

L'eco-color Doppler penieno: stato dell'arte

M. Bertolotto¹, C. Gasparini¹, L. Calderan¹, A. Lissiani², M.A. Cova¹

¹ Dipartimento di Scienze Cliniche, Morfologiche e Tecnologiche, U.C.O. di Radiologia - Università di Trieste - Ospedale di Cattinara - Trieste

² Ospedale Luigi Sacco - U.C.O. di Urologia - Milano

Parole chiave: Pene, eco-color Doppler; Pene, patologie; Pene, imaging

Lo sviluppo degli ecografi digitali e di nuovi trasduttori ad alta frequenza e larga banda hanno aumentato la qualità delle indagini eco-color Doppler, in particolare, per quanto riguarda lo studio delle strutture superficiali. Poiché l'ecografia è la modalità di imaging di scelta per lo studio dei pazienti con patologie peniene, le nostre potenzialità diagnostiche sono notevolmente aumentate in seguito all'introduzione di queste nuove tecnologie.

L'aumento della sensibilità del color Doppler per i flussi lenti permette di valutare in maniera completa la vascolarizzazione peniena, sia in condizioni normali che nei pazienti con deficit erettile. Nei pazienti con traumi penieni e con malattia di La Peyronie è possibile valutare accuratamente la tunica albuginea e identificare ematomi extraalbuginei o intracavernosi, rotture della tunica albuginea e lesioni vascolari responsabili dell'insorgenza di un priapismo ad alto flusso o di altre alterazioni funzionali. Nei pazienti con carcinoma del pene, l'ecografia permette di valutare accuratamente l'infiltrazione del corpo spongioso e dei corpi cavernosi. È possibile esaminare attentamente anche i pazienti con tumori benigni, priapismo a basso flusso, flogosi peniene e patologie uretrali.

Color Doppler ultrasonography of the penis: state of the art

Key words: Penis, color Doppler US; Penis, diseases; Penis, imaging studies

The development of digital ultrasound equipment and new broadband high-frequency probes has improved the quality of ultrasound imaging, particularly in the examination of superficial structures. Since ultrasonography is the imaging modality of choice for the study of patients with penile pathologies, these advances have considerably increased our diagnostic capabilities in this field.

The increased sensitivity of color Doppler for low flows allows full evaluation of the penile vasculature in normal and impotent men. In patients with penile trauma or Peyronie's disease, the tunica albuginea can be closely examined; extra-albugineal and cavernosal hematomas, albugineal tears, vascular lesions producing high-flow priapism and other pathological changes can now be identified. In patients with penile cancer, involvement of the corpora cavernosa and corpus spongiosum can also be appreciated. Sonography is also useful for investigation of benign penile neoplasms, low-flow priapism, penile inflammation, and urethral pathology.

Introduzione

L'eco-color Doppler è attualmente l'indagine di prima istanza nello studio della patologia peniena. Gli ecografi moderni, dotati di trasduttori a larga banda e ad alta frequenza, permettono di ottenere immagini ecografiche con elevata risoluzione spaziale e l'aumentata sensibilità del color Doppler permette una eccellente valutazione dei vasi penieni in condizioni normali e patologiche.

Dopo una breve descrizione dell'anatomia, questo lavoro presenta lo stato attuale dell'imaging ecografico del pene in condizioni normali e nelle principali condizioni patologiche.

Anatomia

Il pene (Fig. 1) è composto in sede dorsale da due corpi cavernosi e in sede ventrale dal corpo spongioso che si continua distalmente nel glande e che contiene l'uretra. Il corpo spongioso ed i corpi cavernosi sono circondati da tre involucri connettivali: la tunica albuginea, la fascia di Buck e la fascia di Colles [1,2].

La tunica albuginea è formata da due strati [3]: il più interno, costituito da fibre collagene a decorso trasversale, circonda il tessuto cavernoso e concorre a formare il setto intercavernoso. Da esso originano tralci connettivali, i pilastri intracavernosi, che attraversano il tessuto erettile in senso latero-mediale e costituiscono strutture di sostegno con la funzione di mantenere la caratteristica forma del pene durante l'erezione. Lo strato più esterno dell'albuginea è costituito da fibre collagene a decorso longitudinale che ancorano il pene all'ischio; esso risulta ben rappresentato a livello dorsale, si assottiglia notevolmente a livello ventrale. Anche il corpo spongioso è circondato da una tunica albuginea, più sottile rispetto a quella che riveste i corpi cavernosi. Lo spessore della tunica albuginea è maggiore a livello dorsale e varia da individuo a individuo; in condizioni di flaccidità è di 2-3 mm, mentre in erezione è di circa 0,5 mm.

Esternamente alla tunica albuginea esiste un altro involucro fibroso, la fascia di Buck, che circonda i tre corpi erettile del pene e si fonde con la tunica albuginea a livello della base del pene. Più esternamente si ricono-

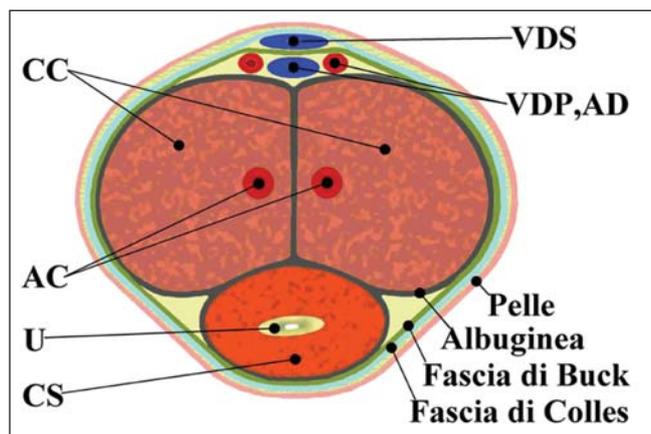


Fig. 1. Anatomia normale del pene. Sezione trasversale. La tunica albuginea (linea grigia) riveste separatamente i due corpi cavernosi (CC) ed il corpo spongioso (CS), che contiene l'uretra (U). La fascia di Buck (linea verde) e la fascia di Colles (linea azzurra) circondano l'albuginea. Le arterie dorsali (AD) e la vena dorsale profonda (VDP) si trovano tra l'albuginea e la fascia di Buck. La vena dorsale superficiale (VDS) tra le fasce di Buck e di Colles. Le arterie cavernose (AC) si trovano all'interno dei corpi cavernosi, leggermente spostate verso la linea mediana.

Figure 1. Normal penile anatomy. Axial scan. The tunica albuginea (gray line) surrounds the corpora cavernosa (CC) and the corpus spongiosum (CS), which contains the urethra (U). The tunica albuginea is, in turn, surrounded by Buck's fascia (green line) and Colles fascia (blue line). The dorsal arteries (AD) and deep dorsal vein (VDP) are seen between the tunica albuginea and Buck's fascia. The superficial dorsal vein (VDS) is visible between Buck's and Colles fasciae. The cavernosal arteries (AC) lie within the CC, slightly displaced from the center towards the median line.

sce un terzo involucro connettivale, la fascia di Colles, che è rivestita direttamente dal tessuto sottocutaneo e dalla cute.

I corpi cavernosi sono costituiti da uno scheletro fibroso e da cellule muscolari lisce che delimitano spazi intercomunicanti rivestiti da endotelio. Tali spazi, denominati caverne o lacune, sono più ampie in sede centrale, in prossimità delle arterie cavernose.

Il corpo spongioso, impari mediano, è situato ventralmente in una doccia creata dai due corpi cavernosi, nel tratto prossimale si espande nel glande. Anche il corpo spongioso è costituito da connettivo e tessuto muscolare liscio, ma in esso prevalgono le fibre elastiche.

L'apporto arterioso ai corpi erettili del pene è assicurato dall'arteria pudenda interna, ramo dell'arteria iliaca interna, che dà origine all'arteria peniena. Questo vaso si divide in quattro rami terminali: bulbare, uretrale, dorsale e cavernoso [1,2].

L'arteria bulbare irrorà il bulbo del corpo spongioso; l'arteria uretrale, incostante e di lunghezza variabile, irrorà il corpo spongioso e l'uretra. Quando è presente l'arteria uretrale è spesso visibile solo nella porzione prossimale del corpo spongioso, ma a volte si estende fino al glande. L'arteria cavernosa penetra nel corpo cavernoso. L'arteria dorsale decorre tra la tunica albuginea e la fascia di Buck e irrorà il glande.

Studi anatomici e angiografici hanno dimostrato che esiste un'ampia variabilità del pattern vascolare penieno normale [4-7]; le più comuni varianti anatomiche sono le comunicazioni tra le arterie cavernose dei due lati, l'origine monolaterale delle due arterie cavernose, l'ipoplasia di una arteria dorsale e l'origine aberrante delle arterie

cavernose. Esistono inoltre comunicazioni tra le arterie cavernose e le arterie uretrali e dorsali [8].

Le arterie cavernose sono le principali responsabili dell'aumentato apporto arterioso al pene durante l'erezione. All'interno del corpo cavernoso esse decorrono dapprima vicino al setto per assumere distalmente una posizione più centrale; lungo il loro decorso nei corpi cavernosi, esse danno origine alle arterie elicine ed ai vasi di comunicazione spongio-cavernosi.

Le arterie elicine si dividono precocemente in diramazioni di secondo e di terzo ordine che irrorano i sinusoidi del tessuto cavernoso; i vasi di comunicazione spongio-cavernosi, in genere 3-4 per lato, sono prevalenti nella porzione media e distale del pene, presentano calibro maggiore rispetto alle arterie cavernose e si dirigono con decorso rettilineo dalle arterie cavernose verso il corpo spongioso dell'uretra. La funzione e l'anatomia di questi vasi non è perfettamente conosciuta; si tratta di anastomosi artero-spongiose che si aprono direttamente nei sinusoidi del corpo spongioso [9] o, meno probabilmente, di anastomosi arteriose tra l'arteria cavernosa e piccoli vasi arteriosi che costituiscono un plesso periuretrale [10]. A favore della prima ipotesi depono il comportamento Doppler di questi vasi che presentano nel corpo cavernoso resistenze arteriose progressivamente decrescenti dall'origine verso l'albuginea, e flussi di tipo venoso subito dopo l'ingresso nel corpo spongioso [11,12].

Qualunque sia la loro destinazione anatomica i vasi di comunicazione spongio-cavernosi hanno probabilmente la funzione di vascularizzare la porzione intermedia e distale del corpo spongioso e dell'uretra vicariando le arterie uretrali che in questa sede, nella maggior parte dei soggetti, sono poco rappresentate.

Il drenaggio venoso del pene ha origine dalle piccole vene alla periferia degli spazi sinusoidali dei corpi cavernosi che confluiscono in un plesso venoso situato subito al di sotto della tunica albuginea [1,2]. L'albuginea viene attraversata da collettori venosi, le vene emissarie, che nei due terzi distali del pene confluiscono nelle vene circonflesse o direttamente nella vena dorsale profonda. Le vene emissarie prossimali confluiscono nelle vene cavernose e crurali.

La vena dorsale superficiale, in genere singola, drena la cute del pene e sbocca nella vena grande safena. Il glande e la parte distale del corpo spongioso drenano in un plesso retrocoronale che rappresenta l'origine della vena dorsale profonda.

Il controllo nervoso dell'erezione vede impegnati sia il sistema vegetativo, simpatico e parasimpatico, sia il sistema somatico, sensitivo e motore.

L'innervazione parasimpatica origina dai nervi erigenti, contigui ai vasi ipogastrici, che terminano nel plesso pelvico. Da tale plesso si sviluppano i nervi cavernosi che decorrono postero-lateralmente rispetto alla prostata e raggiungono i corpi cavernosi. L'innervazione ortosimpatica raggiunge i corpi cavernosi attraverso i nervi ipogastrici. L'innervazione somatica è legata al nervo dorsale del pene, ramo terminale del nervo pudendo, che fornisce fibre sensitive e motorie dirette ai muscoli ischio-cavernosi e al muscolo bulbocavernoso.

