso.

Inizialmente, la risposta dell'organismo all'acidosi metabolica è l'aumento degli atti respiratori al minuto. Un'acidosi severa può predisporre il paziente ad aritmie cardiache così come alla diminuzione della contrattilità cardiaca e ad una risposta inotropica alle catecolamine. A livello di sistema nervoso centrale, l'acidosi può determinare segni neurologici che possono variare dalla depressione al coma (Rieser, 2005).

L'iperkaliemia è il disordine elettrolitico più frequentemente associato all'ostruzione uretrale. Deriva dalla diminuzione dell'escrezione renale di potassio e dallo spostamento del potassio dal comparto intracellulare in risposta all'acidosi. Il potenziale di membrana cellulare a riposo è determinato in gran parte dal potassio; l'iniziale iperkaliemia extracellulare può rendere la cellula più eccitabile, quando però il potassio aumenta fino a livelli gravi, il potenziale di membrana a riposo può risultare inferiore al potenziale soglia. Questo determina un'incapacità della cellula di ripolarizzarsi dopo la depolarizzazione, che clinicamente si traduce in un effetto sul tessuto muscolare e sul sistema di conduzione cardiaco.

In risposta all'iperkaliemia, i cambiamenti che possono essere osservati sull'elettrocardiogramma (ECG) includono bradicardia, diminuzione dell'altezza delle onde P o assenza di queste, maggior ampiezza dei complessi QRS, onde T più alte, intervalli QT più corti e depressione del segmento ST. (Fig. 18)

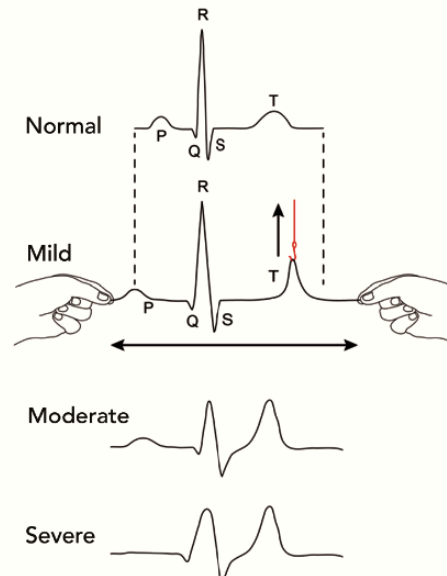


Figura 18. Cambiamenti nel tracciato dell'elettrocardiogramma legati ai diversi gradi di iperkaliemia in corso di ostruzione uretrale. (George & Grauer, 2016)

È molto importante ricordare che la severità dei segni clinici non è necessariamente correlata all'entità della variazione della concentrazione sierica di potassio. Per questo motivo le decisioni sul trattamento di questo disturbo elettrolitico dovrebbero essere basate sulla valutazione clinica complessiva del paziente e non solo sulla variazione dei parametri clinici di laboratorio (Rieser, 2005).

Un altro disordine elettrolitico associato all'ostruzione uretrale è l'ipocalcemia. Questo in particolare aggrava gli effetti della concomitante iperkaliemia. Clinicamente l'ipocalcemia si manifesta con ipereccitabilità neuromuscolare, diminuzione della contrattilità cardiaca e vasodilatazione periferica (Rieser, 2005).

L'ultimo disturbo elettrolitico comunemente riscontrabile in corso di ostruzione uretrale è l'iperfosfatemia. Questa si instaura a causa di una riduzione della clearance renale del fosforo. L'iperfosfatemia può contribuire all'acidosi metabolica e allo sviluppo dell'ipocalcemia (Rieser, 2005).

4.4 Diagnosi

Un'attenta raccolta dell'anamnesi è il primo passo per arrivare ad una corretta diagnosi. Il proprietario dell'animale riferirà che quest'ultimo vocalizza molto più del normale, che si posiziona più volte in lettiera senza riuscire ad urinare o producendo piccolissime quantità di urine, spesso di colore rosato (ematuria) (Drobatz et al., 2019).

La visita clinica e soprattutto la palpazione addominale sono essenziali per evidenziare un eventuale abbattimento del paziente e/o la presenza di una vescica notevolmente distesa e turgida (globo vescicale), impossibile da svuotare manualmente. Questo infatti è il segno patognomonico su cui si basa la diagnosi di ostruzione uretrale. È importante ricordare di effettuare la manipolazione dell'addome del gatto in maniera estremamente delicata perché l'animale ha molto dolore, oltre al fatto che esiste il rischio di rompere l'organo (George & Grauer, 2016).

In seguito è fondamentale effettuare degli esami ematici per poter avere un quadro completo delle alterazioni elettrolitiche ed emato-biochimiche che può presentare il paziente.

Successivamente si procede ad effettuare un elettrocardiogramma al paziente, un prelievo di urine da sottoporre ad analisi chimica e del sedimento ed infine si effettuano gli approfondimenti di diagnostica per immagini (George & Grauer, 2016).

Per la diagnosi di ostruzione uretrale generalmente si utilizza in prima battuta l'indagine radiografica, e solo successivamente si ricorre all'ecografia o alla radiologia con mezzo di contrasto (Drobatz et al., 2019).

4.4.1 Alterazioni emato-biochimiche

Gli esami ematici sono importanti per identificare l'entità delle alterazioni emato-biochimiche causate dall'ostruzione uretrale e, di conseguenza, poterle trattare nel modo corretto.

Effettuare un'emogasanalisi per valutare la concentrazione degli elettroliti sierici risulta essere fondamentale. Attraverso questo esame è possibile evidenziare un'eventuale iperkaliemia, molto pericolosa per la vita dell'animale. Le altre potenziali alterazioni evidenziabili attraverso l'esecuzione di questo esame includono l'acidosi metabolica (riduzione del pH sanguigno), l'ipocalcemia e l'iperlattatemia (aumento della concentrazione dei lattati nel sangue). Quest'ultima alterazione deriva dalla riduzione della perfusione tissutale secondario allo shock. Ulteriori approfondimenti, ovvero un esame emocromocitometrico e un profilo biochimico del paziente permettono un'ulteriore caratterizzazione della gravità delle condizioni dell'animale.

Attraverso il profilo biochimico è possibile evidenziare alterazioni comuni in corso di ostruzione uretrale, come il rialzo dei valori renali (creatinina e urea), e l'eventuale iperfosfatemia.

È importante ricordare che l'aumento delle concentrazioni sieriche di creatinina, urea e fosforo possono derivare da una condizione di disidratazione del paziente (azotemia prerenale), da una riduzione della funzione renale (azotemia renale) oppure da un'alterata escrezione di questi composti (azotemia postrenale) (Sabino, 2017).

4.4.2 Diagnosi radiografica

È possibile evidenziare numerosi segni radiografici indice di ostruzione uretrale. Questi possono essere legati agli organi urinari in sé o alle strutture adiacenti.

Il primo segno osservabile è la sovradistensione vescicale; la vescica appare marcatamente aumentata di volume e il suo apice può localizzarsi cranialmente all'ombelico. In concomitanza è spesso osservabile una perdita di dettaglio nell'addome caudale; le cause correlate a questo segno possono essere la presenza di fluido libero in addome, una scarsità di tessuto adiposo o la presenza di peritonite/steatite focale perivescicale (Thrall, 2018).

Una focale perdita di dettaglio può essere osservata anche a carico della regione retroperitoneale, caudalmente i reni, determinando la presenza di retroperitonite.

È possibile osservare del sedimento all'interno della vescica, esso appare come un aumento di radiopacità diffuso e irregolare all'interno del lume dell'organo. La cristalluria non è visibile radiograficamente (O'Brien & Barr, 2012).

I plug uretrali sono visualizzabili in radiografia come strutture tubulari mediamente radiopache che formano uno stampo nel lume uretrale (Young et al., 2021).

I calcoli sono delle strutture con forma e dimensione variabili, più frequentemente rotondeggianti. Solitamente sono visualizzabili in radiografia grazie alla loro radiopacità minerale, tuttavia è importante distinguerli in radiopachi e radiotrasparenti, i primi sono facilmente osservabili in radiografia (O'Brienn & Barr, 2012).

I calcoli contenenti calcio sono i più radiopachi, mentre i meno radiopachi sono i calcoli di cistina e di urati. I calcoli di struvite sono radiopachi e si evidenziano facilmente nelle immagini radiografiche. Per evidenziare i calcoli radiotrasparenti localizzati in vescica o in uretra invece è utile ricorrere alla cistografia a doppio contrasto e/o all'uretrografia retrograda (Fossum, 2007).

La maggior parte dei calcoli uretrali sono radiopachi e quindi facilmente visualizzabili in radiografia, ma sfortunatamente il sito più comune di ostruzione è l'uretra peniena. I calcoli o i

plug che causano ostruzione a questo livello spesso non sono sufficientemente radiopachi o sono di dimensioni troppo ridotte per essere visualizzabili. Comunemente, in presenza di uroliti, si ricorre alla retroidropulsione e durante lo svolgimento di questa procedura vengono effettuate diverse radiografie per avere la certezza che, dall'uretra, tutti gli uroliti vengano risospinti all'interno della vescica.

Radiograficamente è invece difficile osservare eventuali neoplasie che possono causare ostruzione, in questo caso può essere indicata la cistografia a doppio contrasto perché può fornire informazioni riguardo la localizzazione e l'estensione della massa (O'Brien e Barr, 2012).

4.4.3 Diagnosi ecografica

L'esame ecografico consente di valutare numerosi segni che si possono sviluppare in corso di ostruzione uretrale. Anche in questo caso il primo segno visualizzabile è la sovradistensione vescicale, spesso con concomitante dilatazione uretrale. Possono evidenziarsi anche un aumento dello spessore della parete vescicale, la presenza di materiale ecogeno all'interno del lume dell'organo, la presenza di fluido nella regione perivescicale e un aumento di ecogenicità del grasso perivescicale.

All'interno del lume vescicale gli uroliti appaiono come strutture iperecogene di forma variabile che formano cono d'ombra. Gli uroliti sono spesso mobili e per questo motivo, per distinguerli da altre strutture, risulta spesso utile indagare la vescica cambiando decubito all'animale; gli uroliti infatti si muoveranno e si depositeranno secondo gravità (Cole et al., 2021).

La forma, e in alcuni casi il numero dei calcoli, sono più facilmente valutabili in radiografia, tuttavia l'ecografia può essere utilizzata per identificare gli uroliti e valutare i reni e gli ureteri per eventuali anomalie concomitanti (Fossum, 2007). Attraverso l'esame ecografico è infatti possibile visualizzare la dilatazione della pelvi renale (pielectasia), non visibile in radiografia, l'eventuale presenza di fluido nella regione perirenale e l'aumento di ecogenicità del grasso retroperitoneale. La pielectasia è spesso associata ad ostruzione uretrale ed è più facilmente visualizzabile attraverso una scansione trasversale del rene; il fluido all'interno della pelvi forma una regione anecogena a forma di cuore o mezzaluna (Griffin, 2020).

I coaguli di sangue e la presenza di sedimento vescicale sono altre alterazioni comunemente riscontrate nei gatti affetti da ostruzione uretrale. I coaguli di sangue appaiono come strutture iperecogene che si posizionano secondo gravità ma non formano cono d'ombra.

