

No eres tú, soy yo: Evaluación vascular de la disfunción eréctil mediante ecografía Doppler y cavernosografía

Juan Francisco Sallaberry Vega¹, Laura García del Salto¹,
Leticia Gutiérrez Velasco¹, Cristian Rodríguez Robles¹,
Sandra Robledo Gil¹, Sara Herranz Cabarcos¹, María
Gómez-Acebo².

¹ Servicio de Radiología, Hospital Universitario del Henares,
Coslada, Madrid.

² Servicio de Urología, Hospital Universitario del Henares,
Coslada, Madrid.

Objetivo

Hacer una revisión del estudio mediante técnicas de imagen de las causas orgánicas de disfunción eréctil con especial énfasis en aquellas de origen vascular. Destacaremos la exploración del pene mediante ecografía Doppler y nos detendremos en el análisis de los cambios hemodinámicos normales y patológicos visualizados durante la erección. Mencionaremos la cavernosografía como herramienta para el estudio de la patología venosa y nos referiremos también a otras causas frecuentes no vasculares de disfunción eréctil.

Revisión del tema

La disfunción eréctil es un motivo de consulta común en la práctica clínica y si bien en muchas ocasiones su causa tiene un componente endocrinológico, farmacológico o psicológico no despreciable, es también frecuente que su etiología involucre factores vasculares.

Esta revisión aborda el estudio de las causas orgánicas vasculares más frecuentes de impotencia sexual en varones, partiendo de consideraciones técnicas como una adecuada exploración ecográfica del pene y haciendo hincapié en la correcta valoración de los cambios hemodinámicos locales durante la erección.

Discutiremos así las principales patologías vasculares exploradas mediante ecografía Doppler y se hará referencia a casos donde la técnica de cavernosografía aporta información decisiva para el manejo clínico. Asimismo se mencionarán las patologías más comunes del pene que pueden ocasionar impotencia sexual orgánica no vascular.

Anatomía

El pene humano es un órgano pélvico externo de morfología cilíndrica y compuesto principalmente por tres estructuras: dos **cuerpos cavernosos** y un **cuerpo esponjoso** que termina en el glande.

Los cuerpos cavernosos son el principal componente del tejido eréctil y se sitúan en la cara dorsolateral, estando íntimamente relacionados a las ramas isquiopubianas en sus porciones más posteriores. Están rodeados por la **túnica albugínea** que es una capa de fascia muy resistente y no distensible la cual tiene un rol crucial en la erección.



Anatomía

En la ecografía los cuerpos cavernosos presentan una ecoestructura uniforme, predominantemente hipoecogénica donde pueden verse pequeños focos ligeramente más ecogénicos que corresponden a los sinusoides. En el interior de los cuerpos discurren las **arterias cavernosas**, usualmente una por cada lado, que en conjunto con sus ramas helicinas conforman la fuente principal del flujo sanguíneo responsable del fenómeno de la erección. Entre ambos cuerpos cavernosos existe un tabique fibroso de separación que contiene fenestraciones, creando múltiples conductos de conexión entre los espacios sinusoidales de ambos lados permitiendo así una comunicación sanguínea a través de la línea media.

El **cuerpo esponjoso** se origina a nivel de la membrana perineal y se extiende anteriormente por la cara ventral del pene hasta el glande. Alberga la uretra en su segmento esponjoso. El glande forma la parte terminal del pene y se encuentra cubierto por prepucio en hombres no circuncidados. A este nivel la uretra se comunica con el exterior mediante el orificio uretral.

Los cuerpos cavernosos y el cuerpo esponjoso están recubiertos por fuera por la fascia de Buck.

Circulación arterial

La irrigación del pene proviene principalmente de vasos originados en la **arteria pudenda interna**, rama del tronco anterior de la arteria ilíaca interna. Este vaso abandona la cavidad pélvica a través del agujero ciático mayor por debajo del músculo piriforme para luego rodear lateralmente la espina ciática y atravesar el agujero ciático menor entrando en el periné.

A cada lado la arteria pudenda interna da las ramas rectal inferior y la perineal. La porción terminal de la arteria pudenda interna origina los siguientes vasos: arteria del bulbo del pene, arteria uretral, arteria cavernosa o profunda del pene y arteria dorsal del pene.

Las **arterias cavernosas** o arterias profundas del pene atraviesan la túnica albugínea a nivel proximal y se extienden a lo largo del cuerpo cavernoso, una a cada lado. Estos son los principales vasos que intervienen en el proceso de la erección.

La **arteria dorsal** se extiende a lo largo de la cara dorsal del cuerpo cavernoso hacia el glande. Este vaso irriga sobre todo el glande, la piel y el tejido subcutáneo.

La arteria del bulbo del pene y uretral irrigan el cuerpo esponjoso y uretra respectivamente. Tienen un rol secundario en la erección.

Circulación venosa

En cuanto a la circulación venosa, la sangre de los cuerpos cavernosos drena mediante las venas emisarias hacia las venas circunflejas en los laterales del pene para luego confluir en la **vena dorsal profunda**. Este sistema también drena la sangre del glande.

Hacia posterior, la vena dorsal profunda desemboca en el plexo venoso prostático. Este plexo presenta comunicaciones con el plexo vesical y en conjunto suelen drenar hacia la **vena ilíaca interna**.

El **plexo prostático** presenta comúnmente comunicaciones con la **vena pudenda interna**, que proviene de las venas del bulbo y la uretra y acompañan en su recorrido a la arteria pudenda interna hacia posterior. Estas comunicaciones son usualmente el blanco de embolizaciones terapéuticas en pacientes con impotencia sexual debido a un retorno venoso anómalo.

La **vena dorsal superficial** drena el prepucio y la piel del pene. Discurre hacia posterior para luego lateralizar hacia izquierda o derecha, finalizando en la **vena pudenda externa** la cual es tributaria de la **vena safena magna** o interna.

Fisiología de la erección

Cuando el pene está flácido el músculo liso se encuentra en estado tónico y los sinusoides cavernosos colapsados. Es por ello que en **estado basal** las arterias cavernosas muestran un **flujo de alta resistencia**.

La erección comienza cuando el impulso nervioso parasimpático relaja las arterias cavernosas aumentando el flujo sanguíneo hacia los espacios sinusoidales, los cuales se llenan de sangre. Esto se refleja en un aumento gradual de la **Velocidad Pico Sistólica (VPS)** y la **Velocidad Telediastólica (VTD)**. El aumento de volumen de los sinusoides cavernosos y la compresión de estos contra la túnica albugínea periférica disminuye el flujo venoso eferente permitiendo así mantener una erección rígida.

Existen 6 fases de la erección:

Fase 0: estado de flacidez con flujo arterial de alta resistencia.

Fase 1: aumento gradual de la VPS y la VTD.

Fase 2: elevación de la presión intra cavernosa con aparición de una muesca telesistólica y descenso progresivo del flujo diastólico.

Fase 3: se igualan las presiones intracavernosa y diastólica con flujo diastólico nulo.

Fase 4: flujo diastólico invertido al superar la presión intracavernosa a la diastólica.

Fase 5: reducción del flujo sistólico durante la erección rígida al aproximarse o igualarse la presión cavernosa a la sistólica.

Exploración Doppler

Se utiliza una sonda de partes blandas, usualmente de **14 Hz**.

