

ECO COLOR DOPPLER PENIENO CON FARMACOFUSIONE: VALUTAZIONE MORFOLOGICA DELLE ARTERIE CAVERNOSE E VARIANTI ANATOMICHE.

L'eco color doppler penieno dinamico con farmacofusione (PDU), permettendo la simultanea valutazione delle condizioni del tessuto erettile, dell'integrità strutturale delle arterie in esso contenute e della qualità del flusso ematico, consente un approccio diagnostico strumentale semplice e poco invasivo (1).

Introdotta da Lue a metà degli anni '80 (2) come indagine strumentale per la diagnosi della disfunzione erettile (DE) vasculogenica, il PDU si è dimostrato inizialmente affidabile nella pratica clinica soprattutto attraverso la valutazione dei parametri velocitometrici misurabili con il doppler pulsato: l'analisi qualitativa dell'onda Doppler con le sue 5 fasi (3), l'analisi quantitativa (velocità di picco sistolico o PSV, velocità telediastolica o EDV, accelerazione, tempo di accelerazione) e l'analisi semiquantitativa (indice di resistenza e indice di pulsatilità).

Tuttavia, tali parametri presentano scarsa riproducibilità, sia per problemi legati alla metodica e comuni a tutte le indagini ecotomografiche ed ecodoppler, sia - nel caso specifico - per la frequente presenza di varianti anatomiche. Chiou et al (4) hanno elencato le principali varianti anatomiche delle arterie cavernose visualizzate al PDU: biforcazione precoce dell'arteria cavernosa, arteria cavernosa doppia, arterie cavernose multiple, arteria cavernosa originante dall'arteria dorsale omolaterale, anastomosi caverno-cavernose con conseguente irregolarità del decorso.

Tali varianti si inquadrano in un contesto più ampio di varianti anatomiche che coinvolge anche il network delle arterie dorsali, bulbari, bulbo-uretrali e la stessa arteria peniena da cui questi vasi derivano come rami terminali. L'ampia dislocazione e l'elevata frequenza delle varianti anatomiche altera significativamente sia i parametri qualitativi sia quelli quantitativi e ciò ha sempre rappresentato uno dei principali limiti nell'interpretazione dei risultati del PDU.

Tuttavia i continui avanzamenti tecnologici in campo ultrasonografico hanno permesso di analizzare in modo sempre più affinato le strutture arteriose coinvolte nell'erezione anche sul piano morfologico, andando così ad integrare con preziose informazioni strutturali il dato funzionale fornito dalla velocimetria Doppler. Prenderemo dunque in esame i principali parametri morfologici da considerare quando si studiano le arterie cavernose al PDU: calibro, decorso, alterazioni parietali, studio arteriolare.

Calibro

L'arteria cavernosa in condizioni di flaccidità presenta un decorso ondulato e il suo calibro misurato al terzo prossimale è inferiore al millimetro (0,4-0,7 mm), laddove dopo farmacofusione si osserva, durante la tumescenza, un aumento del calibro (0,9-1,3 mm) e un decorso meno ondulato (fasi doppler 2-3), fino a diventare rettilineo - nei pazienti con normale quadro vascolare - in condizioni di erezione completa (fasi doppler 4-5).

Proprio la differenza di calibro dell'arteria cavernosa pre e post farmacofusione (parametro che potremmo definire morfo-dinamico) è un dato importante nella valutazione della funzionalità vasale, sebbene il suo utilizzo nella pratica clinica sia piuttosto limitato e non vi siano valori di riferimento largamente condivisi: una dilatazione del calibro considerata normale deve essere $\geq 75\%$ rispetto al suo valore basale (5); in alternativa si può utilizzare la meno nota "compliance" vasale, espressa in % e rappresentata dalla seguente formula: $\text{calibro F} - \text{calibro B} / \text{calibro B} \times 100$ (laddove calibro F = post farmacofusione e calibro B = basale). Valori di compliance $< 60\%$ sono considerati patologici (6).