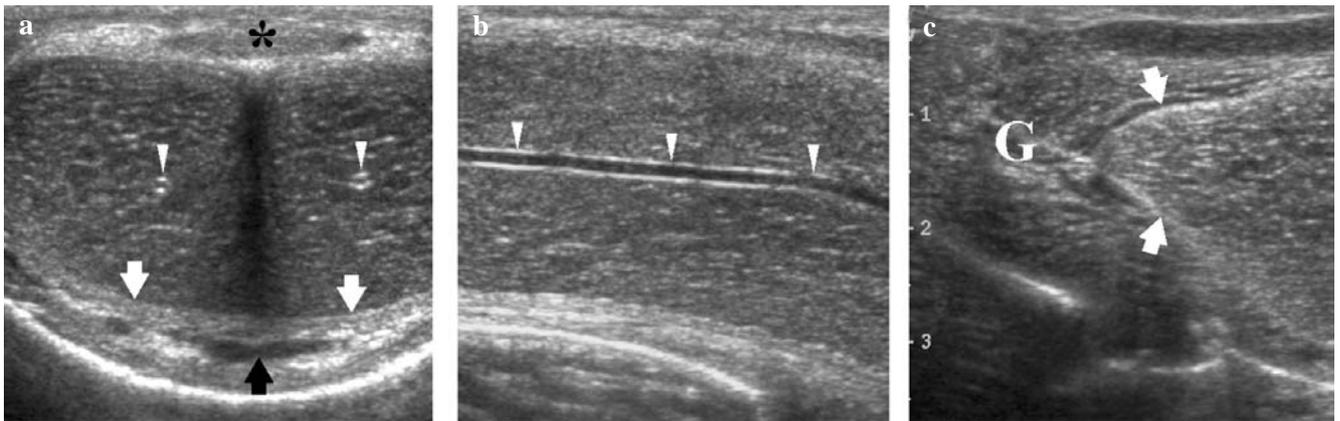


Fig. 2. Anatomia ecografica normale del pene. (a) Scansione assiale. Le arterie cavernose (punte di freccia) appaiono come piccole immagini rotondegianti con pareti iperecogene all'interno dei corpi cavernosi. I vasi dorsali del pene (freccia nera) sono visibili esternamente alla tunica albuginea (freccie bianche). Il corpo spongioso (*) è situato ventralmente in sede mediana. (b,c) Scansioni longitudinali su un corpo cavernoso che mostrano l'arteria cavernosa (punte di freccia), la tunica albuginea (freccie bianche) all'apice del corpo cavernoso e il glande (G) che avvolge l'estremità distale del corpo cavernoso. **Figure 2.** Normal penile anatomy on ultrasound. (a) Axial scan. Cavernosal arteries (arrowheads) are visualized within the corpora cavernosa as rounded structures with echogenic walls. The dorsal penile vessels (black arrow) are visible beneath the tunica albuginea (white allows). The corpus spongiosum (*) can be identified in a medial position on the ventral aspect of the penis. (b,c) Longitudinal scans of one of the corpora cavernosa showing the cavernosal artery (arrowheads), the tunica albuginea (white arrows) at the tip of the corpus cavernosum, and the glans (G) surrounding its distal portion.

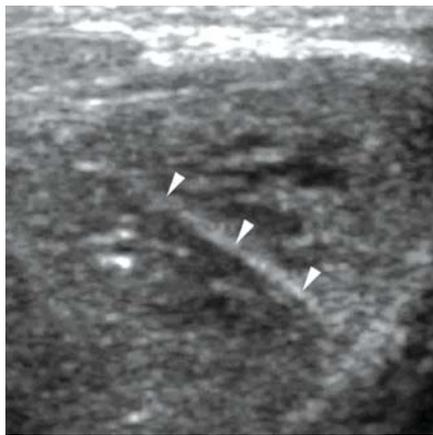


Fig. 3. Anatomia ecografica normale del pene. Scansione assiale. Un pilastro intracavernoso si presenta come una interfaccia lineare iperecogena (punte di freccia) che origina dal versante interno della tunica albuginea e si estende in senso latero-mediale. **Figure 3.** Normal penile anatomy on ultrasound. Axial scan. An intracavernous pillar appears as an echogenic line (arrowheads) running from the lateral to the medial inner aspect of the tunica albuginea.

Tecnica di esame

Lo studio ecografico del pene deve essere eseguito utilizzando trasduttori lineari con frequenza uguale o superiore a 7.5 MHz [1,2]. L'esame si esegue con il paziente adagiato in posizione supina scansionando il pene prevalentemente con scansioni longitudinali e trasversali sulla faccia ventrale. Dopo un preliminare studio in condizioni di flaccidità si procede alla farmacostimolazione ottenuta iniettando in un corpo cavernoso 10-20 microgrammi di prostaglandina E1 (PGE1). L'iniezione viene praticata lateralmente al fascio vasculo-nervoso, in genere 2-4 cm dorsalmente al solco balano-prepuziale, utilizzando un ago sottile (25-27G).

Nella nostra esperienza 10 microgrammi di prostaglandina E1 sono in genere sufficienti per raggiungere un grado di

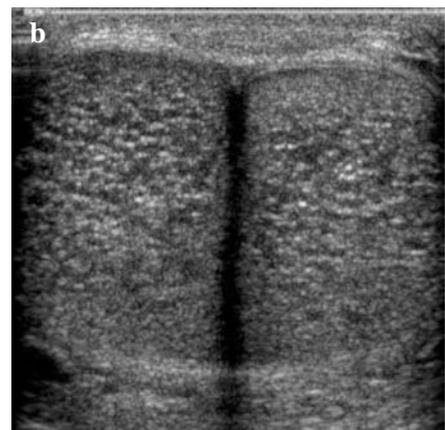
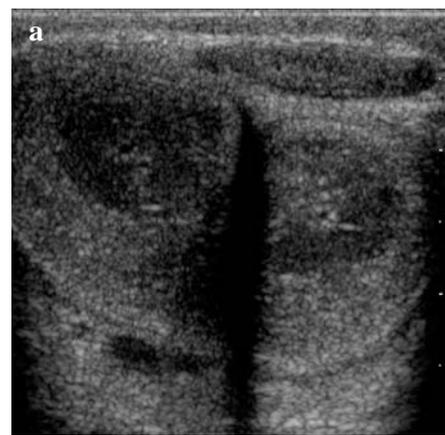


Fig. 4. Anatomia ecografica normale del pene. Scansione assiale. Nei primi minuti dopo la farmacostimolazione (a) le lacune dei corpi cavernosi si distendono a partire dalla zona centrale che risulta meno ecogena rispetto alla porzione periferica. Il pene è turgido, ma non eretto. L'ecogenicità del tessuto cavernoso è omogenea nei minuti successivi, quando il paziente raggiunge l'erezione completa (b). **Figure 4.** Normal penile anatomy on ultrasound. Axial scan. During the first minutes after cavernosal injection of vasoactive drugs (a), distension of the cavernosal sinusoids begins in the center of the corpus cavernosum, which appears less echogenic than the outer portion of the body. The penis is turgid, but not erect. The echogenicity of the cavernosal tissue appears homogeneous during the following minutes when complete erection is achieved (b).

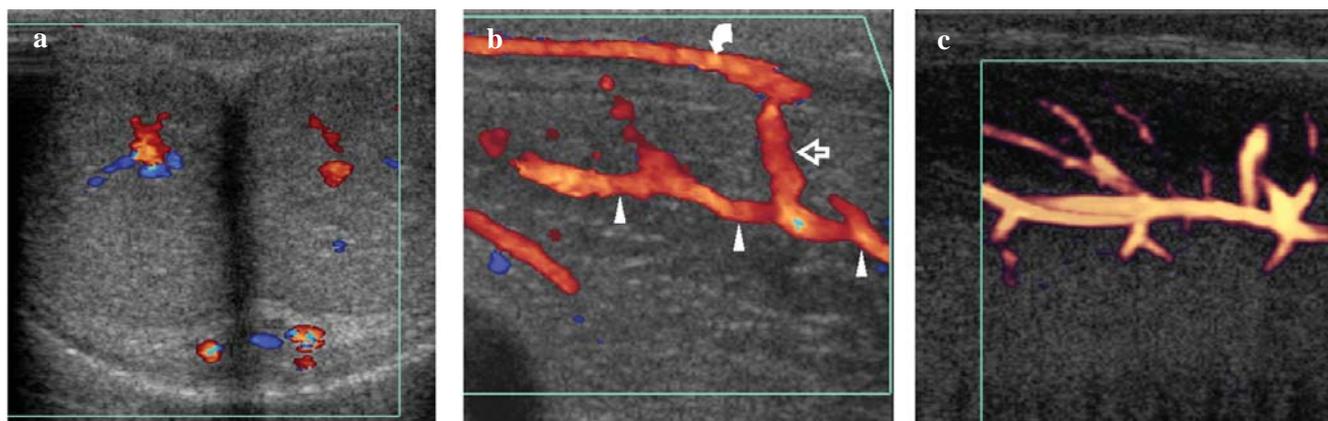


Fig. 5. Anatomia eco-color Doppler normale del pene. (a) Scansione assiale che dimostra le arterie cavernose e i vasi dorsali del pene. (b) Scansione longitudinale che mostra l'arteria cavernosa (punte di freccia) l'arteria uretrale (freccia curva) e un ramo di comunicazione arterioso tra l'arteria cavernosa e l'arteria uretrale (freccia). (c) Variante anatomica. Scansione longitudinale che dimostra la biforcazione dell'arteria cavernosa.

Figure 5. Normal penile anatomy on color Doppler ultrasound. (a) Axial scan showing the cavernosal arteries and the dorsal penile vessels. (b) Longitudinal scan showing the cavernosal artery (arrowheads), the urethral artery (curved arrow), and an arterial communication between the cavernosal and urethral arteries (arrow). (c) Anatomical variation. Longitudinal scan showing bifurcation of the cavernosal artery.

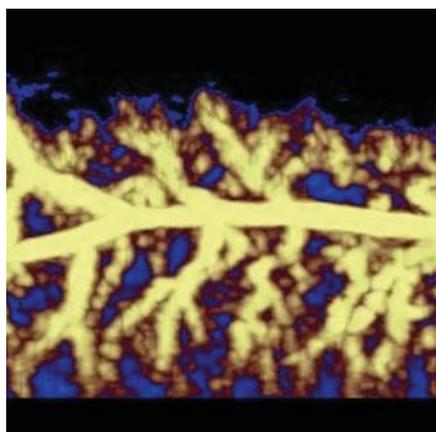


Fig. 6. Anatomia power Doppler normale del pene. Rappresentazione tridimensionale che mostra le arterie elicine che originano dall'arteria cavernosa.

Figure 6. Anatomy of the penis on power Doppler ultrasound. 3D rendering showing the helicine arteries originating from the cavernosal artery.

erezione analogo a quello normalmente raggiunto dal paziente in condizioni fisiologiche. Nei pazienti diabetici, spesso portatori di deficit erettili multifattoriali [13], è opportuno somministrare 20 microgrammi di farmaco, mentre nei pazienti neurolesi e nei pazienti giovani è opportuno somministrare una dose più bassa di prostaglandina E1 per minimizzare il rischio di erezioni prolungate.