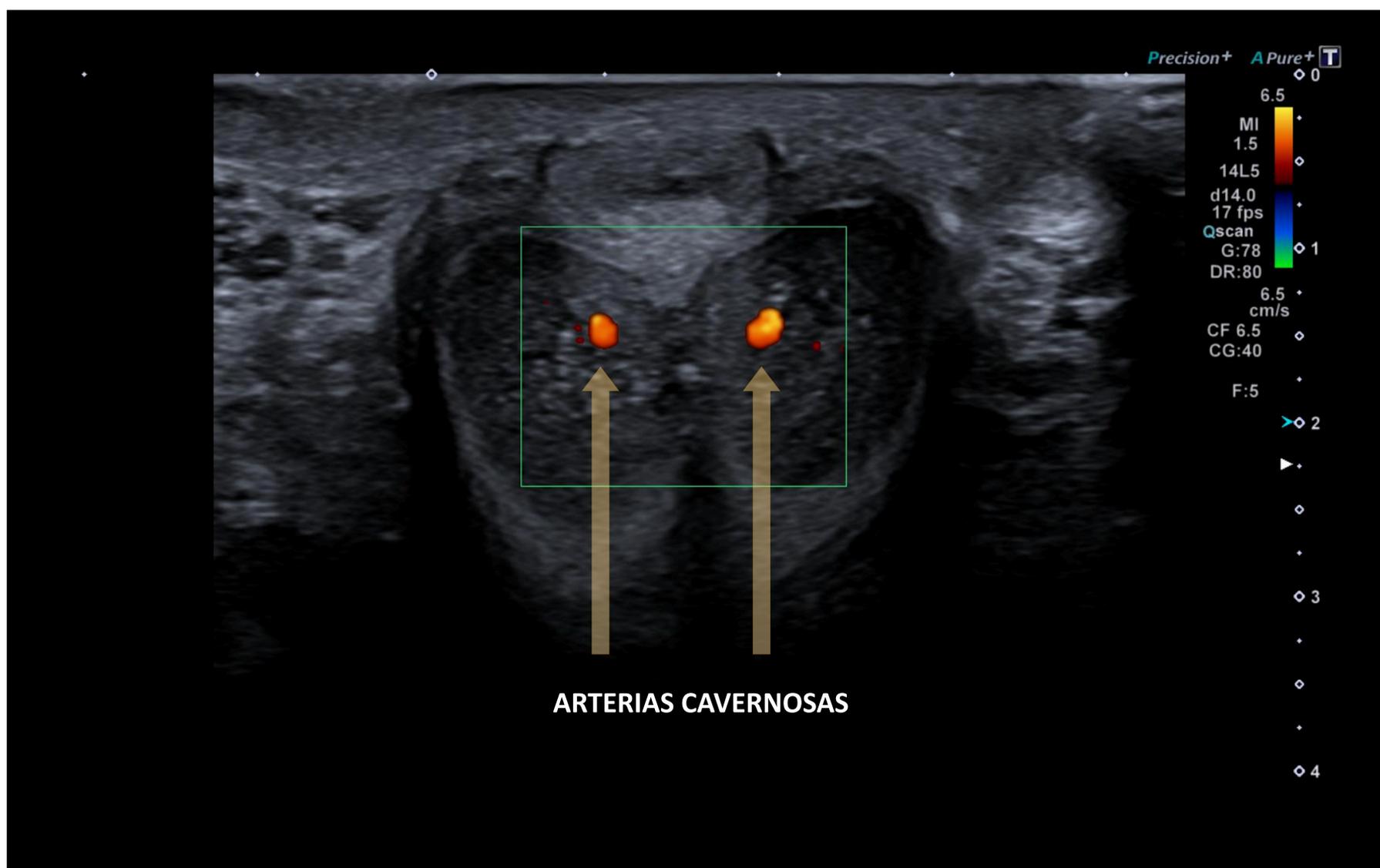
La exploración comienza con el pene flácido en **posición anatómica**, ayudado por el paciente que lo sostiene hacia craneal con **dorso sobre la pared abdominal**.

Se deben identificar y explorar los cuerpos cavernosos, el cuerpo esponjoso y las arterias cavernosas.

Se deben identificar eventuales **variantes de la normalidad** u otras causas estructurales que puedan causar impotencia, como las placas fibrosas en la enfermedad de Peyronie.

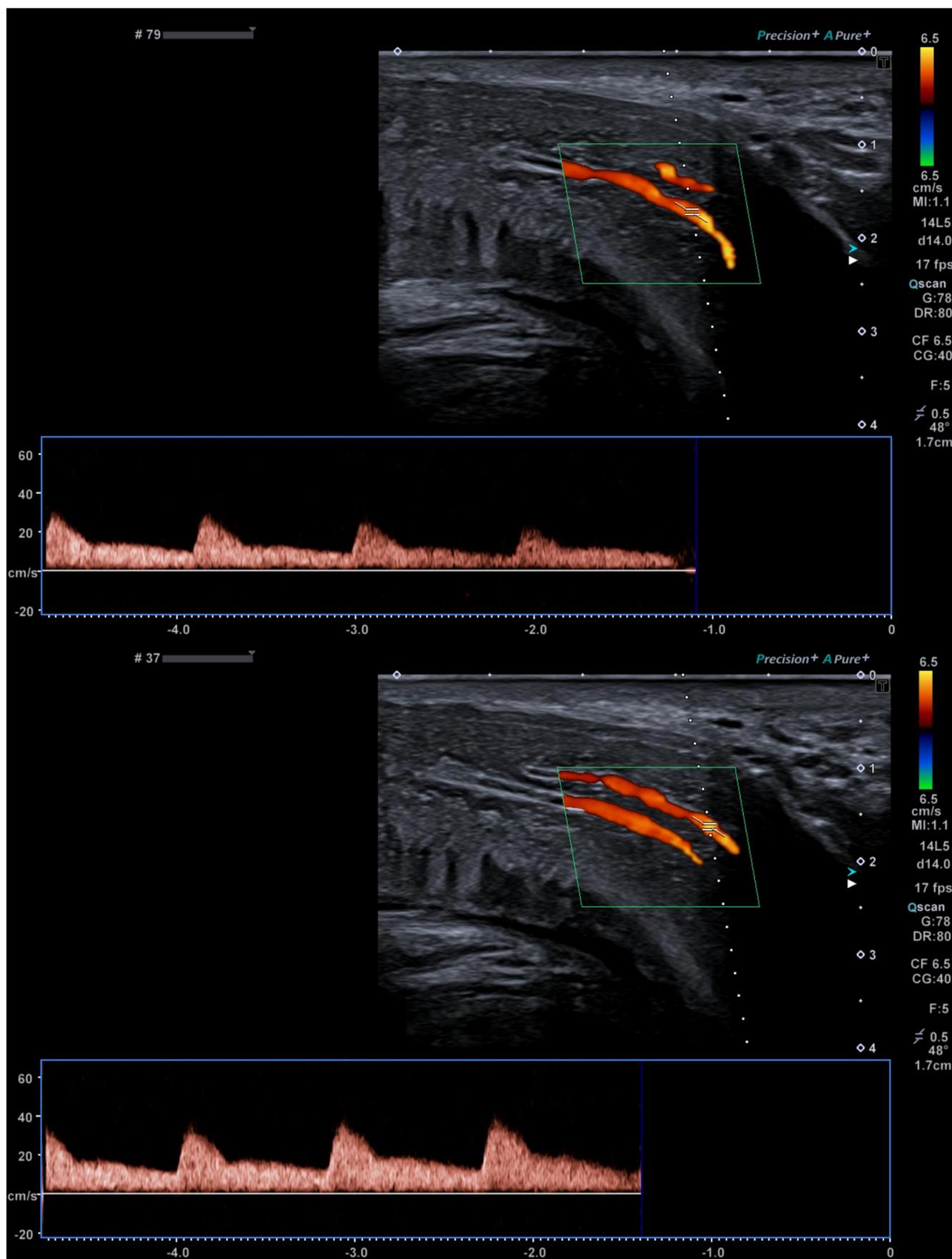
En reposo se debe hacer una medición con Doppler pulsado del flujo de ambas arterias cavernosas. Deben obtenerse curvas de flujo con **ángulos de insonación de entre 30 y 60 grados**. El flujo normal del pene en este estado es **monofásico**, de **alta resistencia** y con flujo diastólico **mínimo**.