Il sedimento urinario, composto da detriti cellulari e matrice cristallina, presenta ecogenicità variabile in base alla sua composizione; tende anch'esso a depositarsi secondo gravità e può essere mosso mediante una agitazione delicata della sonda appoggiata sull'addome dell'animale. Il sedimento può creare cono d'ombra, ma l'entità di quest'ultimo è determinata dalla percentuale di contenuto minerale.

L'ecografia è di primaria importanza per la diagnosi di neoplasia a livello di basse vie urinarie. Le neoplasie vescicali appaiono come strutture di ecogenicità variabile che non formano cono d'ombra (Cole et al., 2021).

Inoltre l'esame ecografico consente di determinare quali e quanti strati della parete vescicale vengono coinvolti nel processo neoplastico, e soprattutto la localizzazione della massa. Infatti, se la neoplasia si trovasse in prossimità del trigono, la sua posizione limiterebbe di molto le possibilità di un'escissione chirurgica (O'Brien & Barr, 2012).

4.4.4 Esame delle urine

L'esame delle urine è uno step fondamentale per la valutazione completa del paziente.

Per quanto riguarda l'esame chimico è bene valutare il peso specifico delle urine e il loro pH. Un alto peso specifico evidenzia la possibilità che nelle urine siano contenuti precursori dei calcoli.

Un pH urinario inferiore a 7 rappresenta un campanello d'allarme per la formazione di calcoli di ossalato di calcio, di cistina e di purine. Al contrario i calcoli di struvite si formano tipicamente quando il pH delle urine è superiore a 7.

L'esame del sedimento può evidenziare la presenza di cristalli, oltre che di emazie e di eventuali batteri. La presenza di cristalluria non coincide sempre con la presenza di uroliti, ma è un fattore di rischio per la loro formazione. È bene ricordare anche che molti pazienti presentano calcoli senza evidente cristalluria.

L'esame batteriologico, ed eventualmente un antibiogramma in presenza di concomitanti calcoli risulta indicato perché spesso le infezioni del tratto urinario possono verificarsi secondariamente a urolitiasi o possono indurre la formazione di calcoli.

Nonostante questo, un esame batteriologico delle urine al momento della presentazione del paziente se non sono presenti calcoli non risulta indicato, questo perché l'ostruzione uretrale è scarsamente associata a cistiti batteriche (Drobatz et al., 2019).

4.5 Trattamento

Alleviare l'ostruzione e ristabilire la pervietà dell'uretra sono gli obiettivi del trattamento dell'ostruzione uretrale. Tuttavia, la prima cosa da effettuare è assicurare la stabilità emodinamica del paziente (Rieser, 2005).

4.5.1 Stabilizzazione del paziente e fluidoterapia

Come prima cosa è importante assicurarsi un accesso venoso, questo perché la somministrazione di fluidi risulta essere fondamentale per i pazienti affetti da ostruzione uretrale. Una volta posizionato l'accesso si può iniziare ad effettuare la fluidoterapia con cristalloidi. Viene spesso raccomandato l'utilizzo di cloruro di sodio allo 0,9% poiché non contiene potassio, tuttavia in uno studio che ha confrontato il trattamento con cloruro di sodio allo 0,9% e una soluzione polielettrolitica bilanciata (Normosol R), non è stata osservata alcuna differenza per quanto riguarda la riduzione del tasso di potassio sierico. Inoltre, nello stesso studio, è stata osservata una correzione dell'acidosi più rapida nei gatti trattati con soluzione polielettrolitica rispetto a quelli trattati con cloruro di sodio allo 0,9%. Questo evidenzia che l'utilizzo delle soluzioni elettrolitiche bilanciate è più indicato per la correzione dei disturbi acido-base nei gatti affetti da ostruzione uretrale (George & Grauer, 2016).

Lievi aumenti nella concentrazione del potassio sierico tornano nei range di riferimento mediante l'utilizzo della fluidoterapia dopo la risoluzione dell'ostruzione.

Tuttavia è necessaria una correzione mirata dell'iperkaliemia se questa risulta essere moderata o grave prima di sottoporre il paziente a sedazione o anestesia.

Gradi di iperkaliemia	Concentrazione sierica di potassio	Trattamento
Lieve	< 6 mEq/L	Fluidoterapia
Moderata	6-8 mEq/L	Somministrazione endovena di: - Destrosio (concentrazione finale al 10-20%) - Insulina (1U)
Severa	> 8 mEq/L	Gluconato di calcio (0,5-1 ml/kg endovena), in seguito somministrazione di destrosio e insulina endovena

Tabella 1. Diversi gradi di iperkaliemia nei gatti colpiti da ostruzione uretrale e relative opzioni terapeutiche. (George & Grauer, 2016)

Il gluconato di calcio è il trattamento di scelta per i casi di iperkaliemia severa e per le conseguenti alterazioni nella conduzione del tessuto cardiaco. Agisce aumentando il potenziale di membrana soglia delle cellule ristabilendo la normale differenza tra il potenziale di membrana a riposo e il potenziale soglia (Pachtinger & Brashear, 2020).

Anche il destrosio e l'insulina vengono utilizzati con lo scopo di stimolare l'ingresso del potassio nelle cellule attraverso l'azione delle pompe Na^+/K^+ ATPasi. L'insulina viene somministrata in combinazione con il destrosio per prevenire l'ipoglicemia (Pachtinger & Brashear, 2020).

4.5.2 Risoluzione dell'ostruzione uretrale

Una volta che il paziente è stato stabilizzato, lo step successivo da effettuare è il posizionamento di un catetere urinario per risolvere l'ostruzione uretrale.

Per prima cosa è necessario anestetizzare il paziente affinché rimanga immobile durante la procedura e per garantire il corretto rilassamento uretrale. Possono essere utilizzati diversi protocolli, i quali vengono scelti in base a diversi fattori, ad esempio la presentazione del paziente, la disponibilità di farmaci e l'esperienza dell'anestesista. Oltre ai sedativi e agli anestetici generali si può ricorrere all'anestesia epidurale, la quale risulta essere molto efficace per ridurre lo spasmo uretrale e per migliorare il comfort del paziente durante il posizionamento del catetere urinario e nelle ore successive alla procedura.

In seguito si effettua la rimozione del pelo dalla regione perineale e si effettua uno scrub chirurgico sulla cute del paziente. Effettuare la procedura in modo asettico utilizzando guanti sterili è essenziale per ridurre il rischio di infezioni iatrogene.

A questo punto il paziente è pronto per essere cateterizzato. Si estrude il pene del gatto e si inserisce un primo catetere rigido all'interno dell'uretra, il tutto delicatamente per evitare traumi uretrali.

Una volta che l'uretra ha riacquisito la sua pervietà viene effettuato un lavaggio con soluzione fisiologica sterile attraverso il catetere. Il lavaggio dell'uretra e della vescica può essere effettuato più volte, questo per avere la certezza di aver rimosso tutti i detriti.

Infine il catetere rigido viene rimosso e sostituito con un catetere morbido, il quale viene suturato sul prepuzio del paziente e collegato ad un sistema chiuso per la raccolta dell'urina (George & Grauer, 2016) (Pachtinger & Brashear, 2020).

4.5.3 Terapia post disostruzione

La terapia intensiva di supporto dopo la risoluzione dell'ostruzione è sempre indicata fino alla risoluzione delle alterazioni metaboliche. Solitamente l'animale viene ricoverato affinché mantenga il catetere, attraverso il quale si effettua il monitoraggio della diuresi post ostruttiva.

La diuresi post ostruttiva (POD) è definita come una produzione urinaria che supera i 2 mL/kg/h durante le sei ore successive alla risoluzione dell'ostruzione. Per monitorare questa condizione si deve effettuare una misurazione ravvicinata nel tempo dell'output urinario e una fluidoterapia endovenosa a una velocità tale da sostituire il volume di urina prodotto ogni ora, aggiungendo 20 ml/kg al giorno per sostituire anche le perdite insensibili.

Tipicamente dopo la risoluzione dell'azotemia si verifica una riduzione della produzione urinaria ed è raccomandato ridurre il rate di fluidi somministrati per via endovenosa ogni 6-12 ore. Se la produzione urinaria non si riduce, il rate di fluidi può essere riportato al suo valore iniziale e la riduzione può essere ritentata 24 ore dopo.

Durante il ricovero gli elettroliti dovrebbero essere monitorati almeno ogni 24 ore, e potrebbe rendersi necessaria la supplementazione di potassio per evitare di incorrere nell'ipokaliemia.

In tutti i pazienti è raccomandata la terapia del dolore per un periodo variabile dai 5 ai 7 giorni post disostruzione, comunemente si utilizzano gli analgesici oppioidi come ad esempio la buprenorfina. La somministrazione di antibiotici durante il ricovero non risulta invece indicata, a

meno che un esame batteriologico non dimostri la presenza di un'infezione delle vie urinarie (George & Grauer, 2016).

La durata della cateterizzazione permanente è controversa. Rimuovere il catetere troppo presto non consentirebbe la rimozione dalla vescica di tutti i detriti e degli eventuali cristalli e/o coaguli di sangue. Dall'altro lato, mantenere in sede il catetere causa irritazione e infiammazione delle basse vie urinarie. Quindi la durata della cateterizzazione dovrebbe basarsi sullo stato clinico del paziente piuttosto che su uno specifico intervallo di tempo.

Le linee guida suggeriscono di rimuovere il catetere una volta risolti gli squilibri elettrolitici e la POD e dopo un miglioramento nell'aspetto macroscopico delle urine.

La durata media della cateterizzazione risulta essere di circa 48 ore (George & Grauer, 2016).

Una volta che l'animale viene dimesso, l'ambiente in cui vive dovrebbe essere modificato per ridurre al minimo lo stress e per aumentare il più possibile il consumo di acqua.

Aumentare il numero di lettiere e aumentare la loro igiene è una delle raccomandazioni più frequentemente suggerite al proprietario, così come arricchire l'ambiente con dei tira graffi o con dei nascondigli, aumentare il tempo di gioco con il gatto e utilizzare dei diffusori contenenti dei feromoni felini. Per promuovere il consumo di acqua viene spesso consigliata una dieta a base di cibo umido (George & Grauer, 2016).

4.5.4 Opzioni chirurgiche

Nei casi in cui sono presenti calcoli, neoplasia e nei casi di ostruzione ricorrente può essere indicato un trattamento chirurgico. Gli interventi che vengono più frequentemente effettuati sono la *cistotomia* e l'*uretrostomia*.

Nei casi di ostruzione in cui le radiografie e/o l'ecografia mostrino evidenza di calcoli all'interno della vescica e/o dell'uretra è indicato il ricorso alla cistotomia. Se i calcoli sono localizzati all'interno dell'uretra, attraverso la retroidropulsione vengono prima risospinti all'interno della vescica, e successivamente possono essere rimossi attraverso la cistotomia. Viene effettuata un'incisione chirurgica sulla faccia ventrale della vescica, attraverso la quale i calcoli possono essere rimossi (Williams, 2009).