Decorso

Nel paziente con DE vasculogenica il decorso arterioso tende a rimanere ondulato anche in erezione completa e questo è un dato morfologico che deve essere inserito nel referto: decorso "tortuoso", "a cavaturaccioli", "ad albero autunnale" sono descrizioni comunemente utilizzate, sebbene il loro valore sia meramente qualitativo e piuttosto grossolano. Tuttavia in un lavoro relativamente recente (7) è stato proposto un metodo per quantificare il grado di ondulazione dell'arteria cavernosa,

definito come “indice di ondulazione”: in un segmento arterioso scelto al terzo medio o al terzo prossimale (generalmente si sceglie un tratto di almeno 1 cm di estensione longitudinale il più possibile parallelo alla sonda), la distanza tra la massima escursione del vaso più vicina alla sonda e la massima escursione più lontana viene messa in rapporto con il calibro dell’arteria cavernosa stessa (Fig. 1). In quel lavoro l’indice di ondulazione si è dimostrato un parametro affidabile per individuare la DE vasculogenica utilizzando il cut-off di $>2,5$: 100% di sensibilità e 78% di specificità alla curva ROC. Purtroppo il campione studiato è molto limitato e rende questi risultati poco affidabili ma va segnalato come l’unico tentativo presente al momento in letteratura di quantificare un parametro altrimenti puramente descrittivo e impreciso.

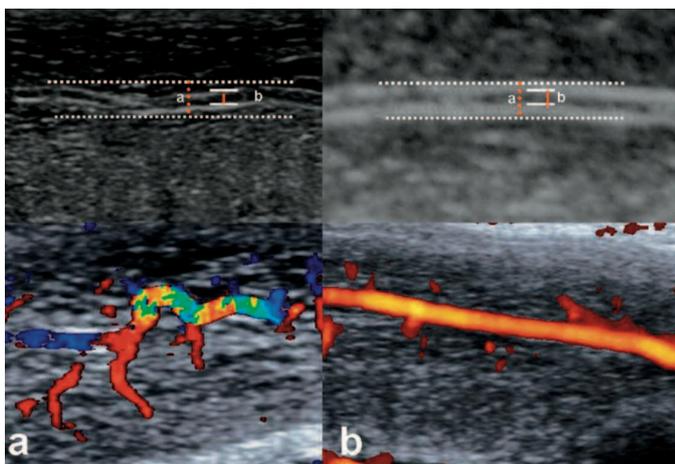


Fig.1 - Misurazione dell’indice di ondulazione in un paziente con arteria cavernosa a decorso tortuoso (a) e rettilineo (b). In basso le corrispondenti immagini color/power Doppler.

Alterazioni parietali

I continui avanzamenti tecnologici hanno portato ad una definizione dell’immagine (risoluzione assiale $<0,1$ mm) tale da poter permettere, a forte ingrandimento (24X zoom) la misurazione dello spessore medio-intimale dell’arteria cavernosa (cav-m-IMT), un parametro che a livello dell’arteria carotide comune è considerato predittore indipendente di stroke e coronaropatia. La misurazione del cav-m-IMT va eseguita una volta completato l’effetto della farmacoinduzione, sul piano di scansione longitudinale, nel tratto arterioso più rettilineo compreso tra terzo prossimale e terzo medio, preferibilmente in modo non completamente manuale ma utilizzando software dedicati che permettono maggior precisione per ogni singola misurazione e conseguentemente un’espressione di valori medi più affidabile (Fig. 2).

In uno studio su 84 pazienti affetti da DE (8) cav-m-IMT si è dimostrato il parametro più preciso (rispetto al PSV, al tempo di accelerazione e allo spessore intima-avventizia) nel predire la presenza di placche a livello delle arterie cavernose (curva ROC sensibilità 100%; specificità 76,4%). Nel medesimo lavoro cav-m-IMT era l’unico parametro in grado di discriminare la DE vasculogenica nel modello multivariato e correlava sia con m-IMT carotideo sia con m-IMT femorale. Infine, confrontando pazienti con DE e due o più comuni fattori di rischio cardiovascolare vs pazienti con DE in assenza di fattori di rischio, cav-m-IMT era significativamente più elevato nel primo gruppo. Laddove si rilevi la presenza di placche o restringimenti significativi del lume vasale, è necessario (oltre alla consueta descrizione della placca e delle sue caratteristiche ecostrutturali) dimostrare se si tratta di stenosi o di occlusione completa del vaso. In quest’ultimo caso deve essere segnalata anche la presenza di eventuali circoli collaterali e la loro validità emodinamica.