Exploración Doppler



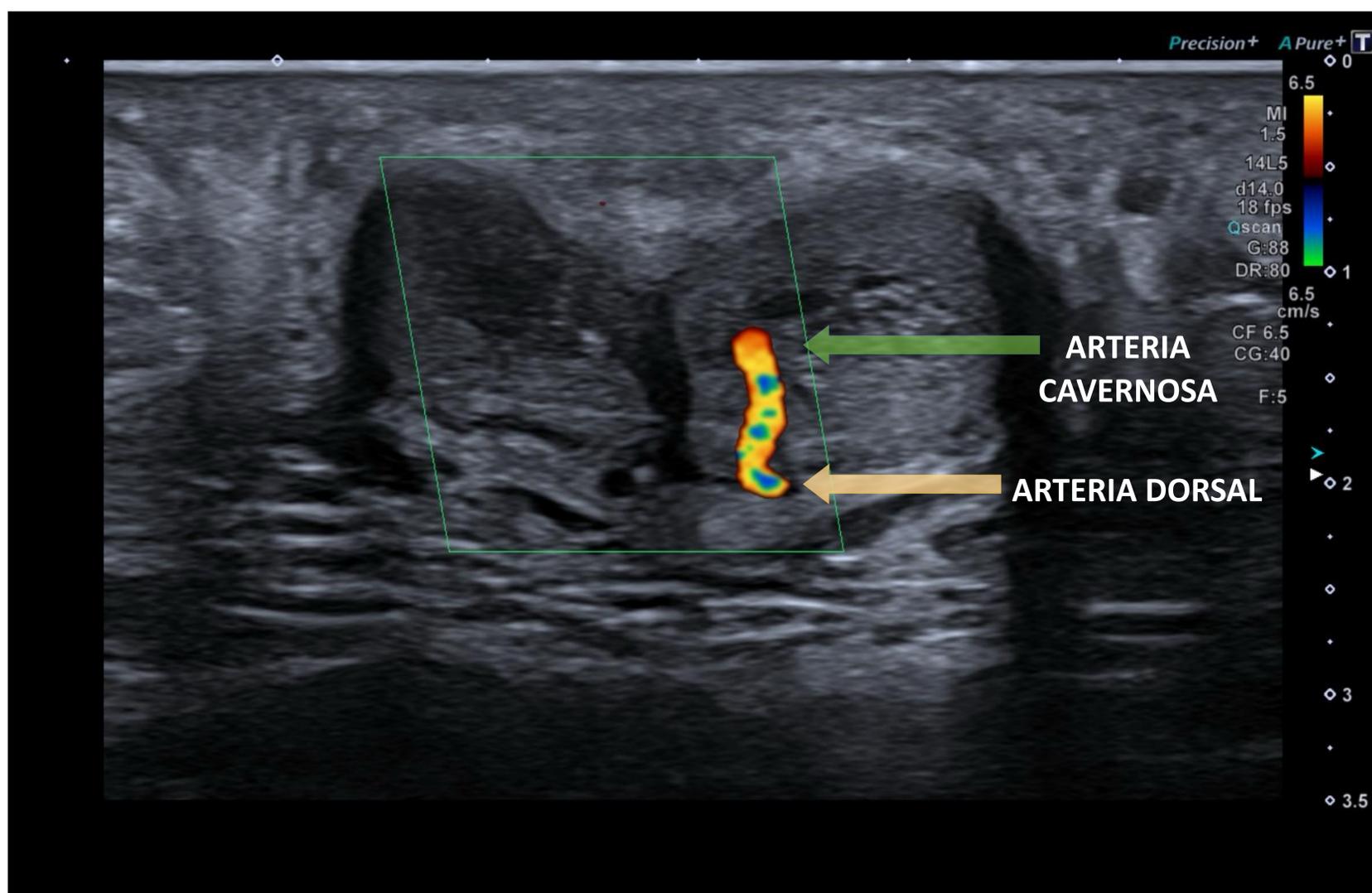
Corte ecográfico axial del pene en posición anatómica. Se aprecia el cuerpo esponjoso en la cara ventral y por debajo los dos cuerpos cavernosos. Se evidencian las arterias cavernosas, una a cada lado.

Variantes anatómicas



Exploración con ecografía Doppler. Corte longitudinal luego de la inyección de prostaglandina (Fase 1) en donde se evidencia la existencia de dos arterias cavernosas en un mismo cuerpo cavernoso.

Variantes anatómicas



Exploración con ecografía Doppler. Corte axial con pene en posición anatómica. Se evidencia comunicación entre arteria cavernosa izquierda y arteria dorsal del pene, con flujo hacia esta última.

Técnica de estudio con prostaglandina

Para el estudio de la impotencia funcional con sospecha de causa vascular se administra una inyección intracavernosa de 10 o 20 mg de un fármaco análogo de prostaglandina (usualmente alprostadilo) y se evalúan los cambios hemodinámicos en las arterias cavernosas hasta lograr una erección completa, esperable en un **máximo de 30 minutos**.

A partir del preciso momento de la inyección es posible evaluar en tiempo real esos cambios hemodinámicos mediante el análisis de la **morfología** de onda de pulso con el **Doppler pulsado**.

Los valores esperables para definir un estudio como normal son:

Velocidad pico sistólica (VPS) > 30 cm/s

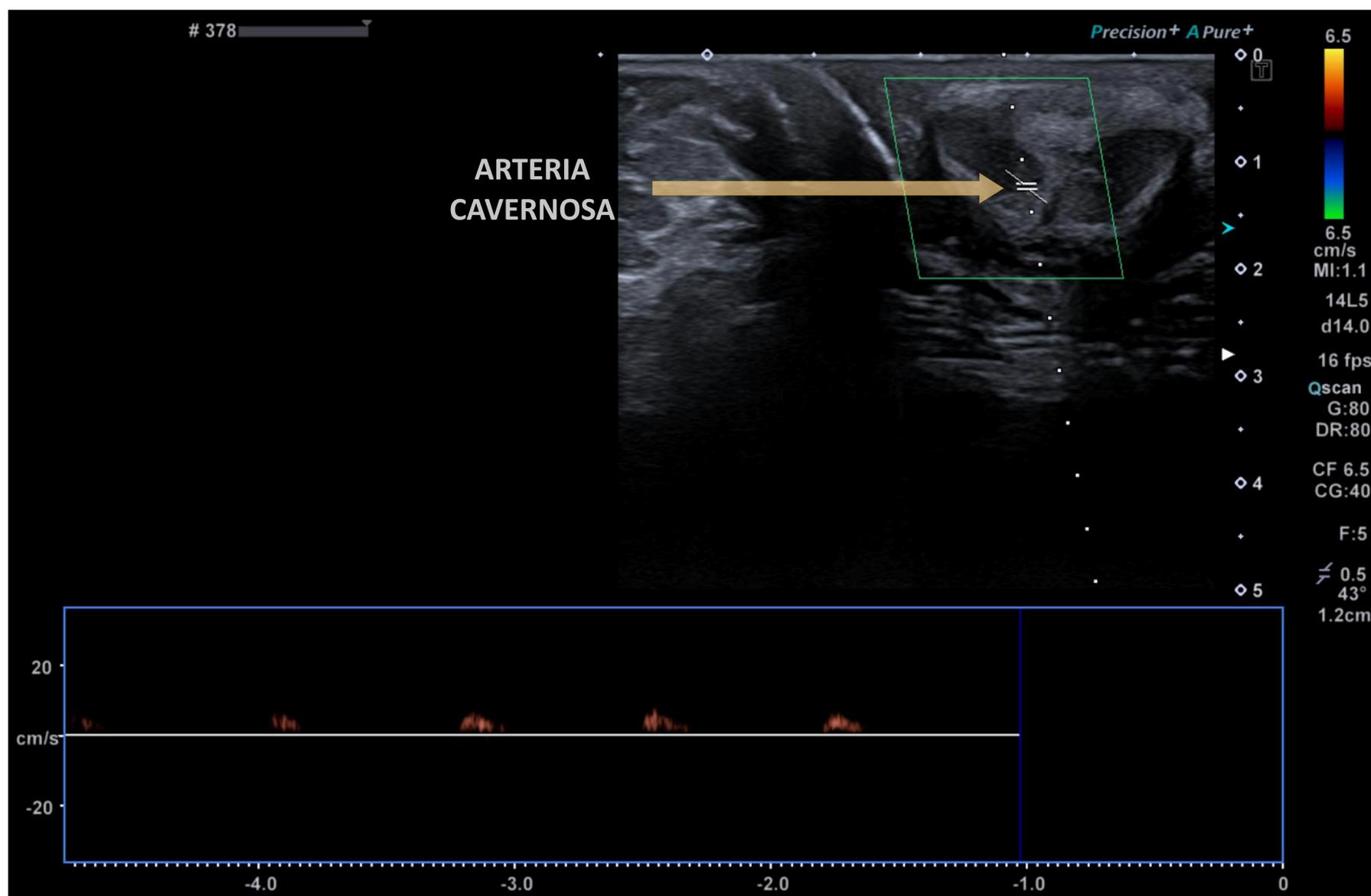
Velocidad telediastólica (VTD) < 5 cm/s

Índice de resistencia > 0.9

Si bien hay bibliografía que define cambios específicos para cada tiempo de exploración, la práctica determina que existe una **inmensa variabilidad entre pacientes** respecto al momento de estos cambios hemodinámicos.

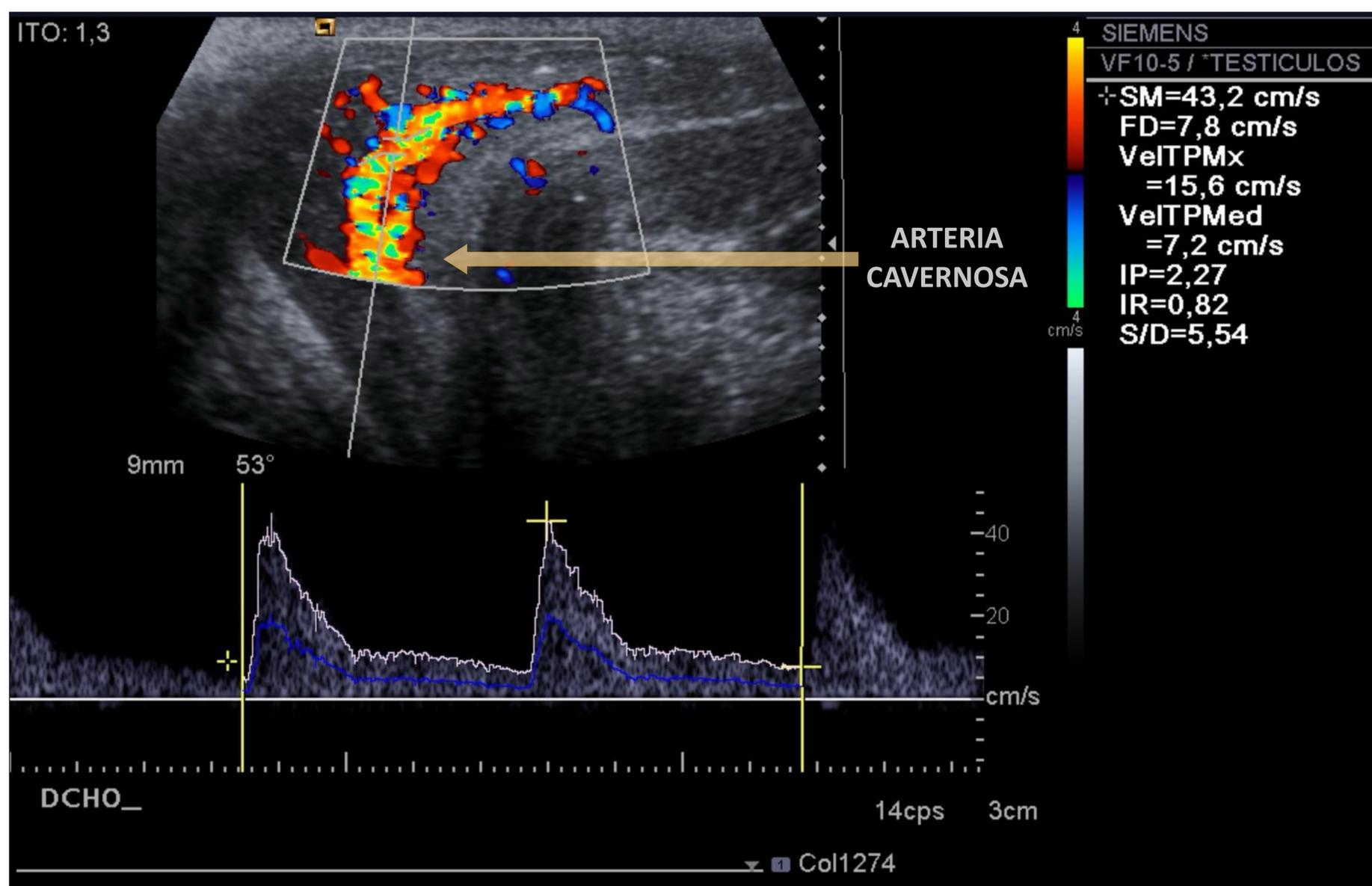
Fase 0

Pene en reposo. Flujo monofásico normal con ausencia de flujo diastólico en arterias cavernosas.