Per favorire l'erezione e ridurre la dose di prostaglandina E1 necessaria, alcuni studi suggeriscono di associare alla farmacostimolazione, la stimolazione visiva con materiale sessualmente esplicito [10,14]; altri studi propongono vie alternative all'iniezione intracavernosa per raggiungere l'erezione, quali la somministrazione della prostaglandina per via transuretrale [15], o l'assunzione per via orale di Sildenafil associata a stimolazione visiva [16,17]. Nella nostra esperienza, in caso di risposta erettile insufficiente, lasciando solo il paziente per qualche minuto in autostimolazione si ottiene, nella maggior

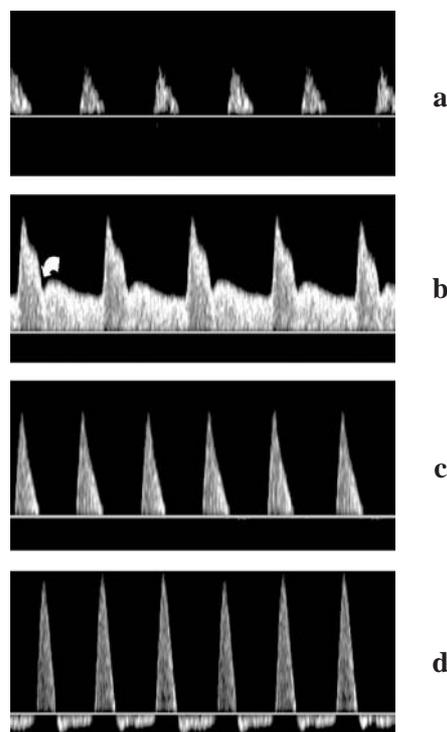


Fig. 7. Variazioni fisiologiche della forma dello spettro Doppler nelle arterie cavernose. (a) In stato di flaccidità (Fase 0) si osservano flussi a bassa velocità e alta resistenza. (b) Dopo la farmacostimolazione si osservano flussi ad alta velocità e bassa resistenza; successivamente (Fase 2) compare un'incisura ad inizio diastole (freccia curva). Con l'aumento della turgidità peniena (c) il flusso diastolico scompare (Fase 3) e, quando viene raggiunta l'erezione (d) si osserva l'inversione del flusso diastolico (Fase 4).

Figure 7. Normal changes in the cavernosal artery Doppler spectrum. (a) Low-velocity, high-resistance flows are observed when the penis is flaccid (Phase 0). (b) Pharmacological stimulation causes high-velocity, low-resistance flow followed by the appearance (Phase 2) of an early diastolic notch (curved arrow). When penile turgidity increases (c), diastolic flow disappears (Phase 3), and when erection is achieved (d), a diastolic flow inversion is observed (Phase 4).

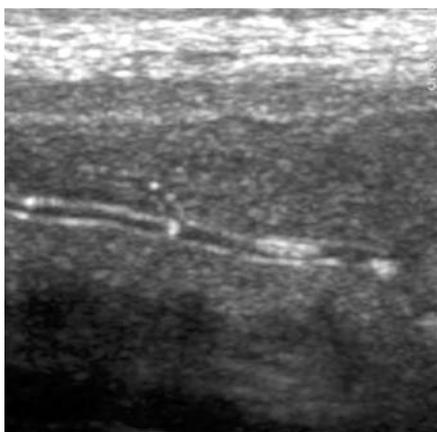


Fig. 8. Deficit erettile di origine arteriosa. Scansione longitudinale che mostra multiple placche nella parete dell'arteria cavernosa.

Figure 8. Arteriogenic erectile dysfunction. Longitudinal scan showing multiple plaques in the wall of the cavernosal artery.

parte dei casi, una risposta erettile soddisfacente. Se, anche dopo tale accorgimento, l'erezione è di grado inferiore rispetto a quello normalmente raggiunto dal paziente, è possibile iniettare altri 10 microgrammi di farmaco nel corpo cavernoso controlaterale [14].

In ogni caso è indispensabile protrarre l'esame eco-color Doppler penieno per almeno 30 minuti per evitare di sovrastimare il deficit erettile: circa il 22% dei pazienti, infatti, presenta una risposta erettile ritardata.

L'esecuzione di un esame eco-color Doppler del pene con farmacostimolazione deve essere necessariamente eseguito in un ambiente tranquillo, silenzioso e accogliente in quanto qualsiasi fattore di disturbo esterno, come ad esempio lo squillo di un telefono o il bussare alla porta, può generare stimoli inibitori di tipo adrenergico che riducono la risposta erettile e falsano pertanto il giudizio diagnostico.

Anatomia eco-color Doppler

I corpi cavernosi si presentano nelle scansioni trasversali come due strutture simmetriche con fini echi distribuiti omogeneamente (Fig. 2). L'albuginea è riconoscibile come una interfaccia iperecogena che avvolge i corpi cavernosi e si continua nella parte centrale con il setto intercavernoso, che si presenta come una banda ipo-anecogena con attenuazione posteriore del fascio. I pilastri intracavernosi si presentano come interfacce lineari sottili a decorso lateromediale che si dipartono dalla superficie interna dell'albuginea (Fig. 3). In condizioni normali la fascia di Buck non è distinguibile dall'albuginea e la fascia di Colles non è visibile.

All'interno dei corpi cavernosi è possibile identificare le arterie cavernose come piccole immagini rotondeggianti iperecogene. Il corpo spongioso si presenta come una struttura ovalare mediana e ventrale con ecogenicità simile a quella dei corpi cavernosi. Nelle scansioni longitudinali i vasi appaiono come strutture tubulari con decorso parallelo alla sonda (Fig. 2).

Il glande è leggermente iperecogeno rispetto ai corpi cavernosi e con ecostruttura più fine. Avvolge l'estremità anteriore dei corpi cavernosi dai quali è separato dall'al-

buginea (Fig. 2). L'uretra può essere studiata dopo distensione con soluzione fisiologica utilizzando scansioni trasversali e longitudinali [1,2].

Nei primi minuti dopo la farmacostimolazione si osserva con l'ecografia B-mode la progressiva dilatazione delle arterie cavernose [1,2] e la progressiva distensione delle lacune dei corpi cavernosi, a partire da quelle centrali più voluminose. In questa fase la porzione centrale dei corpi cavernosi in genere è meno ecogena rispetto alla porzione periferica. L'ecogenicità del tessuto cavernoso ritorna omogenea nei minuti successivi, quando il paziente raggiunge l'erezione (Fig. 4).

Dopo la farmacostimolazione l'eco-color Doppler permette di ottenere un'ottima dimostrazione della vascolarizzazione peniena (Fig. 5), mal valutabile in condizioni di flaccidità per i bassi flussi. È possibile documentare il decorso delle arterie cavernose e delle loro diramazioni, il decorso dei vasi dorsali e bulbouretrali, ed individuare varianti anatomiche (Fig. 5), vasi comunicanti e variazioni patologiche dell'anatomia vascolare [18,19]. Le arterie elicine (Fig. 6), ben visibili in condizioni normali durante la fase di tumescenza peniena, diventano scarsamente visibili nelle fasi successive quando il pene raggiunge l'erezione.

Dopo lo studio morfologico dei vasi si passa alle rilevazioni velocimetriche dei flussi nelle arterie cavernose utilizzando il Doppler pulsato [19-26]. È importante posizionare il volume campione all'origine dell'arteria cavernosa in quanto l'angolo Doppler è più favorevole per una corretta correzione angolare e perché la velocità del picco sistolico si riduce progressivamente nelle sedi più distali.

In condizioni normali la forma e le caratteristiche morfologiche dello spettro Doppler variano notevolmente, e in maniera caratteristica, durante l'instaurarsi dell'erezione. Dallo stato di flaccidità fino all'erezione rigida si riconoscono sei fasi vascolari successive (Fig. 7) che correlano con un progressivo aumento della pressione intracavernosa [27,28].

In stato di flaccidità (Fase 0) i flussi nelle arterie cavernose sono a bassa velocità e ad alta resistenza; subito dopo la farmacostimolazione (Fase 1) si osservano nelle arterie cavernose flussi ad alta velocità e bassa resistenza, con velocità di picco sistolico >35 cm/s e velocità diastoliche >8 cm/s. Nei soggetti giovani, in questa fase, non è raro riscontrare velocità sistoliche di 80-100 cm/s e velocità diastoliche anche superiori a 20 cm/s. L'aumento progressivo della pressione endocavernosa comporta la comparsa di una incisura ad inizio diastole ed una progressiva riduzione della velocità diastolica (Fase 2) fino alla scomparsa del flusso diastolico (Fase 3) ed alla sua inversione (Fase 4). Nella fase di massima erezione, non raggiunta sistematicamente dopo farmacostimolazione anche in condizioni normali, si apprezza una progressiva riduzione del flusso sistolico che correla con una pressione intracavernosa superiore alla pressione sistolica per contrazione dei muscoli ischiocavernosi e bulbocavernoso.

Deficit erettile

Il deficit erettile è una condizione patologica che può ori-

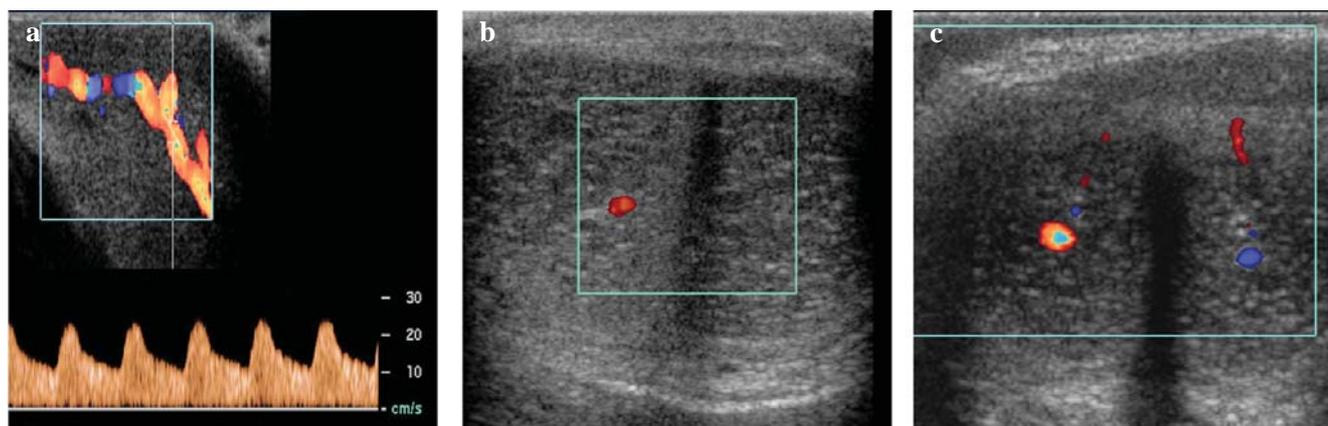


Fig. 9. Deficit erettile di origine arteriosa. (a) Scansione longitudinale. Il campionamento delle arterie cavernose nella fase di massima turgidità dopo somministrazione intracavernosa di 20 microgrammi di prostaglandina E1 dimostra flussi con bassa velocità. (b,c) Scansioni assiali in due pazienti differenti con deficit arterioso che dimostrano l'assenza di flusso nell'arteria cavernosa sinistra (b) e l'inversione di flusso nell'arteria cavernosa sinistra (c).
Figure 9. Arteriogenic erectile dysfunction. (a) Longitudinal scan. Doppler interrogation of the cavernosal arteries during maximum penile turgidity after cavernosal injection of 20 micrograms of prostaglandin E1 shows low-velocity flows. (b,c) Axial scans of two other patients with arteriogenic dysfunction show closure of the left cavernosal artery (b) and flow inversion in the left cavernosal artery (c).