L'uretrostomia può essere indicata nei casi di ostruzione ricorrente come nel caso della FIC, o nei casi in cui il trattamento medico non può assicurare una risoluzione, quali ad esempio le stenosi uretrali, le neoplasie o l'urolitiasi distale. L'uretrostomia perineale viene più frequentemente effettuata nei gatti maschi, e consiste nella creazione di un'apertura permanente nell'uretra pelvica tramite l'anastomosi con la cute della zona perineale (Nye & Luther, 2018).

5. STUDIO CLINICO

5.1 Obiettivi dello studio

Lo scopo dello studio condotto è quello di confrontare due tecniche di diagnostica per immagini, la radiografia e l'ecografia, nelle ostruzioni uretrali del gatto al fine di evidenziare i pro e i contro per la valutazione delle alterazioni che possono instaurarsi in corso di tale patologia. Inoltre sono state messe in relazione le cause di ostruzione con i parametri ematici, i parametri urinari e l'età dei pazienti, al fine di evidenziare eventuali correlazioni. Le cause dell'ostruzione sono state distinte in "meccaniche" (urolitiasi, coaguli, plug uretrali, neoformazioni uretrali) e spasmo uretrale.

5.2 Materiali e metodi

5.2.1 Criteri di inclusione e raccolta dati

Sono stati inclusi nello studio gatti riferiti presso l’Ospedale Veterinario Universitario Didattico di Parma (OVUD) con sintomi riferibili ad ostruzione uretrale e con successiva diagnosi definitiva nel periodo compreso tra febbraio 2019 e settembre 2023.

I pazienti inclusi nello studio sono gatti di qualunque sesso, razza ed età. Per essere inclusi era necessario che venissero rispettati i seguenti criteri di inclusione:

- Sintomi in ingresso ed esami ematici
- Valutazione radiografica dell’addome in ingresso
- Diagnosi di ostruzione uretrale
- Valutazione ecografica dell’addome in ingresso e/o post disostruzione
- Esame delle urine

La ricerca è stata svolta in maniera retrospettiva selezionando i pazienti attraverso il software gestionale dell’Ospedale Veterinario Universitario Didattico di Parma, digitando le due parole chiave “ostruzione” e “uretrale”.

Attraverso la valutazione delle cartelle cliniche dei singoli pazienti sono stati esclusi dallo studio tutti quelli che non rispettavano a pieno i criteri di inclusione.

5.2.2 Interpretazione delle immagini radiografiche

Le immagini radiografiche sono state eseguite presso l’Ospedale Veterinario Universitario Didattico di Parma con apparecchio radiologico Multimage MaxiVet 400 HF.

Tutte le immagini radiografiche sono state rivalutate singolarmente.

I parametri radiografici che sono stati valutati sono:

- Presenza o assenza di globo vescicale
- Presenza o perdita del dettaglio perivescicale
- Presenza o perdita del dettaglio retroperitoneale
- Presenza o assenza di calcoli vescicali

- Presenza o assenza di calcoli uretrali
- Presenza o assenza di plug uretrali
- Presenza o assenza di anomalie uracali
- Presenza o assenza dell'*os penis*

È stato valutato come primo parametro la presenza o l'assenza del globo vescicale: se assente è stato attribuito un punteggio 0, se presente un punteggio 1.

La valutazione del dettaglio addominale perivescicale ha permesso di distinguere gli animali che presentavano questo parametro conservato, a cui è stato attribuito un punteggio 0, da quelli che presentavano una perdita del dettaglio perivescicale, ai quali è stato attribuito il punteggio 1.

La valutazione del dettaglio retroperitoneale ha permesso di distinguere gli animali che presentavano questo parametro conservato, a cui è stato attribuito un punteggio 0, da quelli che presentavano una perdita del dettaglio perirenale, ai quali è stato attribuito il punteggio 1.

Per quanto riguarda la presenza o l'assenza di calcoli vescicali, gli animali che non presentavano calcoli visibili in radiografia hanno ottenuto un punteggio pari a 0, gli animali che presentavano calcoli a livello vescicale hanno ottenuto un punteggio pari a 1.

Lo stesso è stato effettuato per la presenza/assenza di calcoli uretrali e per la presenza/assenza di plug uretrali.

Infine è stata valutata la presenza/assenza dell'*os penis* visibile radiograficamente, ai gatti che non presentavano questa struttura visibile radiograficamente è stato attribuito un punteggio di 0, a quelli in cui era evidenziabile la presenza dell'*os penis* radiograficamente è stato attribuito un punteggio di 1.

5.2.3 Interpretazione delle immagini ecografiche

Le immagini ecografiche sono state acquisite presso l'Ospedale Veterinario Universitario Didattico di Parma da operatori differenti, con 3 diversi ecografi: Esaote My Lab ClassC; Siemens Acuson Juniper; Philips Epiq Elite.

Le immagini ecografiche e i filmati ecografici sono stati tutti rivalutati singolarmente.

I parametri ecografici che sono stati valutati sono:

- Presenza o assenza di pericistite
- Presenza o assenza di sedimento vescicale
- Presenza o assenza di calcoli vescicali
- Presenza o assenza di calcoli uretrali
- Presenza o assenza di plug uretrali
- Presenza o assenza di versamento addominale
- Aumento o mantenimento del fisiologico spessore della parete vescicale
- Spessore della parete vescicale espresso in millimetri
- Presenza o assenza di pielectasia
- Aumento o conservazione dell'ecogenicità del grasso perirenale
- Presenza o assenza di versamento retroperitoneale
- Presenza o assenza di anomalie uracali
- Presenza o assenza dell'*os penis*

La pericistite è stata valutata con un punteggio 0 se assente, e un punteggio 1 se presente.

Il sedimento vescicale, i calcoli vescicali, i calcoli uretrali e i plug uretrali sono stati valutati come assenti, con punteggio 0, o presenti, con punteggio 1.

Il versamento addominale è stato valutato come assente, con punteggio 0, o presente, con punteggio 1.

Per quanto riguarda lo spessore della parete vescicale, se mantenuto ha ottenuto punteggio 0, se aumentato ha ottenuto punteggio 1. Inoltre, in caso di aumento, è stato valutato lo spessore della parete vescicale espresso in millimetri.

È stato assegnato un punteggio 0 se assente pielectasia, se presente un punteggio 1.

L'ecogenicità del grasso perirenale è stata valutata come normale, con punteggio 0, oppure come aumentata, con punteggio 1.

Il versamento retroperitoneale è stato valutato come assente, con punteggio 0, o presente, con punteggio 1.

Infine è stata valutata la presenza/assenza dell'*os penis* visibile ecograficamente, ai gatti che non presentavano questa struttura è stato attribuito un punteggio 0, e ai gatti che presentavano questa struttura è stato attribuito un punteggio di 1.

5.2.4 Valutazione delle alterazioni ematiche

Per quanto riguarda la valutazione degli esami ematici, sono stati valutati i seguenti parametri:

- pH ematico
- Lattati
- Creatinina
- Urea
- Fosforo
- Potassio

Per ogni parametro è stata valutata la normalità o la variazione rispetto ai valori fisiologici, questo per avere un quadro più dettagliato della gravità delle condizioni cliniche del paziente.

5.2.5 Valutazione degli esami delle urine

Per quanto riguarda la valutazione degli esami delle urine, sono state valutati i seguenti parametri:

- Leucociti
- Eritrociti
- Rapporto PU/CU
- Peso specifico
- pH urinario
- Glucosio

- Urocoltura

Per ogni parametro è stata valutata la normalità o la variazione rispetto ai valori fisiologici.

5.2.6 Valutazione delle cause di ostruzione

Infine sono state valutate le cause di ostruzione uretrale dei singoli pazienti.

Le cause di ostruzione sono state distinte in: spasmo e ostruzione da uroliti uretrali; plug uretrale; coagulo; neoformazione uretrale.

5.2.7 Analisi statistica

Per effettuare l'analisi statistica è stato utilizzato il software statistico SPSS (SPSS v.27 for Windows, SPSS, Inc., Chicago, IL).

Il grado di accordo tra le due metodiche diagnostiche (esame radiografico ed ecografico) per la valutazione degli uroliti vescicali e uretrali è stato calcolato mediante il test del *Kappa di Cohen*.

L'interpretazione dei valori di Kappa è stata eseguita sulla base delle seguenti linee-guida:

- valori di k inferiori a 0,00 = concordanza scarsa;
- valori di k compresi tra 0,0 e 0,20 = concordanza lieve;
- valori di k compresi tra 0,21 e 0,40 = concordanza discreta;
- valori di k compresi tra 0,41 e 0,60 = concordanza moderata;
- valori di k compresi tra 0,61 e 0,80 = concordanza sostanziale;
- valori di k compresi tra 0,81 e 1,0 = concordanza praticamente perfetta.

I dati continui (valori ematici e delle urine, spessore della parete vescicale, età in mesi) non sono risultati distribuiti normalmente mediante il test di Shapiro-Wilk e pertanto sono stati confrontati in base alla causa dell'ostruzione (meccanica vs spasmo) mediante il *Test U di Mann-Whitney* a campioni indipendenti (test non parametrico).

I reperti ecografici e radiografici categorici (presenza/assenza) sono stati confrontati con la causa dell'ostruzione (meccanica vs spasmo) mediante il test esatto di Fisher.

Valori di $p < 0.05$ sono stati considerati significativi.

5.3 Risultati

Dalla ricerca iniziale è stato possibile ottenere un campione di 51 gatti. Diciannove sono stati esclusi dallo studio perché non rispettavano a pieno i criteri di inclusione.

Lo studio è quindi stato condotto su una popolazione di 32 gatti, di cui 30 maschi (26 castrati e 4 interi) e 2 femmine (1 sterilizzata e 1 intera).

L'età media dei pazienti analizzati è di 60,4 mesi (minimo 15, massimo 196).

I soggetti analizzati appartengono alle seguenti razze feline: Europeo (27); Norvegese delle foreste (2); Bengala (1); British shorthair (1); Maine coon (1).

5.3.1 Risultati dell'interpretazione delle immagini radiografiche

Attraverso la valutazione delle immagini radiografiche è risultato che, su un totale di 32 gatti, tutti presentavano globo vescicale.