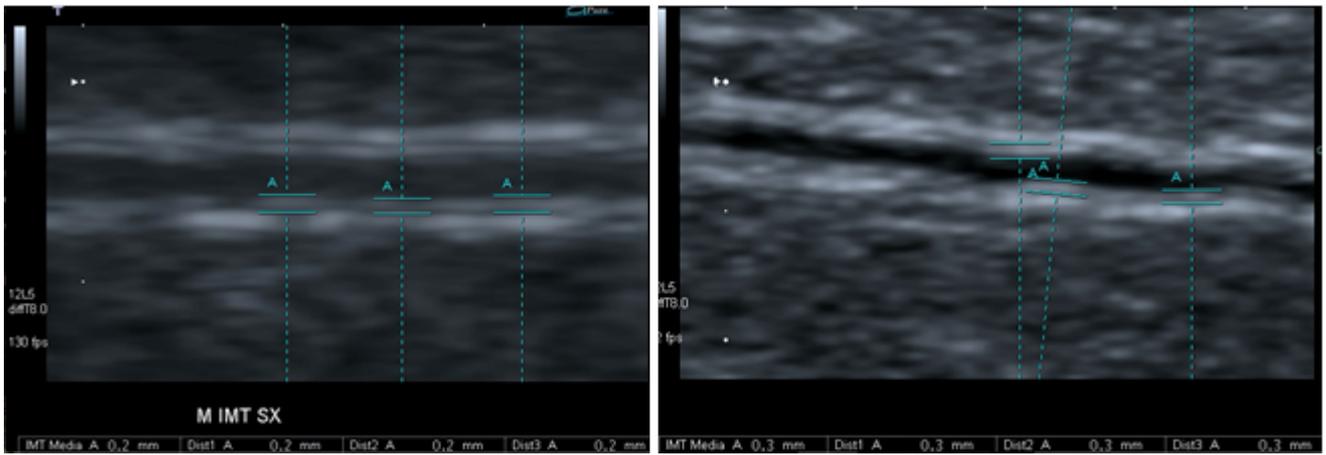


Fig. 2 - Misurazione dello spessore medio-intimale a livello dell'arteria cavernosa: a sinistra spessore nella norma, a destra diffuso ispessimento.

Studio arteriolare

Lo studio morfologico nel PDU non si deve limitare alle arterie cavernose. Utilizzando un ecografo di buon livello è possibile studiare, preferibilmente nella fase di tumescenza, quando la pressione intracavernosa non è troppo elevata, anche le fini ramificazioni delle arterie cavernose: le arteriole elicine. Queste sono maggiormente presenti a partire dal terzo prossimale e intermedio piuttosto che a livello crurale, emergono ad angolo acuto dall'arteria cavernosa e si dividono (al PDU è possibile visualizzare fino a tre ordini di ramificazioni) riducendo via via il loro già esile calibro: all'emergenza dal vaso cavernoso presentano un calibro di appena 0,2-0,4 mm (9). Per tali motivi la visualizzazione delle arteriole elicine non è possibile in B-mode ed è difficoltosa con il color doppler: con tale metodica si misura la componente direzionale della velocità del sangue all'interno di un vaso e ciò comporta alcuni limiti: 1) l'angolo-dipendenza dell'immagine; 2) elevato rumore di fondo o "noise"; 3) fenomeno dell'aliasing per flussi molto bassi come quelli che si riscontrano a questo livello. Per lo studio delle arteriole elicine viene infatti preferito il power doppler, una metodica che evidenzia la risultante cromatica dell'integrale dello spettro Doppler, permettendo così una minore angolo-dipendenza, minore rumore di fondo e una riduzione della pulsatilità dei vasi insonati. E' altresì importante distinguere le arteriole elicine dai vasi di comunicazione spongio-cavernosi: questi vasi emergono sporadicamente (in genere 3-4 per lato) nel tratto intermedio, presentando all'emergenza un angolo con l'arteria cavernosa vicino ai 90 gradi, mentre il calibro è sovrapponibile a quello dell'arteria cavernosa, quindi significativamente più ampio rispetto a quello delle arteriole elicine (10).

Nella DE vasculogenica (11) le arteriole elicine possono essere normalmente rappresentate (placche/stenosi/ipoafflusso a sede prossimale, a livello delle arterie cavernose o coinvolgente l'asse iliaco-pudendo-penieno), ridotte quali-quantitativamente (danno arterioso diffuso o danno prevalentemente arteriolare come avviene tipicamente nel diabete mellito), o assenti (vasculopatia cronica di grado severo) (Fig. 3).