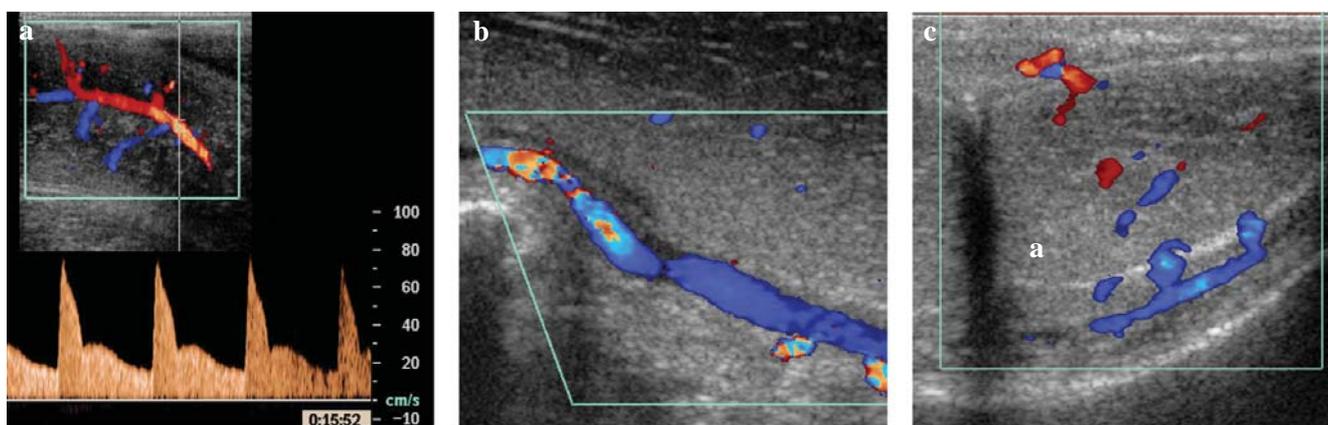


Fig. 10. Deficit erettile di origine venoocclusiva. (a) Scansione longitudinale. Il campionamento dell'arteria cavernosa nella fase di massima turgidità peniena dopo somministrazione intracavernosa di 20 microgrammi di prostaglandina E1 mostra flussi con alta velocità di picco che non progrediscono oltre la Fase 2. (b,c) Presenza di flusso nella vena dorsale del pene (b), nelle vene perforanti e circonflesse (c).
Figure 10. Venous occlusive erectile dysfunction. (a) Longitudinal scan. Doppler interrogation of the cavernosal artery during maximum penile turgidity after cavernosal injection of 20 micrograms of prostaglandin E1 shows high-velocity flows which remain in phase 2. (b,c) Evidence of blood flow within the dorsal vein (b) and the perforant and circumflex veins (c).

ginare da numerose cause vascolari, psicologiche, neurologiche, traumatiche e iatrogene [29-31]. Le cause vascolari possono essere arteriogeniche o venoocclusive. Il deficit arteriogenico è dovuto ad un insufficiente apporto arterioso al pene in soggetti anziani e vasculopatici, per cause traumatiche o congenite. Il deficit del meccanismo venoocclusivo, primitivo o secondario, è dovuto al fatto che il sangue affluisce normalmente al pene, ma non viene intrappolato nelle lacune dei corpi cavernosi e defluisce rapidamente attraverso le vene ed il corpo spongioso. Esistono attualmente numerose evidenze sperimentali [32-35] che dimostrano come nella maggior parte dei casi il deficit del meccanismo venoocclusivo non è dovuto alla mancata chiusura dei vasi di deflusso per una patologia vascolare, quanto piuttosto ad una alterazione della struttura del tessuto cavernoso, con aumento della componente fibrosa e riduzione di quella muscolare, che impedisce una adeguata distensione del tessuto

erettile e la compressione contro la tunica albuginea del plesso venoso sottoalbugineo.

Impotenza di origine arteriosa

L'indagine ecografica B-mode può orientare verso la diagnosi di impotenza arteriogenica per il riscontro di una asimmetria di calibro delle arterie cavernose o per il riscontro di placche nella parete delle arterie (Fig. 8). Il criterio diagnostico principale [25,36-39] è però legato al riscontro all'analisi Doppler, dopo adeguata stimolazione farmacologica e nella fase di massima erezione raggiunta dal paziente, di velocità di picco sistolico nelle arterie cavernose inferiori a 25 cm/s (Fig. 9). Le velocità diastoliche sono variabili in dipendenza dal grado di erezione raggiunto dal paziente. Altri criteri diagnostici accessori (Fig. 9), di riscontro meno frequente, sono l'obliterazione di una arteria cavernosa o la presenza di un'arteria

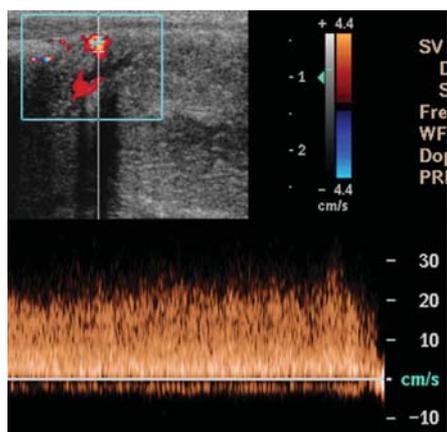


Fig. 11. Paziente con incurvamento post-traumatico del pene da pregressa frattura di un corpo cavernoso che si presenta con turgidità ridotta a livello della porzione distale dei corpi cavernosi e del glande. A livello della sede dell'incurvamento si riconosce una via di fuga con flussi venosi ad alta velocità dovuta all'incompleta distensione del tessuto erettile a livello del trauma.

Figure 11. Post-traumatic penile deformation following rupture of a corpus cavernosum presenting with reduced turgidity in the distal portions of the corpora cavernosa and glans. At the level of the curve, a venous leak is visible with high-velocity flows due to incomplete distension of the erectile tissue at the level of the trauma.

cavernosa con flusso invertito, segno di obliterazione prossimale con ricanalizzazione distale retrograda attraverso rami di comunicazione con le arterie dorsali, le arterie uretrali o l'arteria cavernosa controlaterale. Una importante asimmetria nelle velocità di picco sistolico delle arterie cavernose (>10 cm/s) può essere segno di arteriopatìa, ma può essere anche dovuto alla presenza di varianti anatomiche vascolari, molto frequenti a livello penieno.

Recentemente è stato suggerito che nei pazienti con deficit erettile di origine arteriosa la valutazione con il color/power Doppler della morfologia delle arterie cavernose e delle arterie elicine potrebbe essere utile per la diagnosi della sede prevalente della patologia [40,41]. Il riscontro di una morfologia regolare delle arterie cavernose ed elicine orienterebbe per una arteriopatìa prevalentemente prossimale, a livello delle arterie iliache, delle ipogastriche o delle pudende interne, mentre il riscontro di arterie cavernose con calibro ridotto e irregolare, e la scarsa visibilità delle arterie elicine orienterebbe per una patologia vascolare prevalentemente a questo livello. Il riscontro di arterie cavernose con velocità e morfologia conservata, associato ad una scarsa visibilità del circolo elicino orienterebbe per un danno prevalentemente arteriolare, come quello che si verifica frequentemente nei pazienti diabetici. È opportuno sottolineare come la valutazione morfologica delle arterie elicine è difficile nella pratica clinica in quanto la visibilità di questi vasi dipende strettamente, oltre che dall'entità dell'ipoafflusso, dalla pressione intracavernosa e quindi dal grado di turgidità raggiunto.

Impotenza di origine venooclusiva

Indipendentemente dalla causa sottostante il mancato instaurarsi del meccanismo venooclusivo, l'analisi dei

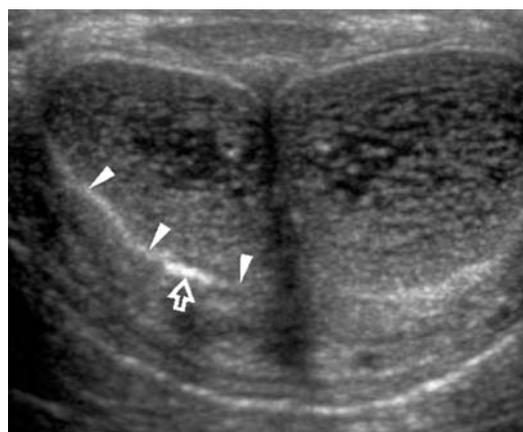


Fig. 12. Induratio penis plastica. Scansione assiale che dimostra una placca (punte di freccia) con calcificazioni (freccia). La placca deforma il corpo cavernoso di destra e ne impedisce la completa distensione.

Figure 12. Peyronie's disease. Axial scan showing the plaque (arrowheads) with calcifications (arrow). The plaque causes deformation of the right corpus cavernosum and prevents its complete distension.

flussi nelle arterie cavernose mostra velocità di picco sistolico normali con scarsa progressione della morfologia del tracciato Doppler [25,36,37] che permane costante nelle Fasi 1-2, espressione del marcato raggiungimento della rigidità peniena (Fig. 10), o con una progressione verso le Fasi 3-4, associata a buona rigidità peniena, ma di durata molto breve e con rapida detumescenza.

Il circolo elicino è in genere ben visualizzato al color/power Doppler, come pure le vie di deflusso venoso dal pene quali il corpo spongioso, le vene dorsali, le vene perforanti e circonflesse (Fig. 10).

Una situazione particolare si può verificare in caso di deformità peniena dovuta ad induratio, traumi o a cause iatrogene nella quale l'eco-color Doppler può riconoscere la presenza di fughe venose in prossimità della deformazione prodotte dall'incompleta distensione del tessuto erettile in tale sede (Fig. 11). Tale situazione si manifesta in genere clinicamente come una flaccidità della porzione distale dei corpi cavernosi e del glande, mentre la porzione prossimale risulta maggiormente eretta.

Induratio penis plastica

L'induratio penis plastica (IPP), o malattia di La Peyronie, colpisce prevalentemente dopo i 40 anni ed è caratterizzata dalla comparsa di placche fibrose a livello della tunica albuginea, prevalenti a livello dorsale, che causano progressivo incurvamento o accorciamento del pene con difficoltà nei rapporti sessuali. L'origine della malattia è ignota. L'ipotesi più accreditata è che traumi penieni, anche modesti, portino allo sviluppo della malattia in soggetti predisposti [42]. Altre ipotesi prendono in considerazione cause infiammatorie, autoimmuni e degenerative [43]. Le placche producono un incurvamento penieno verso l'alto se la placca è dorsale, o verso il basso se la placca è ventrale; ispessimenti diffusi della tunica albuginea si manifestano con un accorciamento penieno. Non è raro il coinvolgimento del setto intercavernoso; il processo fibrotico può estendersi inoltre al tessuto cavernoso circostante e coinvolgere i vasi dorsali o i vasi cavernosi.

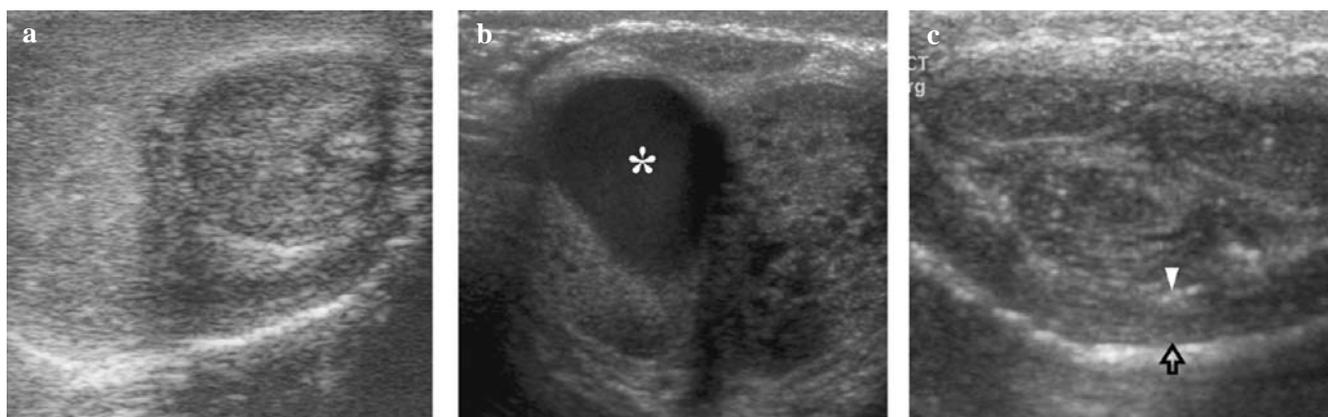


Fig. 13. Ematomi penieni secondari a traumi non penetranti. Scansioni assiali. (a) Ematoma sottocutaneo. (b) Ematoma nel contesto del corpo cavernoso di destra (*). (c) Ematoma confinato tra la tunica albuginea (punta di freccia) e la fascia di Buck (freccia).
Figure 13. Penile hematomas following non-penetrating trauma. Axial scans. (a) Subcutaneous hematoma. (b) Right cavernosal hematoma (*). (c) Hematoma between the tunica albuginea (arrowheads) and Buck's fascia (arrow).