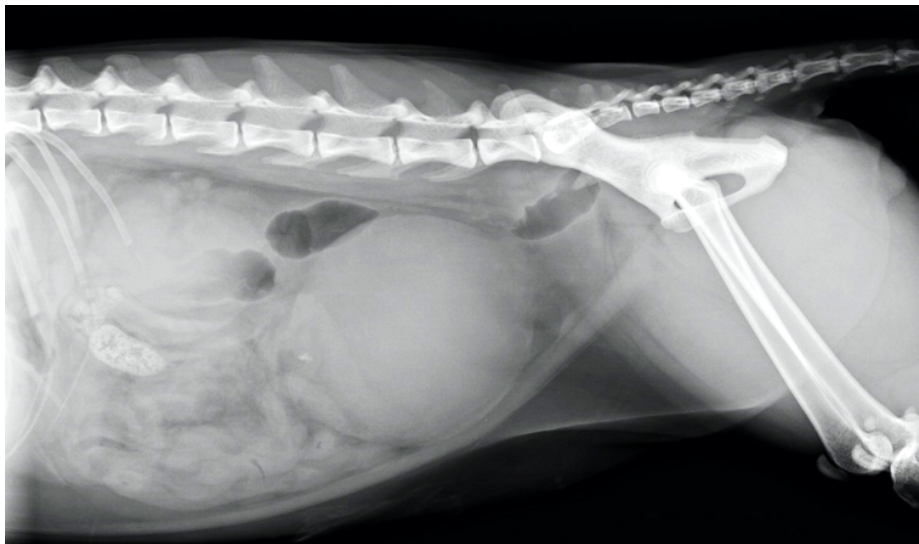


Figura 19. Esempio di globo vescicale visibile radiograficamente. (Ospedale Veterinario Universitario Didattico di Parma)

Il dettaglio radiografico perivescicale è risultato ridotto in 24 gatti e normale nei restanti 8. Il dettaglio retroperitoneale è risultato normale in 17 gatti e ridotto nei restanti 15.

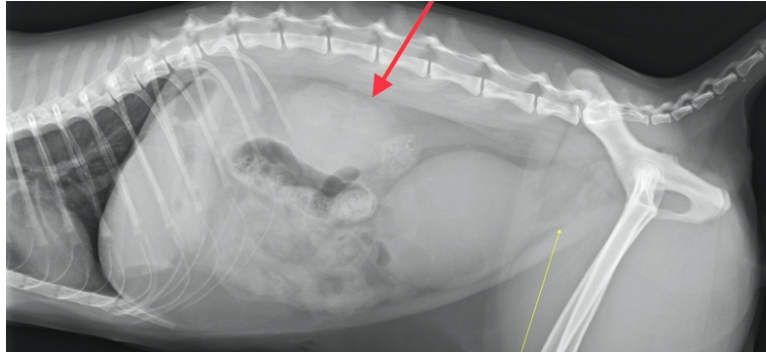


Figura 20. Esempio di perdita di dettaglio radiografico perivesicale (freccia gialla) e retroperitoneale (freccia rossa). (Ospedale Veterinario Universitario Didattico di Parma).

La presenza di plug uretrali è stata osservata in 7 gatti; la presenza di calcoli vescicali è stata osservata in 5 gatti e la presenza di calcoli uretrali è stata osservata in 2 gatti.

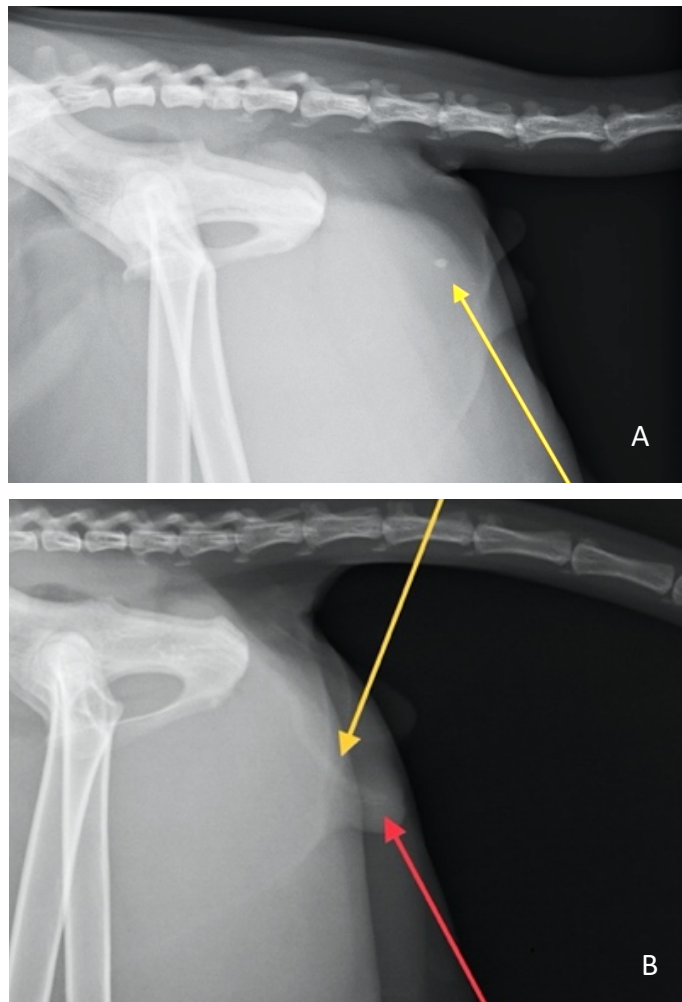


Figura 21. A) Particolare di una radiografia in cui è ben visibile un calcolo (freccia gialla) all'interno dell'uretra. B) Particolare di una radiografia in cui è visibile un plug (freccia gialla) all'interno del lume uretrale e l'os penis (freccia rossa). (Ospedale Veterinario Universitario Didattico di Parma).

In 3 gatti è stata osservata la presenza di anomalie uracali, nei restanti 29 è risultato assente.

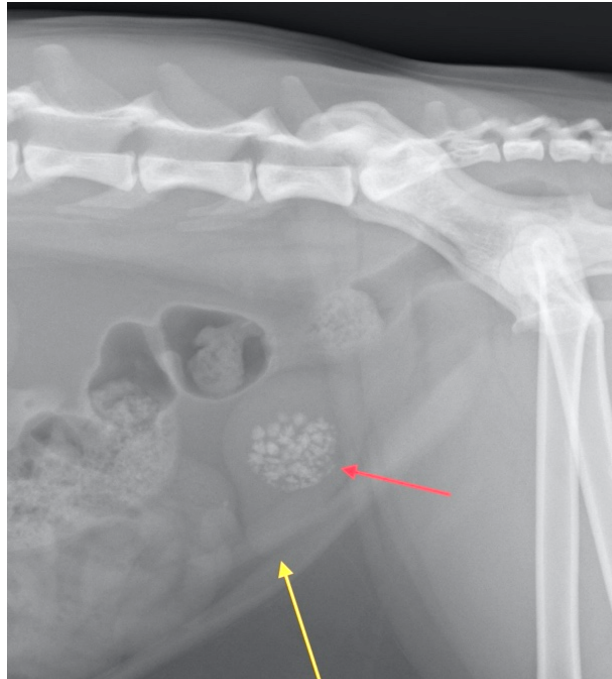


Figura 22. Esempio di diverticolo uracale (freccia gialla) visibile radiograficamente e calcoli vescicali (freccia rossa). (Ospedale Veterinario Universitario Didattico di Parma)

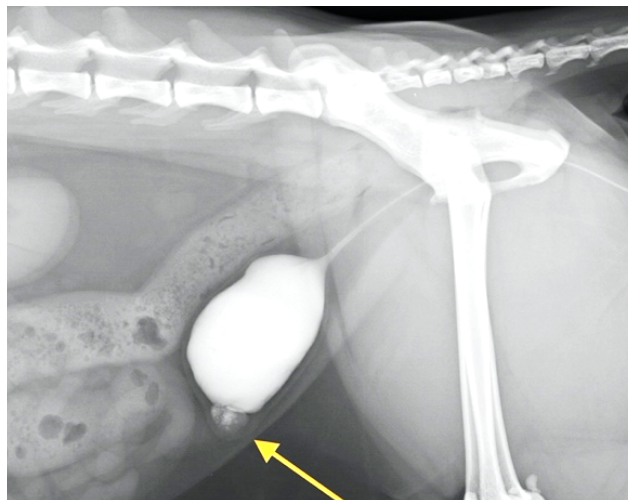


Figura 23. Esempio di diverticolo uracale (freccia gialla) visibile mediante cistografia ascendente con mezzo di contrasto positivo. (Ospedale Veterinario Universitario Didattico di Parma)

Per quanto riguarda la valutazione della presenza dell'*os penis*, sono stati valutati solo i pazienti di sesso maschile, quindi, su un totale di 30 gatti la struttura è stata osservata in 9 di questi.

5.3.2 Risultati dell'interpretazione delle immagini ecografiche

Attraverso la valutazione delle immagini ecografiche è risultato che, su un totale di 32 gatti, 28 presentavano pericistite, i restanti 4 presentavano ecogenicità del grasso perivescicale normale. Il sedimento vescicale è stato osservato in 27 gatti, nei restanti 5 l'urina è risultata ecograficamente normale. In 14 animali è stata osservato del versamento perivescicale. La presenza di plug uretrali è stata osservata in 7 gatti; la presenza di calcoli vescicali è stata osservata in 5 gatti e la presenza di calcoli uretrali è stata osservata in 3 gatti.