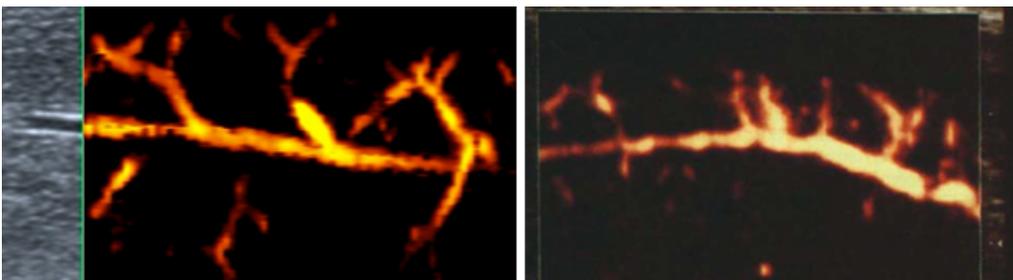


Fig. 3 - Arteriole elicine: a sinistra quadro normale, con tre generazioni di ramificazioni visualizzabili. I rami originano dall'arteria cavernosa ad angolo acuto come di norma. A destra danno prevalentemente arteriolare: ramificazioni elicine ridotte, irregolari, visualizzabile solo la prima generazione di ramificazioni, originano ad angolo quasi retto.

Conclusioni

Il PDU è un esame che da più di 30 anni viene utilizzato nella diagnostica strumentale del deficit erettile. Grazie agli avanzamenti tecnologici l'esame si è progressivamente trasformato da indagine puramente doppleristica a indagine morfo-funzionale, più completa, più precisa nell'individuare le alterazioni arteriose del distretto cavernoso che nelle ultime due decadi sono diventate una fondamentale cartina tornasole dello stato di salute cardiovascolare dei pazienti affetti da DE.

Autori: Pierfrancesco Palego (Padova)

Commissione Linee Guida SIAMS: Elisa Giannetta (Roma), Sandro La Vignera (Catania), Sara Marchiani (Firenze)

BIBLIOGRAFIA

1. Aversa A, Sarteschi LM. The role of penile color-duplex ultrasound for the evaluation of erectile dysfunction. *J Sex Med* 2007; 4:1437-47.
2. Lue TF, Hricak H, Warick KW, Tanago EA. Vasculogenic impotence evaluated by high-resolution ultrasonography and pulsed Doppler spectrum analysis. *Radiology* 1985; 155: 777-81.
3. Patel DV, Halls J, Patel U. Investigation of erectile dysfunction. *Br J Radiol* 2012; 85 S1: S69-78.
4. Chiou RK, Alberts GL, Pomeroy BD, Anderson JC, Carlson LK, Anderson JR, Wobig RK. Study of cavernosal artery anatomy using color and power doppler sonography: impact on hemodynamic parameter measurement. *J Urol* 1999; 162: 358-60.
5. Golijanin D, Singer E, Davis R, Bhatt S, Seftel A, Dogra V. Doppler evaluation of erectile dysfunction – part 2. *Int J Impot Res* 2007; 19: 43-8.
6. Gokkaya CS, Aktas BK, Toprak U, Yahsi S, Bulut S, Ozden C, Memis A. Is there a concordance between carotid and penile cavernosal artery intima-media thickness in patients with erectile dysfunction? *Int J Impot Res* 2012; 24: 44-8.
7. Yildirim D, Bozkurt IK, Gurses B, Cirakoglu A. A new parameter in the diagnosis of vascular erectile dysfunction with penile Doppler ultrasound: cavernous artery ondulation index. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 2013; 17: 1382-8.
8. Caretta N, Palego P, Schipilliti M, Ferlin A, Di Mambro A, Foresta C. Cavernous artery intima-media thickness: a new parameter in the diagnosis of vascular erectile dysfunction. *J Sex Med* 2009; 6: 1117-26.
9. Montorsi F, Sarteschi LM, Maga T, Guazzoni G, Menchini Fabris FG, Rigatti P, Pizzini G, Miani A. Functional anatomy of cavernous helicine arterioles in potent subjects. *J Urol* 1998; 159: 808-10.
10. Bertolotto M, Neumaier CE, Martinoli C, Quaia E, Savoca G. Color Doppler appearance of penile cavernosal-spongiosal communications in patients with normal and impaired erection. *Eur Radiol* 2002; 12: 2287-93.
11. Sarteschi LM, Montorsi F, Menchini Fabris FG, Guazzoni G, Lencioni R, Rigatti P. Cavernous arterial and arteriolar circulation in patients with erectile dysfunction: a power doppler study. *J Urol* 1998; 159: 428-32.