La diagnosi di IPP è clinica basata sull'anamnesi, sulla palpazione delle placche e sulla valutazione del grado di incurvamento penieno. Lo studio ecografico B-mode deve essere eseguito dopo farmacostimolazione; la riduzione fisiologica dello spessore dell'albuginea durante l'erezione farmacodotta consente infatti di riconoscere le placche come ispessimenti circoscritti della tunica albuginea, con o senza calcificazioni [44,45]. La distensione dei corpi cavernosi consente inoltre di valutarne il grado di deformazione a livello delle placche (Fig. 12). Lo studio eco-color Doppler del paziente con IPP consente di valutare la funzione erettile [44-51], informazione fondamentale per programmare correttamente la terapia. Nella maggior parte dei pazienti con IPP un deficit erettile concomitante non è dovuto a questa patologia, che determina piuttosto difficoltà o impossibilità alla penetrazione a causa dell'incurvamento o dell'accorciamento penieno, ma a cause vascolari [52]. Il riscontro di una impotenza orienta verso la scelta di un impianto protesico, piuttosto che verso interventi chirurgici di corpoplastica.

L'eco-color Doppler consente, inoltre, di riconoscere l'eventuale presenza di vie di fuga circoscritte in corrispondenza della sede dell'incurvamento penieno responsabili di flaccidità distale del pene per la mancata distensione del corpo cavernoso in corrispondenza della placca.

Traumi

Il pene può subire lesioni per traumi penetranti e non penetranti che si verificano in erezione o in flaccidità. Le ferite penetranti del pene sono la conseguenza di lesioni da armi da fuoco, ferite penetranti spesso autoinflitte, punture di insetti o morsi di animali [53]. La diagnosi è clinica e l'imaging in genere non è necessario. I traumi non penetranti possono produrre ematomi sottocutanei, intracavernosi ed extracavernosi (Fig. 13) confinati tra le diverse fasce del pene. Nei casi più gravi può verificarsi la rottura della tunica albuginea associata o meno a lacerazione del tessuto cavernoso e a lesioni uretrali [1,2,54]. Le lesioni che si verificano quando il pene è eretto o in stato di flaccidità sono profondamente diver-

se in quanto diversa è la mobilità, la posizione, la deformabilità e l'elasticità del pene.

L'ecografia è l'indagine di imaging di prima istanza nello studio dei pazienti con trauma penieno in quanto permette una accurata valutazione dell'anatomia peniena normale ed è in grado di delineare la natura e l'estensione della lesione [55,56]. Raramente sono necessarie altre tecniche di imaging quali la risonanza magnetica o la cavernosografia.

La maggior parte dei traumi che si verificano in erezione sono il risultato di una improvvisa e violenta flessione del pene durante attività erotiche. Il ruolo principale dell'ecografia è escludere la rottura dell'albuginea in quanto ematomi intra ed extracavernosi, se l'albuginea è intatta, possono essere trattati in maniera conservativa, mentre, se la rottura della tunica albuginea non può essere esclusa, è necessario operare tempestivamente il paziente per ridurre il rischio di un incurvamento postraumatico e di deficit erettile permanente [56-58].

La diagnosi di rottura della tunica albuginea si basa sull'anamnesi, sulla clinica e sul quadro ecografico. Il paziente riferisce in genere di avere avvertito un intenso dolore in seguito ad un brusco piegamento del pene eretto seguito, immediatamente dopo, da immediata detumescenza, rigonfiamento e deformazione peniena.

Nel 10-20% dei casi la rottura dell'albuginea si associa ad una lesione uretrale [59]; l'ematoma è confinato al pene quando la fascia di Buck è intatta, mentre si estende allo scroto, al pube ed al perineo, delimitato esclusivamente dalla fascia di Colles, quando la fascia di Buck è lesionata.

L'ecografia consente di confermare la diagnosi di rottura dell'albuginea quando la presentazione clinica è atipica, o quando il dolore e l'importante rigonfiamento penieno impediscono la valutazione clinica. La lesione [1,2,60,61] si presenta come una interruzione della iperecogenicità della tunica albuginea (Fig. 14); piccole rotture difficilmente identificabili in B-mode possono essere riconosciute all'eco-color Doppler comprimendo il pene per la comparsa di segnale colore nella sede della lesione. L'ecografia consente, inoltre, di valutare la sede e l'estensione dell'ematoma. La distensione del lume uretrale

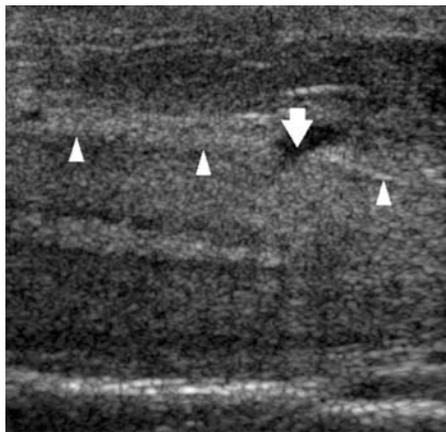


Fig. 14. Rottura della tunica albuginea. Scansione sagittale che dimostra l'interruzione (freccia) della tunica albuginea (punte di freccia).
Figure 14. Rupture of the tunica albuginea. Longitudinal scan showing an interruption (arrow) of the tunica albuginea (arrowheads).

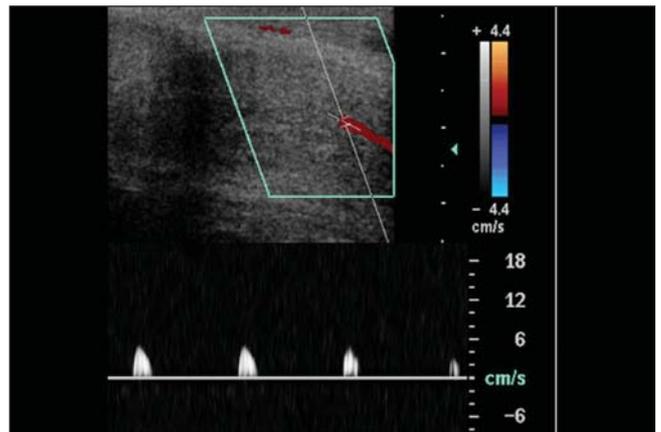


Fig. 16. Priapismo a basso flusso. Scansione longitudinale. Benchè il pene sia completamente eretto i flussi nelle arterie cavernose sono a bassa velocità.

Figure 16. Low-flow priapism. Longitudinal scan. Although the penis is fully erect, low-velocity flow is appreciable in the cavernosal arteries.

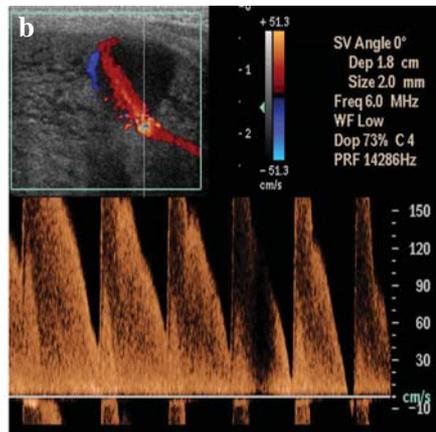
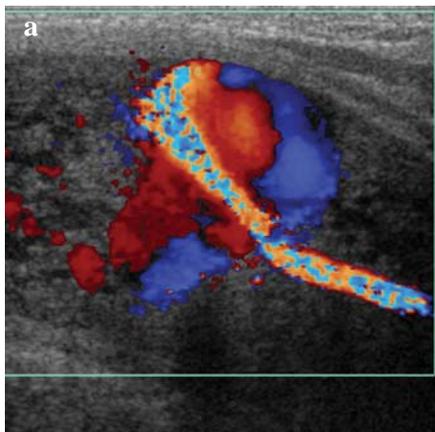


Fig. 15. Priapismo ad alto flusso. Scansioni longitudinali. La lacerazione dell'arteria cavernosa e del tessuto cavernoso si presenta con una lacuna ipervascolarizzata nel contesto del corpo cavernoso (a) in corrispondenza della quale è possibile campionare flussi turbolenti ad alta velocità (b).

Figure 15. High-flow priapism. Longitudinal scans. The lesion of the cavernous tissue associated with a cavernosal artery tear appears as a color blush within the corpus cavernosum (a). Doppler interrogation revealed turbulent high-velocity flow (b).

con soluzione fisiologica può essere utile per identificare lesioni uretrali come una interruzione della parete; in assenza di ferite penetranti la presenza di aria nei corpi cavernosi costituisce un segno indiretto di lesione dell'uretra. Occasionalmente un trauma del pene in erezione esita nella rottura di strutture vascolari senza lesioni dell'albuginea [62-65]; la clinica può mimare una frattura peniena, ma in genere il dolore è minore e non è accompagnato da detumescenza improvvisa e da deformazione peniena. La rottura di vasi penieni profondi, se la fascia di Buck è intatta, produce un ematoma confinato al pene; la rottura di vasi superficiali o di vasi profondi con associata lesione della fascia di Buck produce un ematoma esteso anche allo scroto, al pube ed al perineo.

Se il trauma si verifica quando il pene è in stato di flaccidità si sviluppano ematomi intracavernosi o extracavernosi, ma l'albuginea rimane illesa. La rottura di una arteria cavernosa è rara e si manifesta clinicamente con la comparsa di un priapismo ad alto flusso [66-73]. L'eco-color Doppler consente di valutare gli ematomi, di confermare l'integrità della tunica albuginea e di valutare i vasi penieni. Nei pazienti con priapismo ad alto flusso, in particolare, la zona della lacerazione dell'arteria e del

tessuto cavernoso è individuabile come un'area ipoecogena nel contesto del tessuto cavernoso che presenta intenso segnale colore all'eco-color Doppler [67,74]. Il campionamento Doppler della fistola documenta flussi turbolenti con elevata velocità di picco (Fig. 15).

Priapismo a basso flusso

Si tratta di una erezione persistente e dolorosa non legata a stimolazione o desiderio sessuale che non recede dopo l'orgasmo. È prodotta da insufficiente deflusso venoso dal pene per molteplici cause, molte delle quali non note [68,75,76].

La diagnosi differenziale con il priapismo ad alto flusso è essenziale in quanto il mancato tempestivo trattamento, entro 24 ore dall'insorgenza, determina danni permanenti al tessuto erettile con fibrosi dei corpi cavernosi ed impotenza [69,77,78]. Anche quando tempestivamente trattato, peraltro, il priapismo a basso flusso determina spesso l'insorgenza di un deficit erettile permanente.

La diagnosi di priapismo a basso flusso è basata sulla clinica e sul riscontro di sangue non ossigenato all'interno dei corpi cavernosi; l'eco-color Doppler dimostra

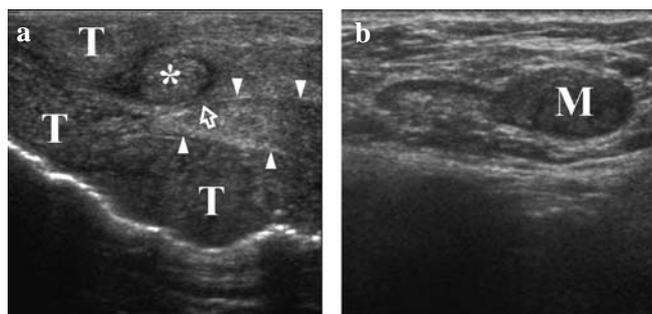


Fig. 17. Carcinoma squamoso del pene. (a) Scansione longitudinale a livello della porzione distale del pene che mostra la lesione (T). Il tumore interessa estesamente il glande e la porzione prossimale del corpo spongioso (*). La tunica albuginea (punte di freccia) è a tratti interrotta (freccie). (b) Metastasi (M) in un linfonodo inguinale.