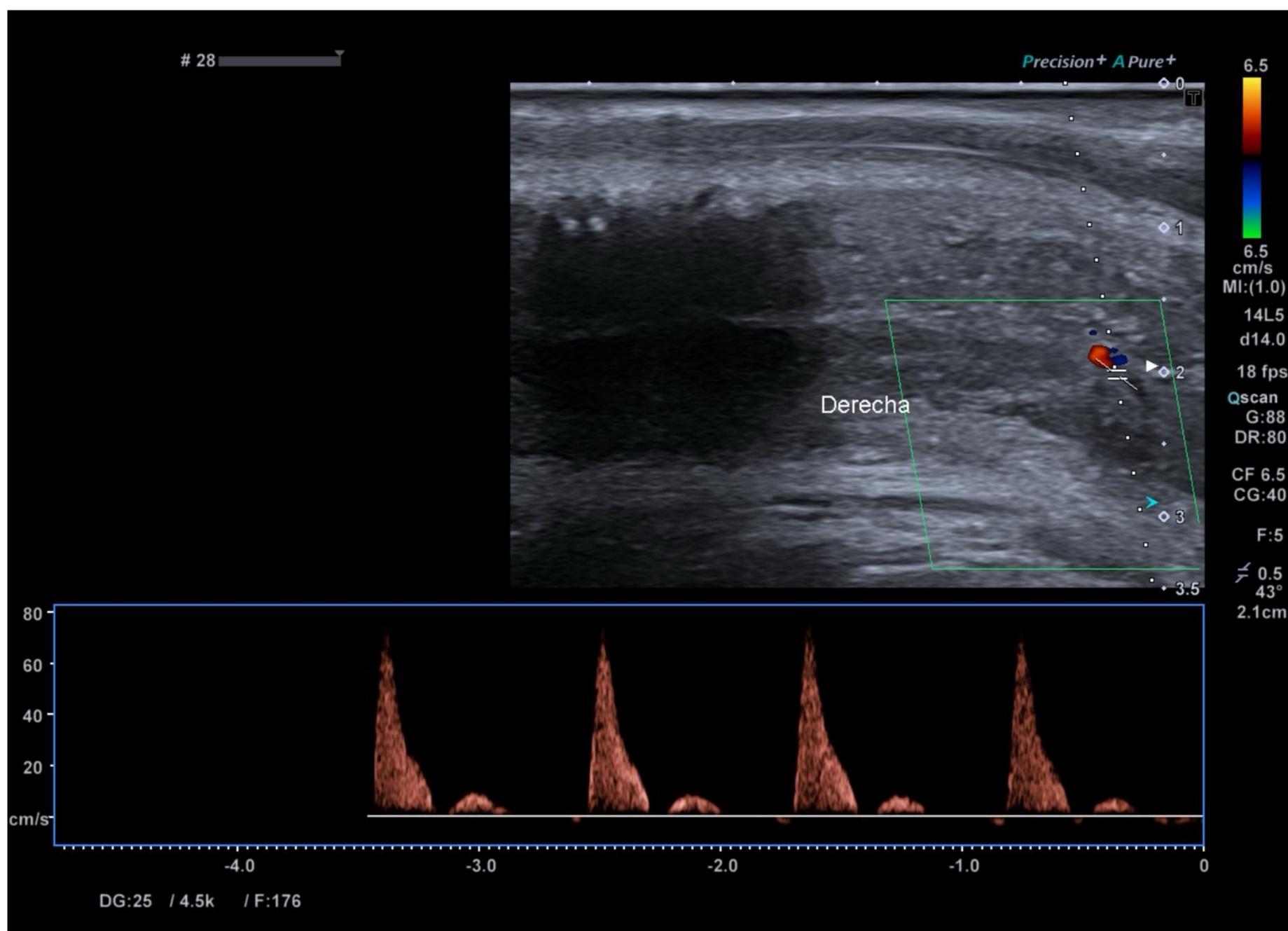
Fase 1

Inicialmente se ve un incremento súbito tanto del flujo sanguíneo sistólico como diastólico en la arteria cavernosa. El flujo es unidireccional en ambas fases, reflejando la disminución en la resistencia vascular.



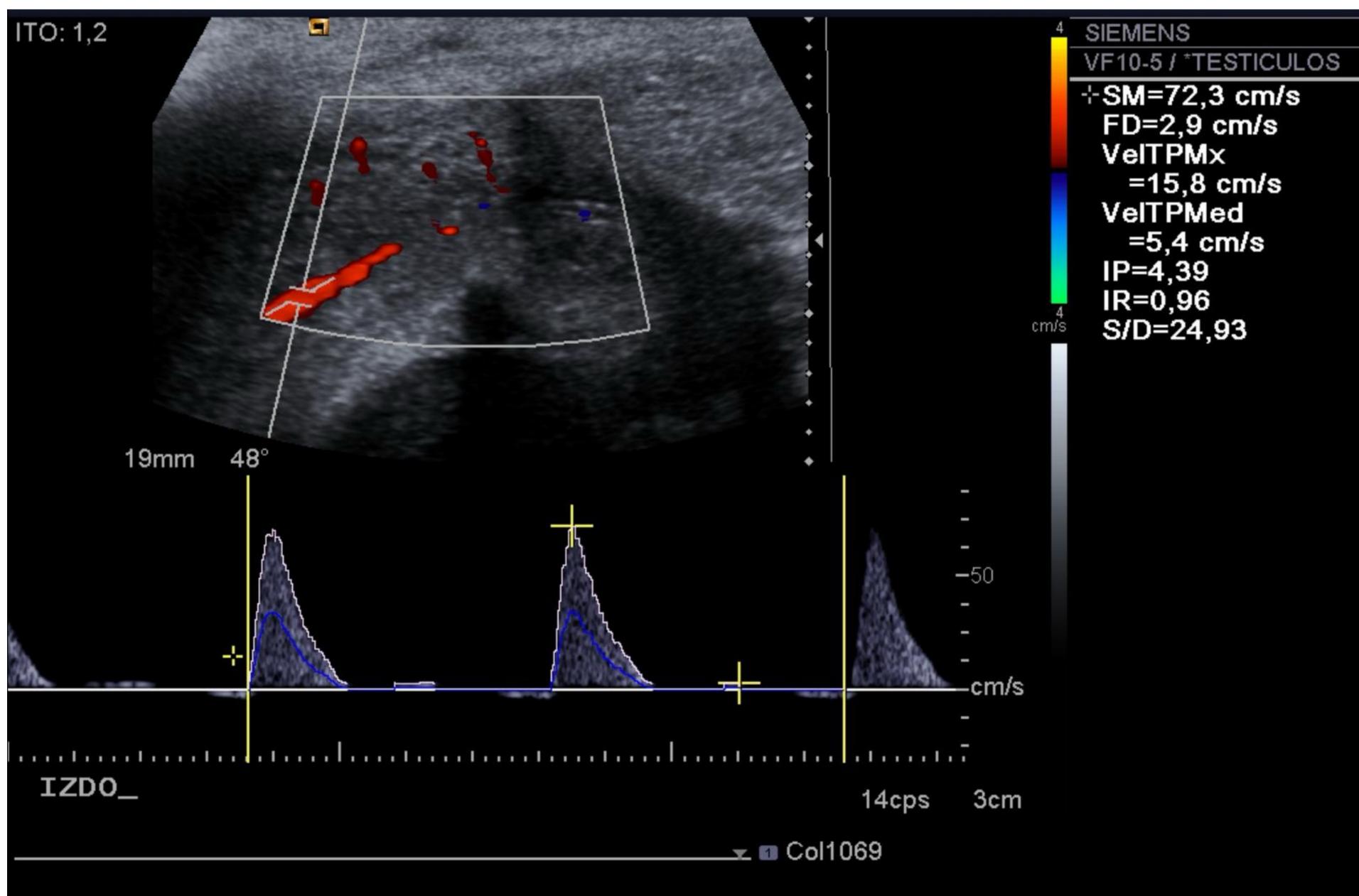
Fase 2

Conforme los cuerpos cavernosos se llenan de sangre y a medida que la presión intracavernosa aumenta, aparece una muesca en la telesístole y el flujo diastólico disminuye.