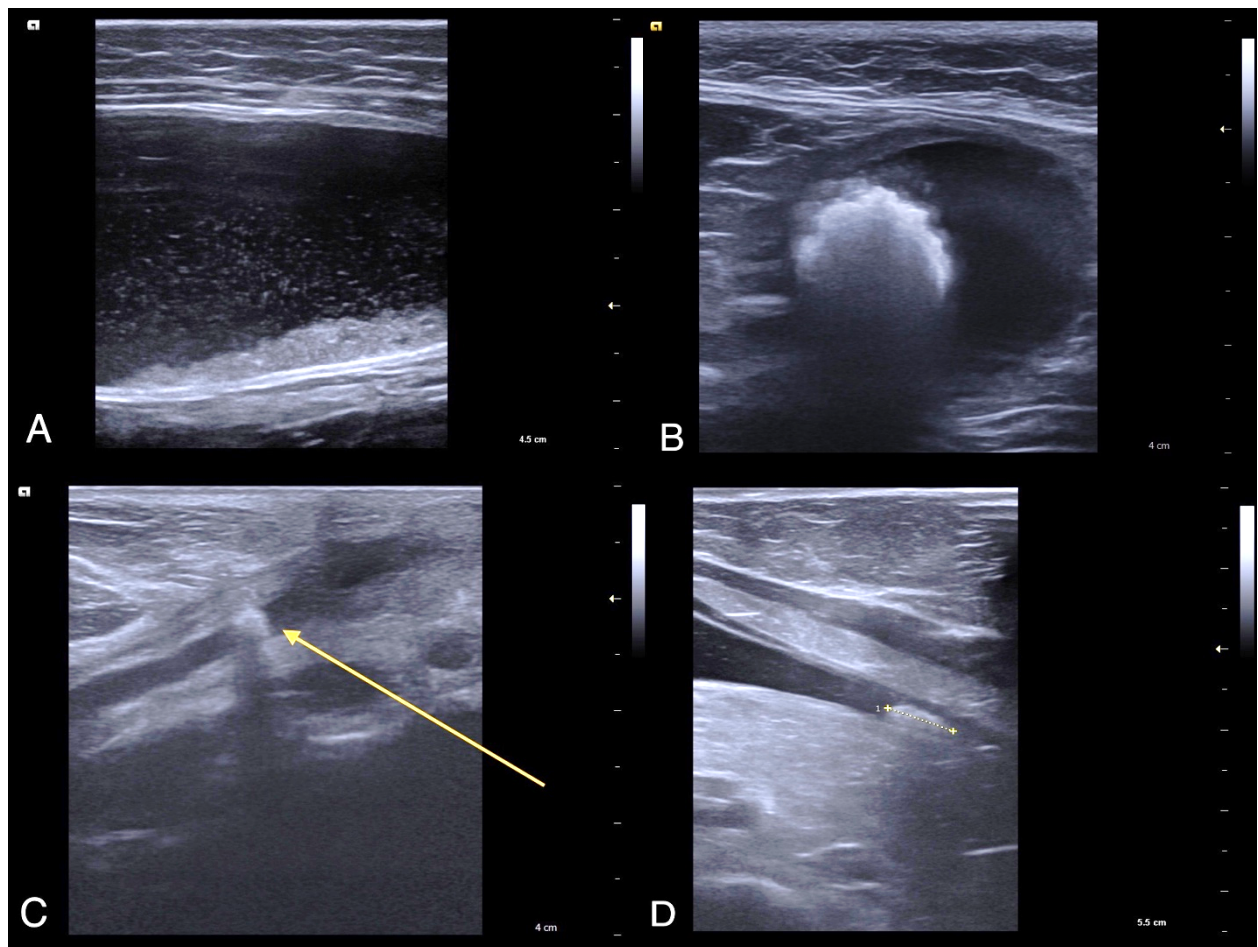


Figura 24. Esempi di reperti ecografici. A) sedimento vescicale: materiale ecogeno all'interno del lume vescicale che si deposita secondo gravità. B) calcoli vescicali: strutture iperecogene all'interno del lume vescicale che formano cono d'ombra. C) calcolo uretrale (freccia gialla): struttura rotondeggiante iperecogena all'interno del lume uretrale che forma cono d'ombra. D) plug uretrale: struttura tubulare iperecogena all'interno del lume uretrale che non forma cono d'ombra. (Ospedale Veterinario Universitario Didattico di Parma).

Lo spessore della parete vescicale è risultato essere aumentato in 20 gatti e normale nei restanti 12.

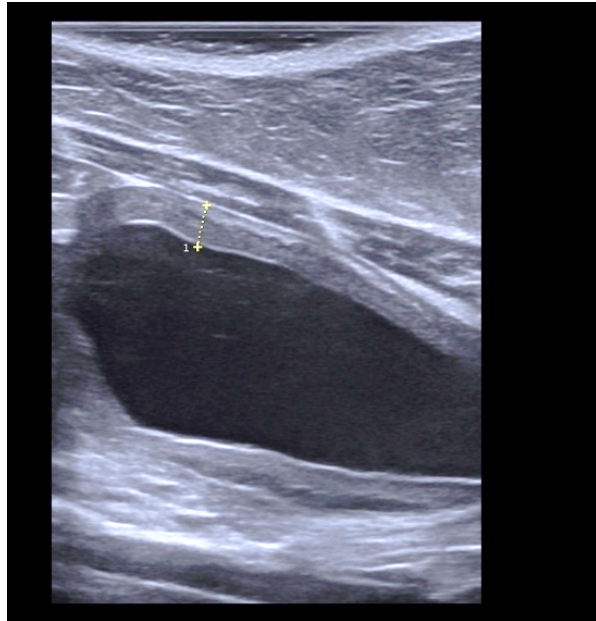


Figura 25. Esempio di immagine ecografica in cui è visibile un aumento dello spessore della parete vescicale. (Ospedale Veterinario Universitario Didattico di Parma)

Nei 20 gatti in cui questo parametro è risultato aumentato, lo spessore medio della parete vescicale è risultato essere 4,82 mm (minimo 2 mm e massimo 9 mm).

L'ecogenicità del grasso perirenale è risultata aumentata in 18 gatti e normale nei restanti 14. La presenza di pielectasia è risultata assente in 20 gatti e presente nei restanti 12. Il versamento retroperitoneale è risultato assente in 29 gatti e presente in 3.

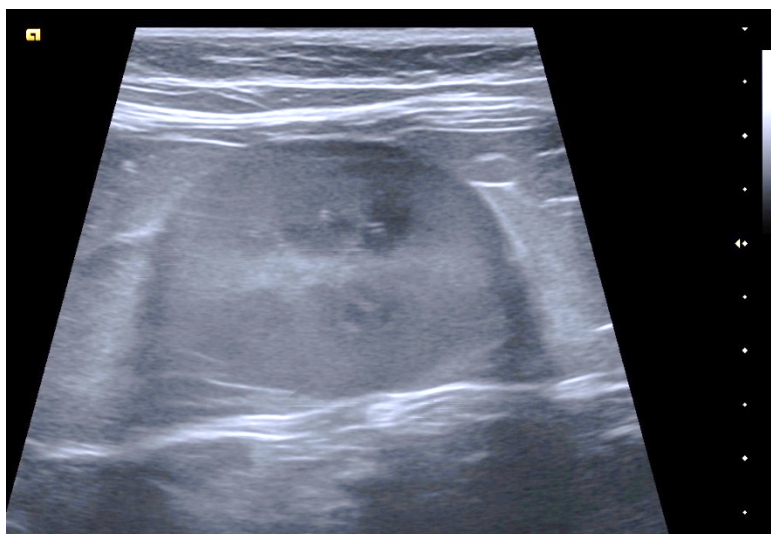


Figura 26. Esempio di ecogenicità del grasso perirenale aumentata. (Ospedale Veterinario Universitario Didattico di Parma)

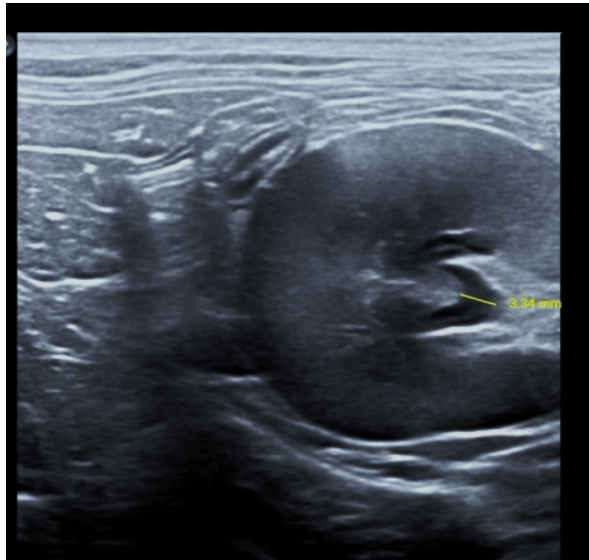


Figura 27. Esempio di immagine ecografica in cui è visibile pielectasia (linea gialla). (Ospedale Veterinario Universitario Didattico di Parma).

In 5 gatti è stata osservata la presenza del diverticolo uracale, nei restanti 27 è risultato assente.

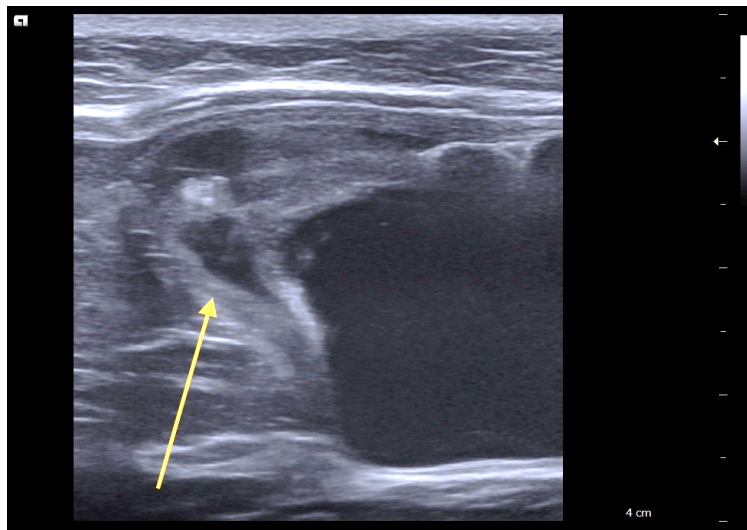


Figura 28. Esempio di diverticolo uracale visibile ecograficamente (freccia gialla). (Ospedale Veterinario Universitario Didattico di Parma)

Per quanto riguarda la presenza dell'*os penis* sono stati valutati solo i pazienti di sesso maschile (30). Tuttavia, la valutazione degli esami ecografici ha evidenziato che 22 gatti non sono stati sottoposti ad esame ecografico del pene per valutare la presenza di questa struttura. È quindi stato possibile osservarla negli 8 gatti maschi in cui è stata eseguita questa scansione aggiuntiva.

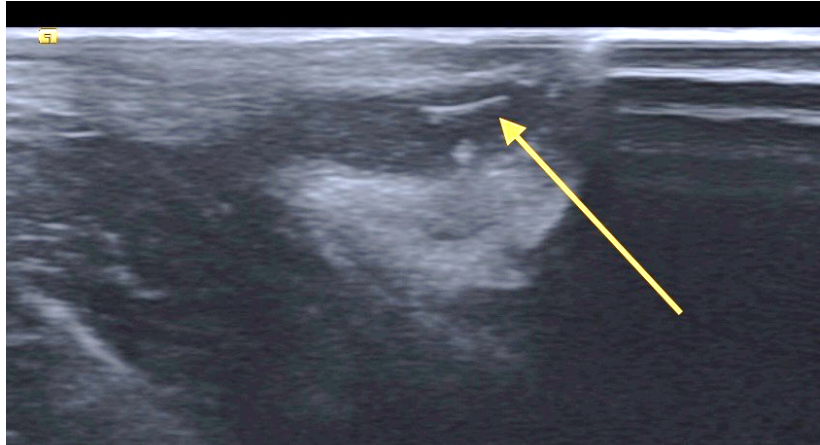


Figura 29. Esempio di os penis (freccia gialla) osservabile ecograficamente, esso appare come una struttura lineare ecogena di circa 4 mm visibile scansionando la punta del pene dell'animale. (Ospedale Veterinario Universitario Didattico di Parma)

5.3.3 Risultati della valutazione degli esami ematici e degli esami delle urine

La valutazione degli esami ematici ha messo in evidenza che in tutti i pazienti è stato eseguito un esame emogasanalitico in ingresso. Quattordici gatti presentavano acidosi metabolica, i restanti 18 invece presentavano valori di pH ematico all'interno dei range fisiologici.

In 10 gatti si è evidenziata iperlattatemia, nei restanti 22 invece i valori dei lattati ematici sono risultati essere all'interno dei range fisiologici. In 7 gatti è stata riscontrata iperkaliemia, in 4 gatti è stata riscontrata una lieve ipokaliemia e nei restanti 21 i valori di potassio sierico sono risultati essere all'interno dei valori fisiologici.

La valutazione della creatinina sierica è stata eseguita in tutti i pazienti in ingresso, mettendo in evidenza il fatto che 10 gatti si sono presentati in visita con una creatinina all'interno dei range fisiologici, 1 solo gatto presentava la creatinina al di sotto dei valori fisiologici e i restanti 21 gatti presentavano valori di creatinina al di sopra dei valori fisiologici.