Figure 17. Squamous cell carcinoma of the penis. (a) Longitudinal scan at the distal portion of the penile shaft. The lesion (T) involves most of the glans and the proximal portion of the corpus spongiosum (*). The tunica albuginea (arrowheads) is interrupted (arrows). (b) Metastasis (M) at an inguinal node.

assenza di flussi nelle arterie cavernose, o flussi con bassa velocità ed alte resistenze (Fig. 16).

Nel follow-up dei pazienti con priapismo a basso flusso è possibile valutare la funzione erettile e la comparsa di fibrosi che si presenta iperecogena rispetto alla normale ecogenicità dei corpi cavernosi.

Neoplasie maligne

I tumori maligni del pene, rari nei paesi sviluppati, costituiscono un problema sanitario importante nei paesi in via di sviluppo. In alcune regioni dell'Asia, dell'Africa e del Sud America costituiscono fino al 10-20% di tutti i tumori maligni del maschio [80,81].

La maggior parte dei tumori maligni del pene, circa il 95%, sono carcinomi squamosi [81,82]. Il tumore compare in genere tra la VI e la VII decade ed è molto raro nei soggetti circoncisi; la scarsa igiene, la fimosi e le infezioni da papillomavirus sono strettamente associate allo sviluppo della malattia [80].

Il carcinoma squamoso del pene si localizza al glande in circa il 50% dei casi. In assenza di trattamento esso cresce invadendo prima la fascia di Buck e quindi la tunica albuginea infiltrando i corpi cavernosi.

Una precisa stadiazione del carcinoma squamoso del pene influenza la strategia terapeutica e la prognosi [56,81,83,84]. L'ecografia ha lo scopo soprattutto di studiare localmente la patologia o di porre la diagnosi di recidiva negli esiti di interventi chirurgici o radioterapici [85].

Il carcinoma squamoso si presenta in genere all'ecografia B-mode come una lesione disomogeneamente ipoecogena con spot iperecogeni dovuti alla presenza di bolle d'aria intrappolate nelle regioni ulcerate [56,84,86]. La possibilità d'identificare ecograficamente la tunica albuginea permette di differenziare le neoplasie limitate al glande da quelle che hanno invaso i corpi cavernosi (Fig. 17); l'ecografia può, inoltre, fornire utili informazioni sulla situazione dei linfonodi superficiali (Fig. 17) e sulla presenza di metastasi parenchimali addominali. Un limite importante dell'ecografia è l'impossibilità di valutare accuratamente l'estensione prossimale del tumore nei pazienti con lesioni avanzate; una accurata stadiazione

locale non è peraltro essenziale in questi pazienti in quanto è comunque necessario procedere con una penectomia totale.

Neoplasie benigne

Le neoplasie benigne del pene sono molto rare. Esse comprendono cisti congenite e acquisite, cisti dermoidi ed epidermoidi, fibromi, miomi, tumori nervosi e neuroepiteliali, lipomi ed angiomi [1,2,56]. Se si escludono le cisti, per il loro caratteristico comportamento acustico, il quadro ecografico dei tumori benigni del pene è aspecifico e poco conosciuto per l'estrema rarità di queste patologie [56]. L'ecografia viene impiegata soprattutto per documentare la presenza della lesione e valutarne i rapporti con le diverse strutture del pene.

Le cisti epidermoidi (Fig. 18) presentano contenuto ecogeno con echi mobili. I tumori di origine fibrosa muscolare e nervosa si presentano come noduli ipoecogeni solidi a margini ben definiti. L'aspetto dei lipomi e dei fibrolipomi è variabile in rapporto alla quantità di tessuto adiposo. Gli angiomi sono in genere superficiali e si presentano come papule o macule rossastre, mal valutabili ecograficamente. Occasionalmente, tuttavia, possono presentarsi a livello penieno angiomi cavernosi giganti interessanti estesamente il glande, il corpo spongioso e, a volte, i corpi cavernosi. In questi casi l'ecografia consente di individuare la lesione, che si presenta disomogenea con ampie lacune ipoecogene (Fig. 19), e di valutarne l'estensione. L'esame deve essere eseguito in erezione, in quanto in questa fase le lacune vascolari aumentano di dimensioni. L'eco-color Doppler non consente di documentare flussi all'interno della lesione per la velocità del flusso estremamente bassa. Dopo trattamento con sclerotizzazione l'ecografia può essere utilizzata per valutare la riduzione volumetrica dell'angioma.

Metastasi peniene

L'interessamento metastatico del pene deriva dalla diffusione locale di tumori degli organi adiacenti o, più raramente, dalla diffusione ematogena o linfatica di neoplasie di organi distanti. Il trattamento è palliativo e la prognosi è rapidamente infausta [87].

La presentazione clinica delle metastasi peniene è variabile. In circa il 40% dei casi si riconosce un aumento di consistenza del pene, che risulta estremamente dolente, dovuto all'infiltrazione diffusa dei corpi cavernosi associata o meno a stasi ematica o a trombosi nei corpi cavernosi e nelle vene di deflusso. Meno frequentemente l'interessamento neoplastico del pene si presenta come multipli noduli palpabili. I sintomi, oltre al dolore, includono l'ematuria e l'ostruzione urinaria [87].

Le metastasi ematogene e linfatiche si presentano in genere come lesioni nodulari nei corpi cavernosi e nel corpo spongioso. L'interessamento metastatico da organi adiacenti può presentarsi come noduli multipli o, più frequentemente, come una infiltrazione diffusa del tessuto erettile; il tumore invade per contiguità la tunica albuginea alla base del pene e cresce all'interno dei corpi cavernosi invadendo gli spazi sinusoidali. Aspetti nodulari e infiltrativi possono coesistere nello stesso paziente.

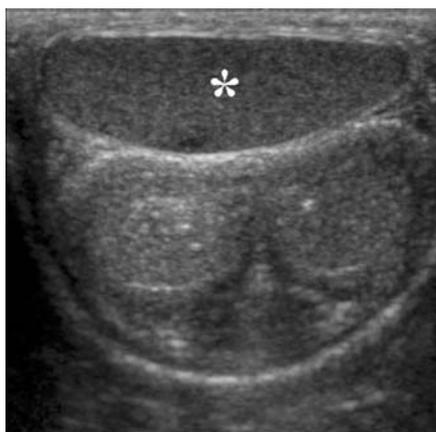


Fig. 18. Cisti epidermoide del dorso del pene (*).
Figure 18. Epidermoid cyst on the dorsal aspect of the penis ().*



Fig. 19. Angioma gigante del glande. Scansione assiale a livello del glande che si presenta all'ecografia disomogeneo con multiple lacune ipoecogene.
Figure 19. Giant penile hemangioma involving the glans. Axial scan. The glans appears inhomogeneous with multiple hypoechoic lacunae.

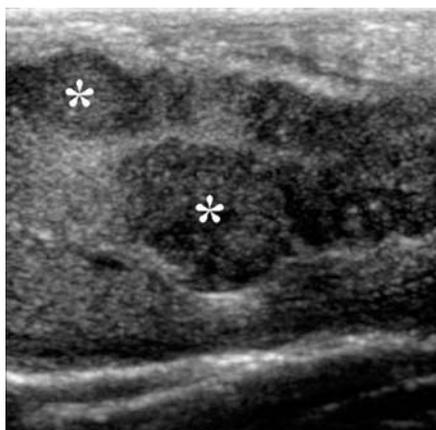


Fig. 20. Metastasi peniene da carcinoma della vescica. Scansione longitudinale. L'interessamento secondario è sia di tipo nodulare (*) che diffuso (aree ipoecogene).
Figure 20. Penile metastases from bladder cancer. Longitudinal scan showing nodular () and diffuse (hypoechoic areas) metastases.*

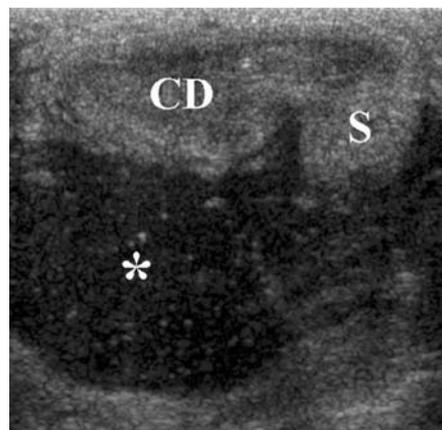


Fig. 21. Ascesso penieno. Scansione assiale sul dorso del pene che dimostra una raccolta ascessuale che si insinua tra il corpo cavernoso di destra (CD) ed il corpo spongioso (S).
Figure 21. Penile abscess. Axial scan at the dorsal aspect of the shaft showing an abscess spreading between the right corpus cavernosum (CD) and the corpus spongiosum (S).

All'ecografia le metastasi circoscritte del pene si presentano come lesioni nodulari all'interno dei corpi cavernosi e del corpo spongioso con ecogenicità e vascolarizzazione variabile (Fig. 20). Nei pazienti con infiltrazione diffusa del pene è possibile documentare l'interruzione della tunica albuginea alla base dei corpi cavernosi; il tessuto neoplastico può essere pressochè isoecogeno rispetto al tessuto cavernoso non infiltrato, riconoscibile solamente per una alterazione dell'ecostruttura dei corpi cavernosi, per la presenza di segni di infiltrazione focale della tunica albuginea o di rigonfiamenti irregolari del profilo dei corpi cavernosi.

Processi flogistici

I processi flogistici del pene sono rari e di solito si sviluppano come complicanze di traumi penetranti, o in seguito a manovre iatrogene quali l'iniezione intracaver-

nosa di farmaci, la cavernosografia o procedure angiografiche. L'ecografia permette di individuare, nei pazienti con flogosi peniena estesa ai tessuti erettili, aree ipoecogene intracavernose a limiti non ben definiti associate a ispessimento delle fasce che possono presentarsi con un aspetto stratificato "a buccia di cipolla". Gli ascessi (Fig. 21) si presentano come raccolte ipoecogene a profili irregolari con echi mobili all'interno localizzate nei corpi erettili o tra le fasce di rivestimento [1,2].

Trombosi della vena dorsale superficiale del pene

La trombosi della vena dorsale superficiale del pene, o trombosi di Mondor, è una patologia rara che può colpire soggetti di tutte le età. La malattia può presentarsi in pazienti con trombofilia ereditaria, o in seguito a traumi ed infiammazioni; sono stati riportati casi insorti in seguito a stasi venosa causata da sovradistensione vesci-



Fig. 22. Scansione assiale. Trombosi della vena dorsale del pene (punte di freccia).

Figure 22. Axial scan. Deep dorsal vein thrombosis (arrowheads).

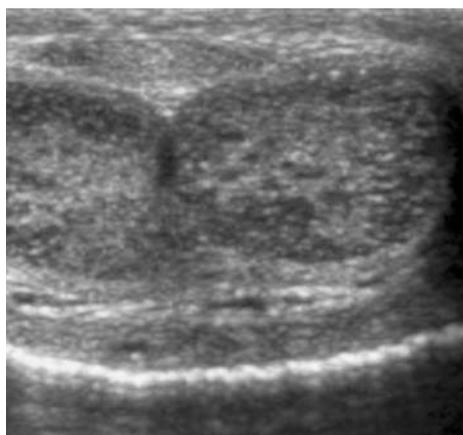


Fig. 23. Fibrosi dei corpi cavernosi. Scansione assiale che dimostra aree iperecogene a contorni mal definiti nel contesto di entrambi i corpi cavernosi.