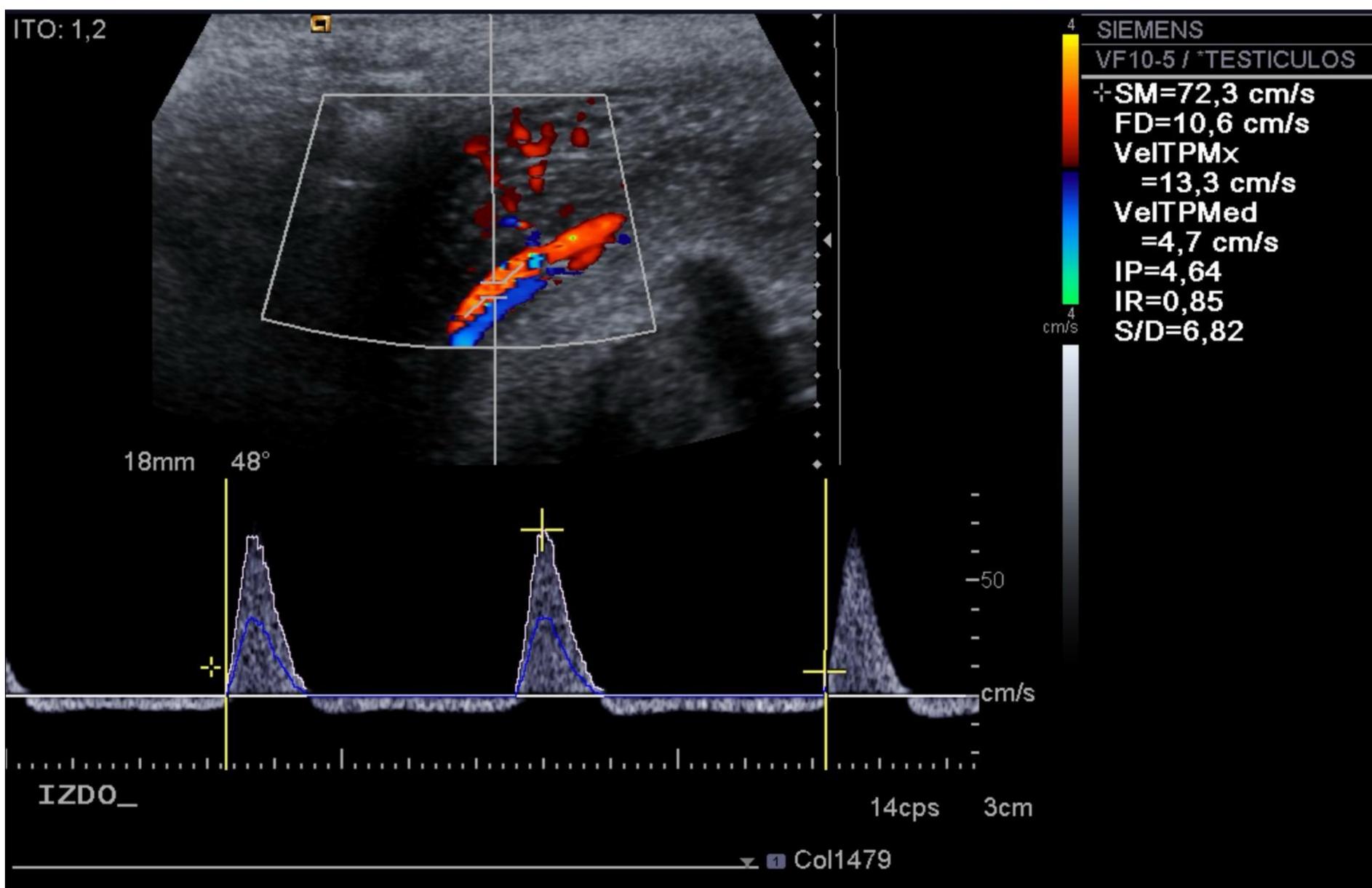
Fase 3

El flujo diastólico continúa disminuyendo. Cuando las presiones intracavernosa y diastólica son iguales el flujo diastólico cesa y solo existe flujo sanguíneo sistólico.



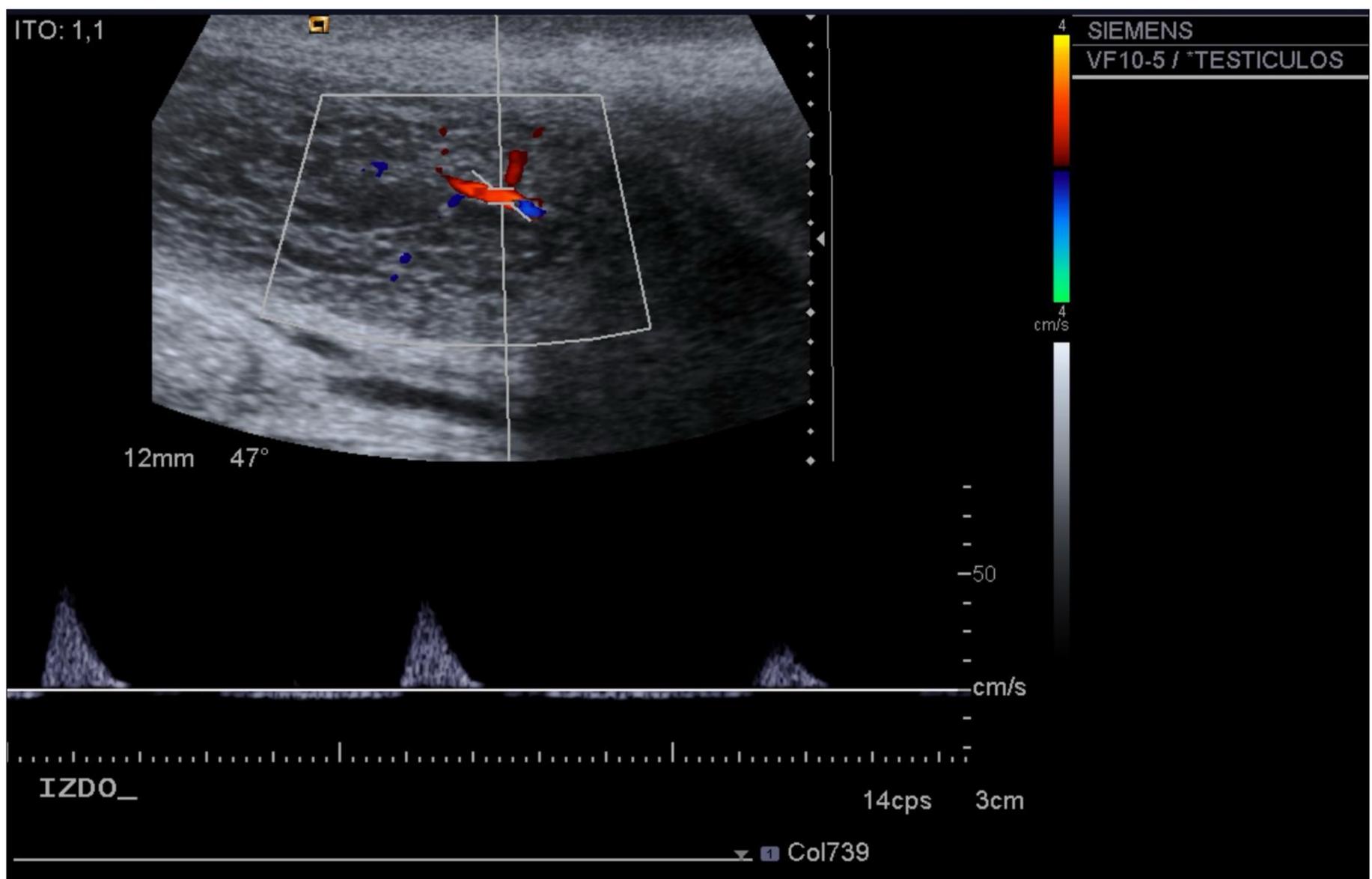
Fase 4

La presión intracavernosa adquiere un valor mayor que la presión arterial diastólica debido al mecanismo veno-oclusivo. Esto se ve reflejado como una inversión del flujo diastólico. También puede observarse un estrechamiento de la envolvente sistólica.



Fase 5

En la **erección completa** se observa una reducción del flujo sistólico al aproximarse la presión intracavernosa a la presión sistólica. Puede observarse una estrechamiento adicional de la envolvente sistólica.



Insuficiencia arterial

La evaluación de la patología vascular se basa en las mediciones realizadas sobre las curvas de flujo de las arterias cavernosas.

Los valores que orientan a disfunción eréctil de origen arterial son:

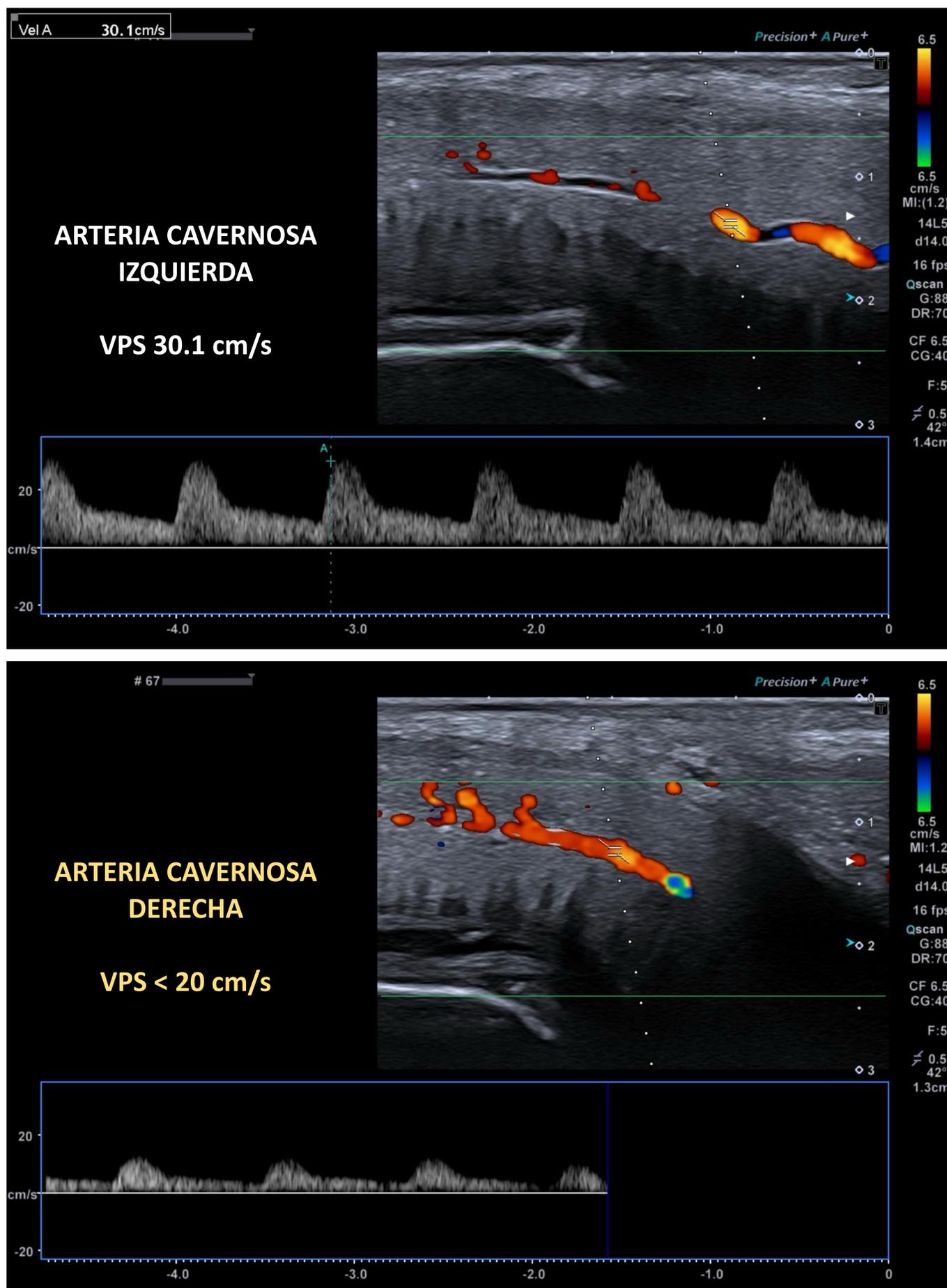
Velocidad pico sistólica (VPS) \leq 25 cm/s
Diferencia de VPS entre ambas arterias cavernosas $>$ 10 cm/s
Presencia de inversión de onda en sístole

Cuando no se obtiene una **erección completa** y se observan estos valores referidos anteriormente, podemos hacer el diagnóstico de insuficiencia arterial.

Este tipo de patología vascular suele verse en pacientes diabéticos, trasplantados renales, con vasculopatías crónicas y con secuelas por traumatismos perineales o peneanos como estenosis o fístulas arteriovenosas.

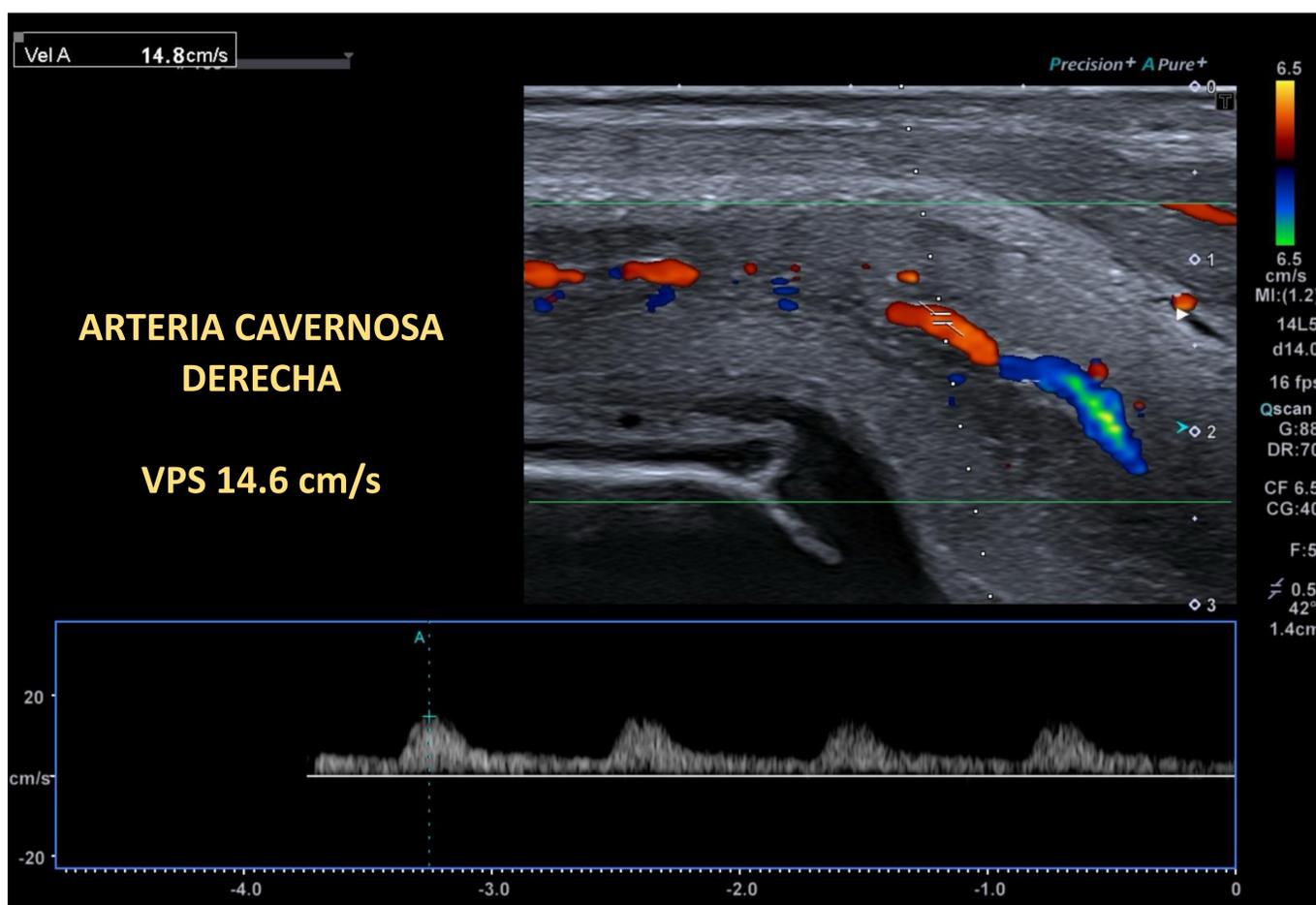
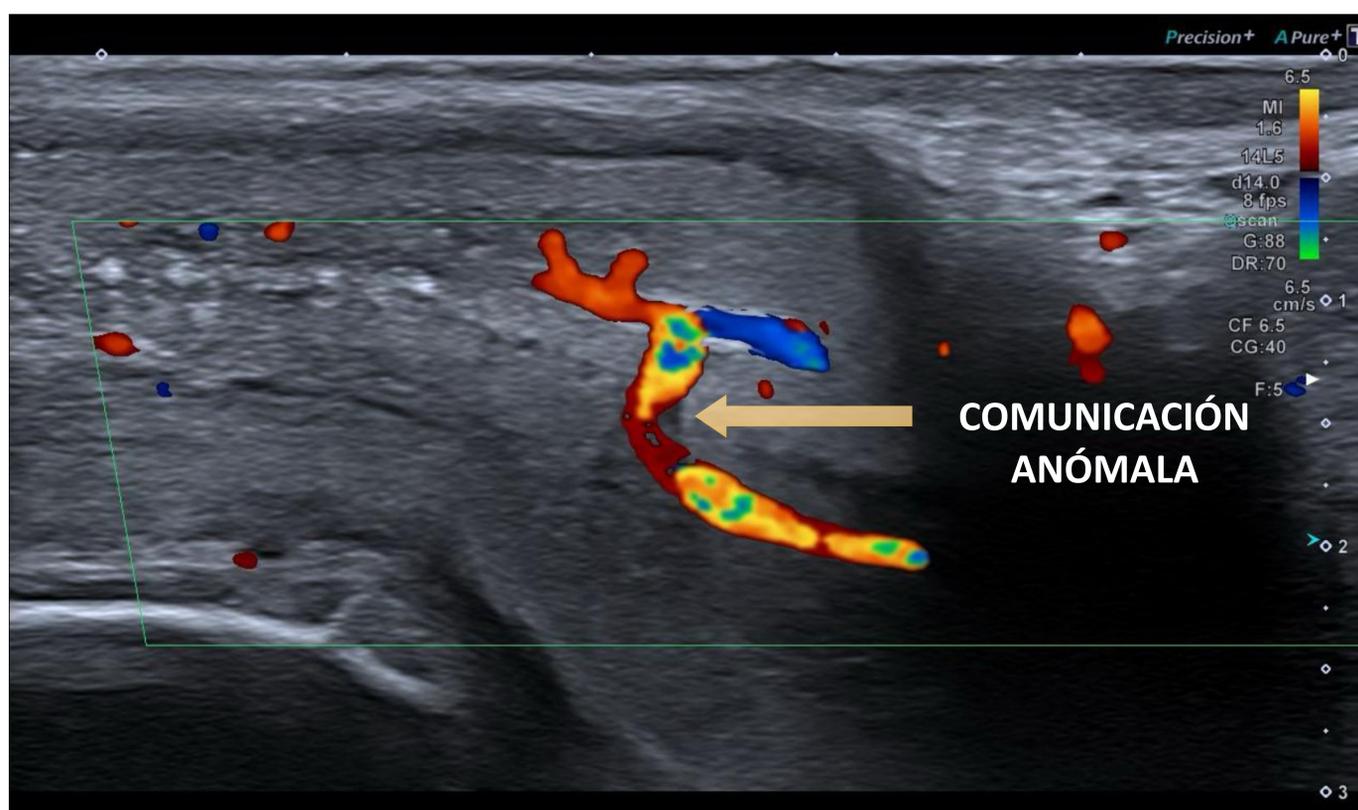
Como dato relevante hay que tener en cuenta que en pacientes con comunicaciones colaterales las velocidades sistólicas máximas de las arterias cavernosas pueden ser menores **aún con respuesta eréctil completa**. Éstas comunicaciones pueden verse entre la arteria dorsal y las arterias cavernosas, o entre las arterias cavernosas y la arteria esponjosa.