L'esecuzione di un profilo biochimico completo in ingresso è stata effettuata in 28 pazienti. Tra i gatti in cui è stato eseguito questo esame, 19 presentavano valori di urea aumentati, i restanti 9 presentavano valori di urea normali. La valutazione del fosforo sierico ha messo in evidenza che 9 gatti presentavano valori aumentati, i restanti 19 presentavano valori all'interno dei range fisiologici.

La valutazione degli esami delle urine ha messo in evidenza che 6 gatti non sono stati sottoposti a esame delle urine. Sul totale di 26 gatti sottoposti a questo esame, in 25 gatti è stata riscontrata

la presenza di eritrociti all'interno delle urine e in 1 solo gatto sono risultati non presenti. In 17 gatti è stata riscontrata la presenza di leucociti all'interno delle urine, mentre nei restanti 9 sono risultati assenti. Nove gatti presentavano un peso specifico urinario normale, i restanti 15 presentavano un peso specifico inferiore ai valori fisiologici. In 3 gatti è stata riscontrata la presenza di glucosio all'interno dell'urina, nei restanti 23 è risultato assente. Per quanto riguarda la valutazione del pH urinario, 2 gatti presentavano valori di pH al di sopra dei valori fisiologici, mentre gli altri 24 presentavano valori di pH all'interno dei range.

In 19 gatti è stato valutato il rapporto PU/CU; 14 sono risultati proteinurici, 3 sono risultati non proteinurici e i restanti 2 presentavano un rapporto PU/CU definito "borderline" (compreso tra 0,2 e 0,4).

In 14 gatti è stata effettuata l'urocoltura; 12 campioni sono risultati negativi, 1 è risultato positivo per *Escherichia coli* e 1 è risultato positivo per *Klebsiella pneumoniae*.

5.3.4 Risultati della valutazione della causa di ostruzione

Per quanto riguarda la valutazione della causa di ostruzione uretrale, in 15 gatti la causa è stata identificata come spasmo uretrale; in 17 gatti la causa è stata identificata come ostruzione meccanica, più precisamente in 10 gatti è stata identificata la presenza di plug uretrale ostruente, in 4 gatti è stata identificata la presenza di urolita uretrale ostruente, in 2 gatti la causa di ostruzione è stata attribuita alla presenza di un coagulo e infine 1 solo gatto ha presentato una neoformazione uretrale che è risultata essere causa di ostruzione.

5.3.5 Risultati statistici

La concordanza tra la valutazione radiografica ed ecografica dei calcoli vescicali è stata valutata con il test Kappa di Cohen e ha messo in evidenza la presenza di una concordanza quasi perfetta ($k = 0,87$). (Tabelle 2 e 3)

		calcolivescicalirx		Totale	
		no	sì		
calcolivescicalieco	no	Conteggio	27	0	27
		% in calcolivescicalieco	100,0%	0,0%	100,0%
		% in calcolivescicalirx	96,4%	0,0%	84,4%
	sì	Conteggio	1	4	5
		% in calcolivescicalieco	20,0%	80,0%	100,0%
		% in calcolivescicalirx	3,6%	100,0%	15,6%
Totale		Conteggio	28	4	32
		% in calcolivescicalieco	87,5%	12,5%	100,0%
		% in calcolivescicalirx	100,0%	100,0%	100,0%

Tabella 2. Tavola di contingenza calcoli vescicali visibili ecograficamente e calcoli vescicali visibili radiograficamente.

		Valore	Errore standard asintotico ^a	T approssimato ^b	Significatività approssimata
Misura di accordo	Kappa	,871	,126	4,968	<,001
N di casi validi		32			

a. Non viene assunta l'ipotesi nulla.

b. Viene utilizzato l'errore standard asintotico presumendo l'ipotesi nulla.

Tabella 3. Kappa di Cohen

La concordanza tra la valutazione radiografica ed ecografica dei calcoli uretrali è stata valutata con il test Kappa di Cohen e ha messo in evidenza la presenza di una concordanza sostanziale ($k = 0,78$). (Tabelle 4 e 5)

		calcoliuretraliRX		Totale	
		no	sì		
calcoliuretraliECO	no	Conteggio	29	0	29
		% in calcoliuretraliECO	100,0%	0,0%	100,0%
		% in calcoliuretraliRX	96,7%	0,0%	90,6%
	sì	Conteggio	1	2	3
		% in calcoliuretraliECO	33,3%	66,7%	100,0%
		% in calcoliuretraliRX	3,3%	100,0%	9,4%
Totale		Conteggio	30	2	32
		% in calcoliuretraliECO	93,8%	6,3%	100,0%
		% in calcoliuretraliRX	100,0%	100,0%	100,0%

Tabella 4. Tavola di contingenza calcoli uretrali visibili ecograficamente e calcoli uretrali visibili radiograficamente.

		Valore	Errore standard asintotico ^a	T approssimato ^b	Significatività approssimata
Misura di accordo	Kappa	,784	,208	4,541	<,001
N di casi validi		32			

a. Non viene assunta l'ipotesi nulla.

b. Viene utilizzato l'errore standard asintotico presumendo l'ipotesi nulla.

Tabella 5. Kappa di Cohen.

La concordanza della valutazione radiografica ed ecografica della pericistite (presenza di fluido perivescicale) è stata valutata con il test Kappa di Cohen e ha messo in evidenza la presenza di concordanza discreta ($k = 0,21$). (Tabelle 6 e 7)

Conteggio

		pericistiteECO		Totale
		no	si	
pericistiteRX	no	2	6	8
	si	2	22	24
Totale		4	28	32

Tabella 6. Tavola di contingenza pericistite visibile ecograficamente e pericistite visibile radiograficamente.

		Valore	Errore standard asintotico ^a	T approssimato ^b	Significatività approssimata
Misura di accordo	Kappa	,210	,190	1,234	,217
N di casi validi		32			

a. Non viene assunta l'ipotesi nulla.

b. Viene utilizzato l'errore standard asintotico presumendo l'ipotesi nulla.

Tabella 7. Kappa di Cohen.

La concordanza della valutazione radiografica ed ecografica della retroperitonite è stata valutata con il test Kappa di Cohen e ha messo in evidenza la presenza di concordanza lieve ($k = 0,05$). (Tabelle 8 e 9)

Conteggio

		retroperitoniteECO		Totale
		si	no	
retroperitoniteRX	si	10	7	17
	no	8	7	15
Totale		18	14	32

Tabella 8. Tavola di contingenza retroperitonite visibile ecograficamente e retroperitonite visibile radiograficamente.

		Valore	Errore standard asintotico ^a	T approssimato ^b	Significatività approssimata
Misura di accordo	Kappa	,055	,176	,312	,755
N di casi validi		32			

a. Non viene assunta l'ipotesi nulla.

b. Viene utilizzato l'errore standard asintotico presumendo l'ipotesi nulla.

Tabella 9. Kappa di Cohen.

Il confronto tra la i parametri ematici e la causa di ostruzione (meccanica vs spasmo) è stato effettuato con il *Test U di Mann-Whitney*, test non parametrico perché i dati non sono distribuiti normalmente. Nessun risultato è significativo. (Tabelle 10, 11 e 12)

Riepilogo test sull'ipotesi

	Ipotesi nulla	Test	Sig. ^{a,b}	Decisione
1	La distribuzione di PH_sangue è la stessa sulle categorie di Causa_ostruzione.	Test U di Mann-Whitney a campioni indipendenti	,230 ^c	Mantenere l'ipotesi nulla
2	La distribuzione di lattati_sangue è la stessa sulle categorie di Causa_ostruzione.	Test U di Mann-Whitney a campioni indipendenti	,682 ^c	Mantenere l'ipotesi nulla
3	La distribuzione di creatinina è la stessa sulle categorie di Causa_ostruzione.	Test U di Mann-Whitney a campioni indipendenti	,970 ^c	Mantenere l'ipotesi nulla
4	La distribuzione di potassio è la stessa sulle categorie di Causa_ostruzione.	Test U di Mann-Whitney a campioni indipendenti	,710 ^c	Mantenere l'ipotesi nulla

a. Il livello di significatività è ,050.

b. Viene visualizzata la significatività asintotica.

c. Per questo test viene visualizzata la significatività esatta.

Tabella 10. Test U di Mann-Whitney per i parametri pH sanguigno, lattati ematici, creatinina sierica, potassio sierico.

Riepilogo test sull'ipotesi

	Ipotesi nulla	Test	Sig. ^{a,b}	Decisione
1	La distribuzione di urea è la stessa sulle categorie di causa_ostruzione.	Test U di Mann-Whitney a campioni indipendenti	,525 ^c	Mantenere l'ipotesi nulla

- a. Il livello di significatività è ,050.
- b. Viene visualizzata la significatività asintotica.
- c. Per questo test viene visualizzata la significatività esatta.

Tabella 11. Test U di Mann-Whitney per il parametro urea ematica.

Riepilogo test sull'ipotesi

	Ipotesi nulla	Test	Sig. ^{a,b}	Decisione
1	La distribuzione di fosforo è la stessa sulle categorie di causa_ostruzione.	Test U di Mann-Whitney a campioni indipendenti	,667 ^c	Mantenere l'ipotesi nulla

- a. Il livello di significatività è ,050.
- b. Viene visualizzata la significatività asintotica.
- c. Per questo test viene visualizzata la significatività esatta.

Tabella 12. Test U di Mann-Whitney per il parametro fosforo ematico.

Il confronto tra la causa di ostruzione e il versamento perivescicale non è risultato significativo. (Tabelle 13 e 14)

Ranghi

	Causa_ostruzione	N	Rango della media	Somma dei ranghi
versamento_perivescicale	ostruzione meccanica	17	16,09	273,50
	Spasmo	15	16,97	254,50
	Totale	32		

Tabella 13. Confronto tra versamento perivescicale e causa di ostruzione

Statistiche del test^a

versamento_perive scicale	
U di Mann-Whitney	120,500
W di Wilcoxon	273,500
Z	-,307
Sign. asint. (a due code)	,758
Sign. esatta [2*(sig. a una coda)]	,794 ^b

a. Variabile di raggruppamento: Causa_ostruzione

b. Non corretto per le correlazioni.

Tabella 14. Valutazione della correlazione tra la causa di ostruzione e il versamento perivescicale.

Il confronto tra l'aumento dello spessore della parete vescicale e la causa di ostruzione non è risultato significativo. (Tabelle 15 e 16)

Conteggio

		causa_ostruzione_7		Totale
		meccanica	Spasmo	
aumento_spessore_vescica	no	6	6	12
	sì	11	9	20
Totale		17	15	32

Tabella 15. Tavola di contingenza aumento spessore vescicale e causa di ostruzione

Test del chi-quadrato

	Valore	df	Significatività asintotica (bilaterale)	Sign. esatta (bilaterale)	Sign. esatta (unilaterale)
Chi-quadrato di Pearson	,075 ^a	1	,784		
Correzione di continuità ^b	,000	1	1,000		
Rapporto di verosimiglianza	,075	1	,784		
Test esatto di Fisher				1,000	,536
Associazione lineare per lineare	,073	1	,787		
N di casi validi	32				

a. 0 celle (0,0%) hanno un conteggio previsto inferiore a 5. Il conteggio previsto minimo è 5,63.

b. Calcolato solo per una tabella 2x2

Tabella 16. Test del chi-quadrato

Il confronto tra lo spessore della parete vescicale espresso in millimetri e la causa di ostruzione non è risultato significativo. (Tabelle 17, 18 e 19)

Statistiche descrittive

	N	Medio	Deviazione std.	Minimo	Massimo
spessore_vescica	24	4,5042	1,93559	1,20	9,00
causa_ostruzione	24	,5000	,51075	,00	1,00

Tabella 17. Statistiche descrittive dei parametri spessore parete vescicale e causa di ostruzione.