Figure 23. Cavernosal fibrosis. Axial scan showing ill-defined hyperechoic areas within the corpora cavernosa.

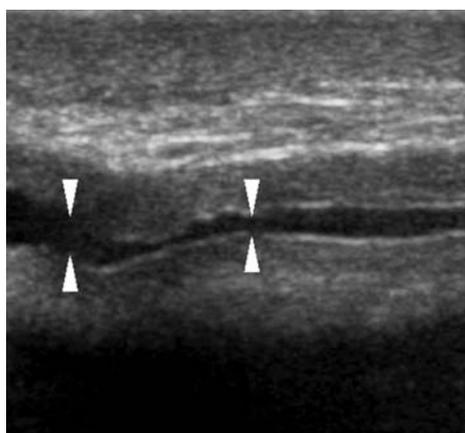


Fig. 24. Scansione longitudinale dell'uretra dopo distensione del lume con soluzione fisiologica che evidenzia una stenosi uretrale (punte di freccia).

Figure 24. Longitudinal scan of the urethra after fluid distension with saline solution reveals a urethral stricture (arrowheads).

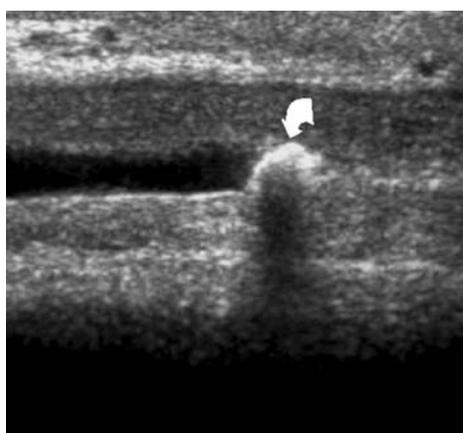


Fig. 25. Scansione longitudinale dell'uretra dopo distensione del lume con soluzione fisiologica che evidenzia un calcolo (freccia curva) che occlude il lume uretrale.

Figure 25. Longitudinal scan of the urethra after fluid distension with saline solution reveals a stone (curved arrow) producing occlusion of the urethral lumen.

cale e processi neoplastici della vescica e della prostata. La trombosi può, peraltro, essere idiopatica e presentarsi anche in assenza di evidenti fattori scatenanti o di cause predisponenti.

Il quadro clinico è contraddistinto da un indurimento della vena dorsale che assume un aspetto "a cordone". Nella forma acuta i segni sono in genere quelli tipici della tromboflebite superficiale con evidenti fenomeni di flogosi associati a febbre. Nella forma sub-acuta e cronica il quadro clinico è molto più sfumato con sensazione di fastidio e presenza di indurimento venoso. La malattia ha evoluzione benigna con guarigione spontanea in 6-8 settimane. L'eco-color Doppler dimostra la trombosi del vaso per l'assenza di comprimibilità e la presenza di materiale ecogeno all'interno del lume (Fig. 22) e l'assenza di flussi [56,88,89].

Fibrosi dei corpi cavernosi

La fibrosi primitiva o idiopatica del pene può essere localizzata o diffusa; si presenta ecograficamente come un'area iperecogena nel contesto del tessuto cavernoso [4], o come un'iperecogenicità diffusa dei corpi cavernosi (Fig. 23), a volte fortemente attenuante o con calcificazioni.

Le forme secondarie di fibrosi circoscritta dei corpi cavernosi sono molto più frequenti di quelle primitive.

Si sviluppano in seguito a traumi, iniezione intracavernosa di farmaci [90] e manovre chirurgiche.

Nei pazienti con priapismo a basso flusso uno stato iposico del pene prolungato oltre 5-6 ore comporta una progressiva alterazione delle fibrocellule muscolari dei corpi cavernosi e l'evoluzione verso una fibrosi diffusa che può verificarsi anche in seguito a flogosi severe.

La fibrosi diffusa dei corpi cavernosi si accompagna ad

impotenza non trattabile farmacologicamente in quanto impedisce la distensione del tessuto erettile e l'instaurazione del meccanismo venooclusivo.

Il riconoscimento di questa condizione ha importanti implicazioni terapeutiche in un paziente che si presenta per impotenza in quanto la fibrosi estesa dei corpi cavernosi comporta serie difficoltà nell'impianto delle protesi peniene [91].

Uretra peniena

Le patologie dell'uretra sono congenite ed acquisite. Le patologie congenite malformative sono spesso associate ad altre malformazioni genito-urinarie. Tra le anomalie congenite uretrali ricordiamo la megalouretra, la duplicità uretrale, le fistole congenite uretro-rettali.

Le stenosi sono le più frequenti patologie acquisite dell'uretra.

Esse si verificano più frequentemente a livello del punto di unione tra l'uretra bulbare e l'uretra membranosa.

L'uretra può essere studiata ecograficamente dopo distensione del lume con soluzione fisiologica con ottima risoluzione spaziale e temporale. In questo modo è possibile individuare la presenza di stenosi (Fig. 24) e misurarne la lunghezza con una accuratezza analoga a quella dell'uretrografia [1,2,92-95].

Altre patologie di possibile riscontro sono la litiasi uretrale (Fig. 25), la dissezione della mucosa in seguito a manovre di cateterizzazione e la presenza di ematomi spongiosi [1,2].

Bibliografia

References

- 1) Benson CB, Doubilet PM, Vickers MA Jr. Sonography of the Penis. *Ultrasound Quarterly* 1991; 9: 89-109
- 2) Doubilet PM, Benson CB, Silverman SG, Gluck CD. The Penis. *Seminars in Ultrasound, CT and MR*, 1991; 12: 157-175
- 3) Hsu GL, Brock G, Martinez-Pineiro L et al. The three dimensional structure of the human tunica albuginea: anatomical and ultrastructural levels. *Int J Impotence Res* 1992; 4: 117-129
- 4) Droupy S, Benoit G, Giuliano F, Jardin A. Penile arteries in humans. *Origin-distribution-variations. Surg Radiol Anat* 1997; 19: 161-167
- 5) Juskiewski S, Vaysse P, Moscovici J, Hammoudi S, Bouissou E. A study of the arterial blood supply to the penis. *Anat Clin* 1982; 4: 101-107
- 6) Tramier D, Argeme M, Huguet JF, Juhan C. Radiological anatomy of the internal pudendal artery (a. pudenda interna) in the male. *Anat Clin* 1981; 3: 195-200
- 7) Breza J, Aboseif SR, Orvis BR, Lue TF, Tanagho EA. Detailed anatomy of penile neurovascular structures: surgical significance. *J Urol* 1989; 141: 437-443
- 8) Wegner HEH, Andresen R, Knispel HH, Banzer D, Miller K. Evaluation of penile arteries with color-coded duplex sonography: prevalence and possible therapeutic implications of connections between dorsal and cavernous arteries in impotent men. *J Urol* 1995; 153: 1469-1471
- 9) Wagner G, Bro-Rasmussen F, Willis EA, Nielsen MH. New theory on the mechanism of erection involving hitherto underscribed vessels. *The Lancet* 1982; 20: 416-418
- 10) Droupy S, Giuliano F, Jardin A, Benoit G. Cavernospongious shunts: anatomical study of intrapenile vascular pathways. *Eur Urol* 1999; 36: 123-128
- 11) Bertolotto M, Neumaier CE, Martinoli C, Quaia E, Savoca G. Color Doppler appearance of penile cavernosal-spongiosal communications in patient with normal and impaired erection. *Eur Radiol* 2002; 12: 2287-2293
- 12) Bertolotto M, de Stefani S, Martinoli C, Quaia E, Buttazzi L. Color Doppler appearance of penile cavernosal-spongiosal communications in patient with severe Peyronie's disease. *Eur Radiol* 2002; 12: 2525-2531
- 13) Lin JT, Bradley WE. Penile neuropathy in insulin dependent diabetes mellitus. *J Urol* 1985; 133 : 213-215
- 14) Montorsi F, Guazzoni G, Barbieri L et al. The effect of intracorporeal injection plus genital and audiovisual sexual stimulation versus second injection on penile color Doppler sonography parameters. *J Urol* 1996; 155: 536-540
- 15) Kim JM, Joh YD, Huk JD, Choi S. Doppler sonography of the penile cavernosal artery: comparison of intraurethral instillation and intracorporeal injection of prostaglandin E1. *J Clin Ultrasound* 2001; 28: 273-278.
- 16) Arslan D, Adil Esen A, Secil M, Aslan G, Celebi I, Dicle O. A new method for the evaluation of erectile dysfunction: sildenafil plus Doppler ultrasonography. *J Urol* 2001; 166(1): 181-184
- 17) Basar MM, Batislam E, Altinok D, Yilmaz E, Basar H. Sildenafil citrate for penile hemodynamic determination: an alternative to intracavernosal agents in Doppler ultrasound evaluation of erectile dysfunction. *Urology* 2001; 4: 623-626
- 18) Chiou RK, Alberts GL, Pomeroy BD et al. Study of cavernosal arterial anatomy using color and power Doppler sonography: impact on hemodynamic parameter measurement. *J Urol* 1999; 162: 358-360
- 19) Patel U, Amir Z, Friedman E, Vale J, Kirby RW, Lees WR. Colour flow and spectral Doppler imaging after papaverine induced penile erection in 220 impotent men: study of temporal patterns and the impotence of repeated sampling, velocity asymmetry and vascular anomalies. *Clin Radiol* 1993; 48: 18-24
- 20) Meuleman EJ, Bemelmans BL, van Asten WN, Doesburg WH, Skotnicki SH, Debruyne FM. Assessment of penile blood flow by duplex ultrasonography in 44 men with normal erectile potency in different phases of erection. *J Urol* 1995; 147: 51-56
- 21) Schwartz AN, Lowe M, Berger RE, Wang KY, Mack LA, Richardson ML. Assessment of normal and abnormal erectile function: color Doppler flow sonography versus conventional techniques. *Radiology* 1991; 180: 105-109
- 22) Schwartz AN, Wang KY, Mack LA et al. Evaluation of normal erectile function with color flow Doppler sonography. *AJR Am J Roentgenol* 1989; 153: 1155-1160
- 23) Broderick GA, Arger P. Duplex Doppler ultrasonography: non-invasive assessment of penile anatomy and function. *Seminars in Roentgenology* 1993; 1: 43-56

- 24) Chiou RK, Pomeroy BD, Chen WS, Anderson JC, Wobing RK, Taylor RJ. Hemodynamic patterns of pharmacologically induced erection: evaluation by color Doppler sonography. *J Urol* 1998; 159: 109-112
- 25) Knispel HH, Andresen R. Color-coded duplex sonography in impotence: significance of different flow parameters in patients and controls. *Eur Urol* 1992; 21: 22-26
- 26) Aboseif SR, Lue TF. Hemodynamics of penile erection. *Urologic Clinics of North America* 1988; 15: 1-7
- 27) Meyer JM, Thibo P. The correlation among cavernous pressure, penile rigidity and resistance index. *J Urol* 1998; 160: 63-66
- 28) Chen JH, Liu SP, Hsieh JT. The relationship of penile rigidity and intracavernous vascular resistance in potent men during intracavernous pharmacological testing. *J Urol* 2001; 166: 1762-1765
- 29) Lue TF. Erectile dysfunction. *N Engl J Med* 2000; 342: 1802-1813
- 30) Gupta R, Kirschen J, Barrow RC, Eid JF. Predictors of success and risk factors for attrition in the use of intracavernous injection. *J Urol* 1997; 157: 1681-1686
- 31) Wagner G, Mulhall J. Pathophysiology and diagnosis of male erectile dysfunction. *BMJ* 2001; 88: 3-10
- 32) Nehra A, Goldstein I, Pabby A et al. Mechanisms of venous leakage: a prospective clinicopathological correlation of corporeal function and structure. *J Urol* 1996; 156: 1320-1329
- 33) Wespes E, Sattar AA, Golzarian J, Wery D, Daoud N, Schulman CC. Corporeal veno-occlusive dysfunction: predominantly intracavernous muscular pathology. *J Urol* 1997; 157: 1678-1680
- 34) Wespes E, Raviv G, Vanegas JP et al. Corporeal veno occlusive dysfunction: a distal arterial pathology? *J Urol* 1998; 160: 2054-2057
- 35) Bookstein JJ, Valji K. The arteriolar component of impotence: a possible paradigm shift. *AJR Am J Roentgenol* 1991; 157: 923-924
- 36) Fitzgerald SW, Erickson SJ, Foley DW, Lipchik EO, Lawson TL. Color Doppler sonography in the evaluation of erectile dysfunction. *Radiographics* 1992; 12: 3-17
- 37) Fitzgerald SW, Erickson SJ, Foley WD, Lipchik EO, Lawson TL. Color Doppler sonography in the evaluation of erectile dysfunction. *RadioGraphics* 1992; 12: 3-17
- 38) Valji K, Bookstein JJ. Diagnosis of arteriogenic impotence: efficacy of duplex sonography as a screening tool. *AJR Am J Roentgenol* 1993; 160: 65-69
- 39) Speel TGW, van Langen H, Wijkstra H, Meulleman EJH. Penile duplex pharmaco-ultrasonography revisited: revalidation of the parameters of the cavernous arterial response. *J Urol* 2003; 169: 216-220
- 40) Sarteschi LM, Montorsi F, Menchini Fabris F, Guazzoni G, Lencioni R, Rigatti P. Cavernous arterial and arteriolar circulation in patients with erectile dysfunction: a power Doppler study. *J Urol* 1998; 159: 428-432
- 41) Montorsi F, Sarteschi LM, Maga T et al. Functional anatomy of cavernous helicine arterioles in potent subjects. *J Urol* 1998; 159: 808-810
- 42) Devine CJ Jr, Somers KD, Jordan SG, Schlossberg SM. Proposal: trauma as the cause of the Peyronie's lesion. *J Urol* 1997; 157: 285-290
- 43) Gingell JC, Desai KM. Peyronies's disease. Review. *Br J Urol* 1989; 138: 1262
- 44) Amin Z, Patel U, Friedman EP et al. Colour Doppler and duplex ultrasound assessment of Peyronies's disease in impotent men. *Br J Radiol* 1993; 66: 398-402
- 45) Andresen R, Wegner HEH, Miller K, Banzer D. Imaging modalities in Peyronie's disease. *Eur Urol* 1998; 34: 128-135
- 46) Metz P, Ebbehøj J, Uhrenholdt A, Wagner G. Peyronies's disease and erectile function. *J Urol* 1983; 130: 1103-1104
- 47) Montorsi F, Guazzoni G, Bergamaschi F et al. Vascular abnormalities in Peyronie's disease: the role of color Doppler sonography. *J Urol* 1994; 151: 373-375
- 48) Ahmed M, Chilton CP, Munson KW, Pallan WJH, Turner G. The role of colour Doppler imaging in the management of Peyronie's disease. *British J Urol* 1998; 81: 604-606
- 49) Lopez JA, Jarow JP. Penile vascular evaluation of men with Peyronie's disease. *J Urol* 1993; 149: 53-55
- 50) Ralph DJ, Hughes T, Lees WR, Pryor JP. Pre-operative assessment of Peyronie's disease using colour Doppler sonography. *British Journal of Urology* 1992; 69: 629-632
- 51) Kadioglu A, Tefekli A, Erol H, Cayan S, Kandirali E. Color Doppler ultrasound assessment of penile vascular system in men with Peyronie's disease. *International Journal of impotence research* 2000; 12: 263-267
- 52) Weidner W, Schroeder-Printzen I, Weiske WH, Vosschenrich R. Sexual dysfunction in Peyronie's disease: an analysis of 222 patients without previous local plaque therapy. *J Urol* 1997; 157: 325-328
- 53) Gomes CM, Ribeiro-Filho L, Giron AM, Mitre AI, Figueira ERR, Arap S. Genital trauma due to animal bites. *J Urol* 2000; 165: 80-83
- 54) Puneekar SV, Kinne JS. Penile fracture. *BJU* 1999; 83: 183-184
- 55) Bertolotto M, Pozzi Mucelli RS. Non penetrating penile trauma: sonographic and Doppler features. *AJR Am J Roentgenol* 2004; 183: 1085-1089
- 56) Pavlica P, Barozzi L. Ultrasound of penile tumors and trauma. *Ultrasound Quarterly* 1998; 14: 95-109
- 57) El-Bahnasawy MS, Gomha MA. Penile fractures: the successful outcome of immediate surgical intervention. *Int J Impotence Res* 2000; 12: 273-277
- 58) Gontero P, Sidhu PS, Muir GH. Penile fracture repair: assessment of early results and complications using color Doppler ultrasound. *International Journal of Impotence Research* 2000; 12: 125-129
- 59) Gottenger EE, Wagner JR. Penile fracture with complete urethral distribution. *J trauma* 2000; 49: 339-341
- 60) Forman HP, Rosenberg HK, McCrum Snyder III H. Fractured penis: sonographic aid to diagnosis. *AJR Am J Roentgenol* 1989; 153: 1009-1010
- 61) Koga S, Saito Y, Arakaki Y et al. Sonography in fracture of the penis. *Br J Urol* 1993; 72: 228-229
- 62) Armenakas NA, Hochberg DA, Fracchia JA. Traumatic avulsion of the dorsal penile artery mimicking a penile fracture. *J Urol* 2001; 166: 619
- 63) Nehru-Babu M, Hendry D, Ai-Saffar N. Rupture of the dorsal vein mimicking fracture of the penis. *BJU* 1999; 84: 179-180
- 64) Polo EH, Garrigos JM, Puertas Ruiz J, Torrus Tendero P, Sanchez Marcos M. Hematoma peneano por rotura de vena dorsal profunda durante el coito. *Arch Esp de Urol* 2000; 53: 473-475
- 65) Mostafa H. Rupture of the dorsal artery of the penis as a result of sexual intercourse. *J Urol* 1967; 97: 314
- 66) Witt MA, Goldeinstein I, Saenz de Jedada. Traumatic laceration of intracavernosal arteries: the pathophysiology of non-ischaemic high flow arterial priapism. *J Urol* 1990; 143: 1125-1127
- 67) Hakim LS, Kulaksizoglu H, Mulligan R, Greenfield A, Goldstein I. Evolving concepts in the diagnosis and treatment of arterial high flow priapism. *J Urol* 1996; 155: 541-548
- 68) Bertram RA, Webster GD, Carson CC 3rd. Priapism: etiology, treatment and results in a series of 35 presentations. *Urology* 1985; 26: 229-232
- 69) Lue TF, Hellstrom WJG, McAninch JW, Tanagho EA. Priapism: a refined approach to diagnosis and treatment. *J Urol* 1986; 136: 104-108
- 70) Bastuba MD, Saenz de Tejada I, Dinlenc CZ, Sarazen A, Krane RJ, Goldstein I. Arterial priapism: diagnosis, treatment and long-term follow-up. *J Urol* 1994; 151: 1231-1237
- 71) Brock G, Breza J, Lue TF, Tanagho EA. High flow priapism: a spectrum of disease. *J Urol* 1993; 150: 968-971
- 72) Witt MA, Goldstein I, Saenz de Tejada I, Greenfield A, Krane RJ. Traumatic laceration of intracavernosal arteries: the pathophysiology of nonischemic, high flow, arterial priapism. *J Urol* 1990; 143: 129-132
- 73) Ciampalini S, Savoca G, Buttazzi L et al. High flow: priapism treatment and long term follow up. *Urology* 2002; 59: 110-113
- 74) Bertolotto M, Quaia E, Pozzi Mucelli F, Ciampalini S, Forgács B, Gattuccio I. Color Doppler imaging of posttraumatic priapism before and after selective embolization. *Radiographics* 2003; 23: 495-503
- 75) Pautler SE, Brock GB. Priapism. *Urol Clin North Am* 2001; 28: 391-403

- 76) Pohl J, Pott B, Kleinhans G. Priapism: a three-phase concept of management according to aetiology and prognosis. *Br J Urol* 1986; 58: 113-118
- 77) Winter CC. Cure of idiopathic priapism: new procedure for creating fistula between glans penis and corpora cavernosa. *Urology* 1976; 8: 389-391
- 78) Chiou RK, Henslee DL, Anderson JC, Wobig RK. Colour Doppler ultrasonography assessment and a saphenous vein graft penile venocorporeal shunt for priapism. *BJU Int* 1999; 83: 138-139
- 79) Horenblas S, Kröger R, Gallee MPW et al. Ultrasound in squamous cell carcinoma of the penis: a useful addition to clinical staging? *Urology* 1994; 43: 702-707
- 80) Pow-Sang MR, Benavente V, Pow-Sang JE et al. Cancer of the penis. *Cancer Control* 2002; 9: 305-314
- 81) Burgers JK, Badalament RA, Drago JR. Penile cancer. Clinical Presentation, Diagnosis, and Staging. *Urol Clin North Am* 1992; 19: 247-256
- 82) Lucia MS, Miller GJ. Histopathology of malignant lesions of the penis. *Urol Clin North Am* 1992; 19: 227-246
- 83) Algaba F, Horenblas S, Pizzocaro G et al. EAU guidelines on penile cancer. *Eur Urol* 2002; 42: 199-203
- 84) Bertolotto M, Serafini G, Dogliotti L et al. Ultrasound features of primary and secondary malignancies of the penis. *Abdom Imaging* 2004, (in press, DOI:10.1007/s00261-004-201-8)
- 85) Horenblas S, Kröger R, Gallee MPW et al. Ultrasound in squamous cell carcinoma of the penis: a useful addition to clinical staging? *Urology* 1994; 43: 702-707
- 86) Agrawal A, Pai D, Ananthakrishnan N et al. Clinical and sonographic findings in carcinoma of the penis. *J Clin Ultrasound* 2000; 28: 399-406
- 87) Belville WD, Cohen JA. Secondary penile malignancies: the spectrum of presentation. *J Surg Oncol* 1992; 51: 134-137
- 88) Shapiro RS. Superficial dorsal penile vein thrombosis (penile Mondor's phlebitis): ultrasound diagnosis. *J Clin Ultrasound* 1996; 24: 272-274
- 89) Schmidt BA, Schwarz T, Schellong SM. Spontaneous thrombosis of the deep dorsal penile vein in a patient with thromboembophilia. *J Urol* 2000; 164: 1649
- 90) Chew KK, Stuckey BGA, Dhaliwal SS, Keogh EJ. Penile fibrosis in intracavernosal prostaglandin E1 injection therapy for erectile dysfunction. *International Journal of Impotence Research* 1997; 9: 225-229
- 91) Bertram RA, Carson CC 3rd, Webster GD. Implantation of penile prostheses in patients impotent after priapism. *Urology* 1985; 26: 325-327
- 92) Morey AF, McAninch JW. Sonographic staging of anterior urethral strictures. *J Urol* 2000; 163: 1070-1075
- 93) Pavlica P, Barozzi L, Menchi I. Imaging of male urethra. *Eur Radiol* 2003; 13: 1583-1596
- 94) Pavlica P, Menchi I, Barozzi L. New imaging of the anterior male urethra. *Abdom Imaging* 2003; 28: 180-186
- 95) Bearcroft PWP, Berman LH. Sonography in the evaluation of the male anterior urethra. *Clinical radiology* 1994; 49: 621-626

Address correspondence:

Prof. Michele Bertolotto
Dipartimento di Scienze Cliniche,
Morfologiche e Tecnologiche,
U.C.O. di Radiologia,
Ospedale di Cattinara,
Strada di Fiume 447, Trieste
Tel. 040 3994372
Fax 040 3994500
E-mail: bertolot@univ.trieste.it

ULTRASONIX