Statistiche gruppo

	causa_ostruzione	N	Media	Deviazione std.	Errore standard della media
spessore_vescica	meccanica	12	4,7250	2,12266	,61276
	Spasmo	12	4,2833	1,79486	,51813

Tabella 18. Statistiche descrittive mettono in evidenza i pazienti con causa di ostruzione meccanica e con FIC, con il calcolo della media, della deviazione standard ed errore standard della media.

Statistiche del test^a

	spessore_vescica
U di Mann-Whitney	70,000
W di Wilcoxon	148,000
Z	-,116
Sign. asint. (a due code)	,908
Sign. esatta [2*(sig. a una coda)]	,932 ^b

- a. Variabile di raggruppamento: causa_ostruzione
 b. Non corretto per le correlazioni.

Tabella 19. Valutazione della correlazione tra lo spessore della parete vescicale e la causa di ostruzione.

Il confronto tra i leucociti presenti nelle urine e la causa di ostruzione non è risultato significativo. (Tabella 20)

Statistiche gruppo

	causa ostruz1	N	Media	Deviazione std.	Errore standard della media
leucociti_urine	meccanica	13	61,5385	135,25261	37,51233
	Spasmo	13	176,9231	225,79986	62,62561

Riepilogo test sull'ipotesi

	Ipotesi nulla	Test	Sig. ^{a,b}	Decisione
1	La distribuzione di leucociti_urine è la stessa sulle categorie di causa_ostruz1.	Test U di Mann-Whitney a campioni indipendenti	,153 ^c	Mantenere l'ipotesi nulla

- a. Il livello di significatività è ,050.
- b. Viene visualizzata la significatività asintotica.
- c. Per questo test viene visualizzata la significatività esatta.

Tabella 20. Test U di Mann-Whitney per il parametro leucociti urinari.

Il confronto tra gli eritrociti presenti nelle urine e la causa di ostruzione non è risultato significativo. (Tabella 21)

Statistiche gruppo

	causa ostruz3	N	Media	Deviazione std.	Errore standard della media
eritrociti_urine	meccanica	13	182,6923	105,44776	29,24595
	Spasmo	13	169,2308	107,11843	29,70931

Riepilogo test sull'ipotesi

	Ipotesi nulla	Test	Sig. ^{a,b}	Decisione
1	La distribuzione di eritrociti_urine è la stessa sulle categorie di causa_ostruz3.	Test U di Mann-Whitney a campioni indipendenti	,920 ^c	Mantenere l'ipotesi nulla

- a. Il livello di significatività è ,050.
- b. Viene visualizzata la significatività asintotica.
- c. Per questo test viene visualizzata la significatività esatta.

Tabella 21. Test U di Mann-Whitney per il parametro eritrociti urinari.

Il confronto tra il rapporto PU/CU e la causa di ostruzione non è risultato significativo. (Tabella 22)

Statistiche gruppo					
	causa_ostr4	N	Media	Deviazione std.	Errore standard della media
PU_CU	meccanica	9	2,7644	2,38993	,79664
	Spasmo	10	2,2490	4,21298	1,33226

Riepilogo test sull'ipotesi					
	Ipotesi nulla	Test	Sig. ^{a,b}	Decisione	
1	La distribuzione di PU_CU è la stessa sulle categorie di causa_ostr4.	Test U di Mann-Whitney a campioni indipendenti	,182 ^c	Mantenere	l'ipotesi nulla

- a. Il livello di significatività è ,050.
- b. Viene visualizzata la significatività asintotica.
- c. Per questo test viene visualizzata la significatività esatta.

Tabella 22. Test U di Mann-Whitney per il parametro rapporto PU/CU.

Il confronto tra il peso specifico urinario e la causa di ostruzione non è risultato significativo. (Tabella 23)

Statistiche gruppo					
	causa_ostruz5	N	Media	Deviazione std.	Errore standard della media
peso_specifico_urine	meccanica	13	1029,5385	12,01815	3,33323
	Spasmo	13	1028,6154	10,07917	2,79546

Riepilogo test sull'ipotesi					
	Ipotesi nulla	Test	Sig. ^{a,b}	Decisione	
1	La distribuzione di peso_specifico_urine è la stessa sulle categorie di causa_ostruz5.	Test U di Mann-Whitney a campioni indipendenti	,801 ^c	Mantenere	l'ipotesi nulla

- a. Il livello di significatività è ,050.
- b. Viene visualizzata la significatività asintotica.
- c. Per questo test viene visualizzata la significatività esatta.

Tabella 23. Test U di Mann-Whitney per il parametro peso specifico urinario.

Il confronto tra il pH urinario e la causa di ostruzione non è risultato significativo. (Tabella 24)

Statistiche gruppo

	causa_ostruz6	N	Media	Deviazione std.	Errore standard della media
ph_urine	,00	13	6,8077	,72280	,20047
	1,00	13	6,8077	,56045	,15544

Riepilogo test sull'ipotesi

	Ipotesi nulla	Test	Sig. ^{a,b}	Decisione
1	La distribuzione di ph_urine è la stessa sulle categorie di causa_ostruz6.	Test U di Mann-Whitney a campioni indipendenti	,448 ^c	Mantenere l'ipotesi nulla

a. Il livello di significatività è ,050.

b. Viene visualizzata la significatività asintotica.

c. Per questo test viene visualizzata la significatività esatta.

Tabella 24. Test U di Mann-Whitney per il parametro pH urinario.

Il confronto tra l'età e la causa di ostruzione non è risultato significativo. (Tabelle 25 e 26)

Ranghi

	Causa_ostruzione	N	Rango della media	Somma dei ranghi
mesi_di_eta	ostruzione meccanica	17	16,76	285,00
	Spasmo	15	16,20	243,00
	Totale	32		

Tabella 25. Ranghi

Statistiche del test^a

	mesi_di_eta
U di Mann-Whitney	123,000
W di Wilcoxon	243,000
Z	-,170
Sign. asint. (a due code)	,865
Sign. esatta [2*(sig. a una coda)]	,882 ^b

a. Variabile di raggruppamento: Causa_ostruzione

b. Non corretto per le correlazioni.

Tabella 26. Valutazione della correlazione tra i mesi di età e la causa di ostruzione

5.4 Discussione

La valutazione delle immagini radiografiche ha permesso di valutare 7 parametri: globo vescicale, calcoli vescicali, calcoli uretrali, plug uretrali, dettaglio perivescicale, dettaglio retroperitoneale e *os penis*. La valutazione delle immagini ecografiche ha permesso di valutare 11 parametri: sedimento vescicale, calcoli vescicali, calcoli uretrali, plug uretrali, pericistite, versamento perivescicale, aumento dello spessore della parete vescicale, spessore della parete vescicale, pielectasia, retroperitonite, versamento retroperitoneale. Questo evidenzia il fatto che l'ecografia consente di valutare parametri aggiuntivi rispetto alla radiografia.

Dall'analisi statistica emerge una concordanza quasi perfetta tra l'esame radiografico ed ecografico nella valutazione dei calcoli vescicali; una concordanza sostanziale nella valutazione dei calcoli uretrali e una nulla o scarsa concordanza nella valutazione della retroperitonite e della pericistite.

L'aspetto radiografico più significativo osservato nei gatti affetti da ostruzione uretrale è la presenza di globo vescicale, con un'incidenza del 100%, seguito dalla perdita di dettaglio nella zona perivescicale, con incidenza del 75% e dalla perdita di dettaglio nel retroperitoneo, con incidenza del 46,9%.

Gli aspetti ecografici osservati più frequentemente in corso di ostruzione uretrale sono risultati essere la pericistite (87,5%), la presenza di sedimento vescicale (84,4%), l'aumento di spessore della parete vescicale (62,5%) e la presenza di retroperitonite (56,3%).

I parametri ematici e urinari che sono stati valutati sono risultati utili per avere un quadro più dettagliato delle condizioni cliniche del paziente. Questi parametri sono stati messi in relazione con le cause di ostruzione (meccanica e spasmo) e non è risultata alcuna differenza sostanziale. Inoltre, l'esame delle urine non è stato effettuato in tutti i pazienti e non tutti i pazienti sono stati sottoposti agli stessi esami ematici, per questo motivo non è stato possibile effettuare una valutazione di questi parametri uguale per tutti i pazienti.

Le cause di ostruzione sono state messe in relazione anche con l'età dei pazienti e con i reperti radiografici ed ecografici e da questa non è risultata alcuna differenza sostanziale.

La radiologia e l'ecografia sono quindi considerabili come due tecniche di *imaging* complementari, tuttavia l'esame ecografico consente di valutare parametri aggiuntivi non sempre evidenziabili con il solo ausilio dell'esame radiografico.

L'esame radiografico viene spesso utilizzato come prima tecnica di diagnostica per immagini, soprattutto nei casi di urgenza, perché è facilmente eseguibile anche in assenza di personale specializzato. L'esperienza dell'operatore in questo caso gioca un ruolo minore rispetto ad una corretta esecuzione di un esame ecografico. Tuttavia non è una tecnica priva di rischi, espone infatti il paziente e l'operatore a radiazioni ionizzanti. Inoltre, se il paziente non risulta essere collaborativo, implica l'acquisizione di più immagini e, oltre a creare maggiore stress al paziente stesso, lo espone a dosi sempre maggiori di radiazioni.

La radiologia permette di valutare un numero inferiore di parametri e proprio per questo richiede spesso l'ausilio dell'esame ecografico.

Per quanto riguarda la visualizzazione degli uroliti, l'esame ecografico consente di visualizzare uroliti di qualsiasi natura e composizione chimica, mentre l'esame radiografico ha come limite la sola visualizzazione dei calcoli radiopachi. Tuttavia, un nuovo studio (DeBow et al., 2023) condotto in vitro ha messo in evidenza come tutte le tipologie di uroliti con dimensione maggiore di 1 mm possano essere visualizzate radiograficamente. Da questo studio è dunque emerso come anche gli uroliti di cistina e urati, considerati fino a questo momento radiotrasparenti, debbano essere valutati tra le diagnosi differenziali quando si riscontrano radiograficamente dei calcoli di radiopacità minerale.

L'esame radiografico sicuramente risulta essere insostituibile per valutare il numero di calcoli presenti all'interno dell'apparato urinario, soprattutto se posizionati all'interno del lume uretrale, dove risulterebbero impossibili da indagare dal punto di vista ecografico.

Un'ipotesi potrebbe essere quella di effettuare l'esame radiografico solo se in ecografia vengono visualizzati calcoli all'interno della vescica e nelle porzioni indagabili dell'uretra, in modo da poterli contare e avere la sicurezza della loro completa rimozione dopo la chirurgia.

Se eseguendo come primo step l'esame ecografico non si evidenziano calcoli all'interno della vescica e/o dell'uretra, l'esame radiografico risulterebbe superfluo perché l'ecografia è in grado di fornire sufficienti informazioni.

L'ecografia potrebbe essere considerata dunque la tecnica di diagnostica per immagini di prima scelta, in quanto consente di valutare parametri aggiuntivi e non risulta nociva né per l'operatore né per il paziente, soprattutto se effettuata ripetutamente per il monitoraggio del paziente.

Limiti dello studio

1. Natura retrospettiva dello studio (dati non sempre completi);
2. Numero limitato di pazienti (32);
3. Esecuzione degli esami radiografici ed ecografici da parte di operatori differenti;
4. Mancanza di una valutazione oggettiva delle immagini effettuata mediante consenso tra più valutatori.

Conclusioni

L'esame radiografico, essendo una tecnica più rapida e facilmente eseguibile anche per medici con poca esperienza, viene spesso utilizzato come tecnica di *imaging* di prima scelta. Questo consente una rapida valutazione del globo vescicale e, nel caso di ostruzione meccanica causata da uroliti radiopachi, permette facilmente la loro visualizzazione.

L'esame ecografico consente di ottenere numerose informazioni aggiuntive (ad esempio la presenza di pericistite e retroperitonite con associato versamento perivescicale e retroperitoneale, l'aumento dello spessore della parete vescicale, l'eventuale presenza di anomalie uracali, valutazione della pelvi e del parenchima renale) non essendo nocivo per il paziente e per l'operatore, tuttavia è una tecnica operatore-dipendente e l'esperienza del medico in questo caso gioca un ruolo determinante.

Grazie alla concordanza emersa dall'analisi statistica oggetto di studio si può affermare che l'esame ecografico, soprattutto in presenza di personale qualificato, è da suggerire ed eventualmente preferire all'esame radiografico nella valutazione del paziente felino con ostruzione uretrale.

L'esame radiografico rimane comunque utile per esaminare la presenza di altre co-morbidità (lesioni alle ossa della pelvi e/o al rachide), per avere una panoramica dell'addome ed eventualmente di complicanze polmonari e cardiache e per avere una valutazione preliminare sulla composizione degli uroliti (radiopachi vs radiotrasparenti). Tuttavia, con le nuove tecnologie di radiologia digitale, tale distinzione potrebbe non essere così dirimente. Si rendono pertanto necessari ulteriori studi a riguardo.

Bibliografia

- Balakrishnan, A., & Drobatz, K. J. (2013). Management of urinary tract emergencies in small animals. In *Veterinary Clinics of North America - Small Animal Practice* (Vol. 43, Issue 4, pp. 843–867). <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2013.03.013>
- Barone, R. (2003). *Anatomia comparata dei mammiferi domestici* (Vols. 4, Splanchnologia). Edagricole.
- Barr, F., & Gaschen, L. (2012). *BSAVA Manual of Canine and Feline Ultrasonography* (F. Barr & L. Gaschen, Eds.). British Small Animal Veterinary Association.
- Barsanti, J. A., & Finco, D. R. (1984). Management of post-renal uremia. *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice*, 14(3), 609–616. [https://doi.org/10.1016/S0195-5616\(84\)50066-7](https://doi.org/10.1016/S0195-5616(84)50066-7)
- Bartges, J. W., Finco, D. R., Polzin, D. J., Osborne, C. A., Barsanti, J. A., & Brown, S. A. (1996). *PATHOPHYSIOLOGY OF URETHRAL OBSTRUCTION*.
- Chew, D. J., DiBartola, S. P., & Schenck, P. A. (2011). Clinical Evaluation of the Urinary Tract. In *Canine and Feline Nephrology and Urology* (pp. 32–62). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-7216-8178-8.10002-8>
- Cole, L., Humm, K., & Dirrig, H. (2021). Focused Ultrasound Examination of Canine and Feline Emergency Urinary Tract Disorders. In *Veterinary Clinics of North America - Small Animal Practice* (Vol. 51, Issue 6, pp. 1233–1248). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2021.07.007>
- Cooper, E. S. (2015). Controversies in the management of feline urethral obstruction. In *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care* (Vol. 25, Issue 1, pp. 130–137). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/vec.12278>
- Cooper, E. S., Owens, T. J., Chew, D. J., & Buffington, C. A. T. (2010). A protocol for managing urethral obstruction in male cats without urethral catheterization. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 237(11), 1261–1266. <https://doi.org/10.2460/javma.237.11.1261>
- DeBow, P., Auger, M., Fazio, C., Cline, K., Zhu, X., Lulich, J., de Swarte, M., Lamb, D., & Hespel, A. M. (2023). The most common types of uroliths larger than 1 mm are readily visible and accurately measured in an in vitro setting mimicking the canine abdomen using digital

- radiography. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 64(5), 806–812.
<https://doi.org/10.1111/vru.13268>
- Decou, J. A., & Curtis, M. C. (2022). Practical applications of ultrasound physics. *International Anesthesiology Clinics*, 60(3), 8–14. <https://doi.org/10.1097/AIA.0000000000000368>
- Drobatz, K. J., Hopper, K., Rozanski, E., & Silverstein, D. C. (2019). *Textbook of Small Animal Emergency Medicine* (Vol. 2). Wiley Blackwell.
- Eisenberg, B. W., Waldrop, J. E., Allen, S. E., Brisson, J. O., Aloisio, K. M., & Horton, N. J. (2013). *Evaluation of risk factors associated with recurrent obstruction in cats treated medically for urethral obstruction*.
- Fletcher, T. F. (1996). *APPLIED ANATOMY AND PHYSIOLOGY OF THE FELINE LOWER URINARY TRACT*.
- Forrester, S. D., & Towell, T. L. (2015). Feline Idiopathic Cystitis. In *Veterinary Clinics of North America - Small Animal Practice* (Vol. 45, Issue 4, pp. 783–806). W.B. Saunders.
<https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2015.02.007>
- Fossum, T. W. (2007). *Small Animal Surgery* (3rd ed.). Mosby Elsevier.
- George, C. M., & Grauer, G. F. (2016). *FELINE URETHRAL OBSTRUCTION: DIAGNOSIS & MANAGEMENT*.
- Griffin, S. (2020). Feline abdominal ultrasonography: What's normal? What's abnormal? Renal pelvis, ureters and urinary bladder. In *Journal of Feline Medicine and Surgery* (Vol. 22, Issue 9, pp. 847–865). SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.1177/1098612X20941786>
- Gunn-Moore, D. A. (2003). Feline lower urinary tract disease. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 5(2), 133–138. [https://doi.org/10.1016/S1098-612X\(02\)00129-8](https://doi.org/10.1016/S1098-612X(02)00129-8)
- Hamlin, A. N., Chadwick, L. E., Fox-Alvarez, S. A., & Hostnik, E. T. (2019). Ultrasound characteristics of feline urinary bladder transitional cell carcinoma are similar to canine urinary bladder transitional cell carcinoma. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 60(5), 552–559. <https://doi.org/10.1111/vru.12777>
- Hecht, S. (2015). Diagnostic Imaging of Lower Urinary Tract Disease. In *Veterinary Clinics of North America - Small Animal Practice* (Vol. 45, Issue 4, pp. 639–663). W.B. Saunders.
<https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2015.02.002>

- Hertzberg, B. S., & Middleton, W. D. (2016). *Ultrasound: The Requisites* (3rd ed.). Elsevier.
- Jones, E., Palmieri, C., Thompson, M., Jackson, K., & Allavena, R. (2021). Feline Idiopathic Cystitis: Pathogenesis, Histopathology and Comparative Potential. In *Journal of Comparative Pathology* (Vol. 185, pp. 18–29). W.B. Saunders Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2021.03.006>
- Mahadevan, V. (2016). *Anatomy of the lower urinary tract*.
- Mattoon, J. S., Sellon, R. K., & Berry, C. R. (2021). *Small Animal Diagnostic Ultrasound* (4th ed.). Elsevier.
- Nelson, R. W., & Couto, C. G. (2006). *Medicina interna del cane e del gatto* (3rd ed.). Elsevier.
- Nickel, R., Schummer, A., & Seiferle, E. (1979). *The Viscera of the Domestic Mammals* (2nd ed.). Springer-Verlag.
- Nye, A. K., & Luther, J. K. (2018). Feline Perineal Urethrostomy: A Review of Past and Present Literature. In *Topics in Companion Animal Medicine* (Vol. 33, Issue 3, pp. 77–82). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1053/j.tcam.2018.07.002>
- O'Brien, R., & Barr, F. (2012). *BSAVA Manual of Canine and Feline Abdominal Imaging* (R. O'Brien & F. Barr, Eds.). British Small Animal Veterinary Association.
- Osborne, C. A., Kruger, J. M., & Lulich, J. P. (1996). *Feline lower urinary tract disorders - Definition of Terms and Concepts*.
- Osborne, C. A., Lulich, J. P., Kruger, J. M., Ulrich, L. K., Bird, K. A., Koehler, L. A., & Smith, H. W. (1996). *FELINE URETHRAL PLUGS Etiology and Pathophysiology Although we name the things we know, we do not necessarily know them because we name them*.
- Pachtinger, G., & Brashear, M. L. (2020). *Feline urethral obstruction: The blocked cat*.
- Pennick, D., & d'Anjou, M.-A. (2015). *Atlas of small animal ultrasonography* (2nd ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Rademacher, N. (2019). Diagnostic Imaging of the Urinary Tract. In *Veterinary Clinics of North America - Small Animal Practice* (Vol. 49, Issue 2, pp. 261–286). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2018.10.006>

- Rieser, T. M. (2005). Urinary tract emergencies. In *Veterinary Clinics of North America - Small Animal Practice* (Vol. 35, Issue 2 SPEC. ISS., pp. 359–373). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2004.12.001>
- Sabino, C. V. (2017). *Urethral Obstruction in Cats*.
- Segev, G., Livne, H., Ranen, E., & Lavy, E. (2011). Urethral obstruction in cats: Predisposing factors, clinical, clinicopathological characteristics and prognosis. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 13(2), 101–108. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2010.10.006>
- Sjaastad, O. V., Sand, O., & Hove, K. (2013). *Fisiologia degli animali domestici*. Casa editrice Ambrosiana.
- Soni, N. J., Arntfield, R., & Kory, P. (2015). *Point-of-Care Ultrasound*. Elsevier Saunders.
- Thrall, D. E. (2018). *Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology* (7th ed.). Elsevier.
- Widmer, W. R., Biller, D. S., & Adams, L. G. (2004). *Ultrasonography of the urinary tract in small animals*.
- Williams, J. (2009). Surgical Management of Blocked Cats. Which approach and when? *Journal of Feline Medicine and Surgery*.
- Young, C. S., Todd, J. M., Rendahl, A., & Lulich, J. P. (2021). Radiographic diagnoses in 80 cats before and 73 cats after unobstructing the urethra. *Journal of Small Animal Practice*, 62(5), 365–372. <https://doi.org/10.1111/jsap.13275>