Insuficiencia arterial



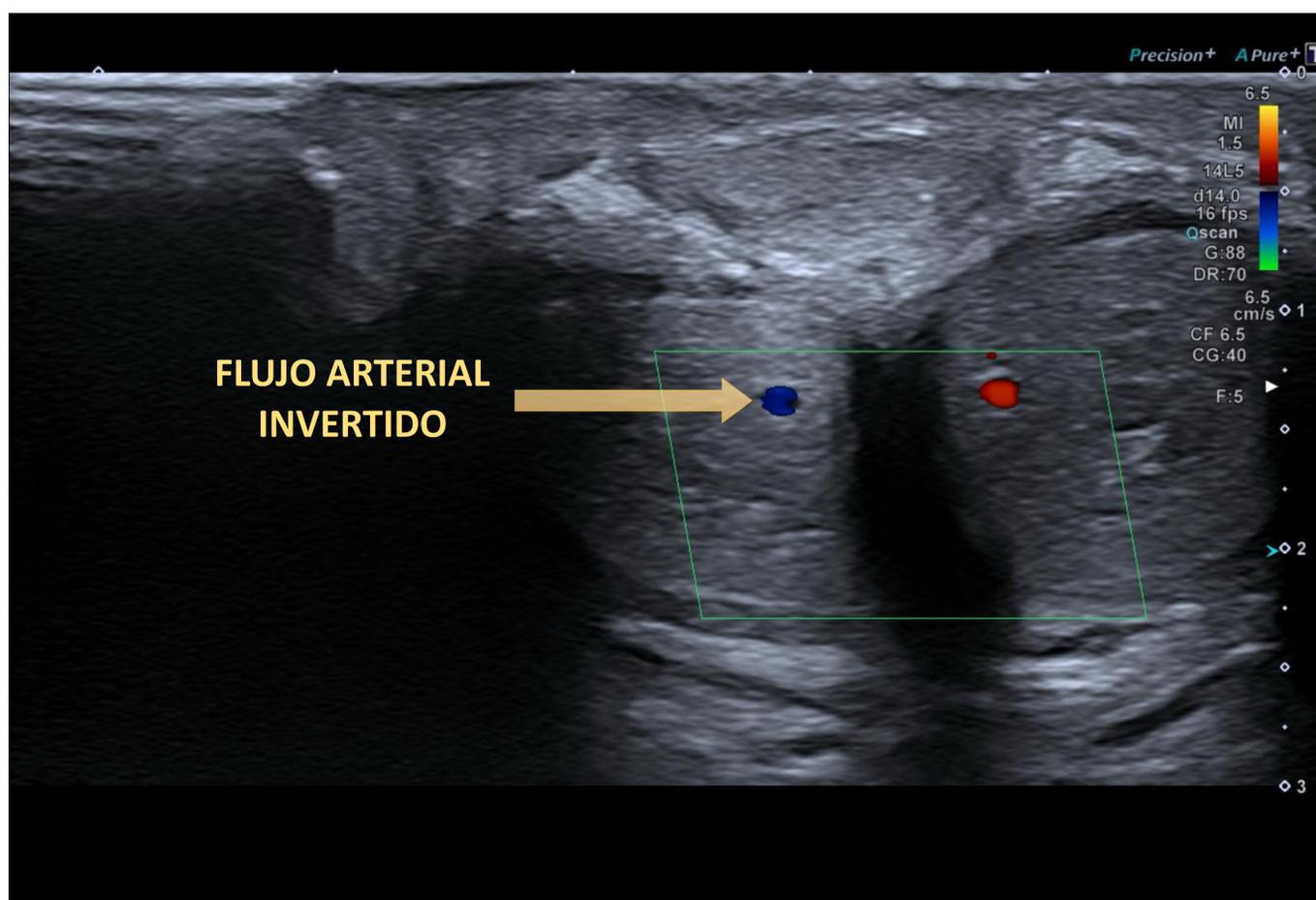
Se observa asimetría en las VPS de las arterias cavernosas con valores en el límite de la normalidad en el lado izquierdo e insuficiente en el lado derecho.

Insuficiencia arterial



Mismo paciente. Se identifica una comunicación entre ambas arterias cavernosas en el tercio medio del pene con flujo retrógrado en el tercio proximal. Asimetría de velocidades pico sistólicas > 10 cm/s.

Insuficiencia arterial



Mismo paciente. Corte axial en tercio proximal con Doppler color. Flujo invertido de arteria cavernosa derecha.

Insuficiencia venosa

Se ha demostrado una correlación entre las velocidades de flujo telediastólico (VTD) en las arterias cavernosas y la presencia de una fuga venosa.

Para valorar adecuadamente la presencia de una fuga venosa es necesario un **adecuado aporte arterial**.

Cuando existe una respuesta eréctil normal debería producirse un marcado descenso o inversión del flujo diastólico en la onda Doppler espectral. Si existiese una disfunción veno-oclusiva o fuga venosa, esta disminución o inversión del flujo diastólico no se producirá.

La velocidad de fin de diástole esperable es de ≤ 4 cm/s.

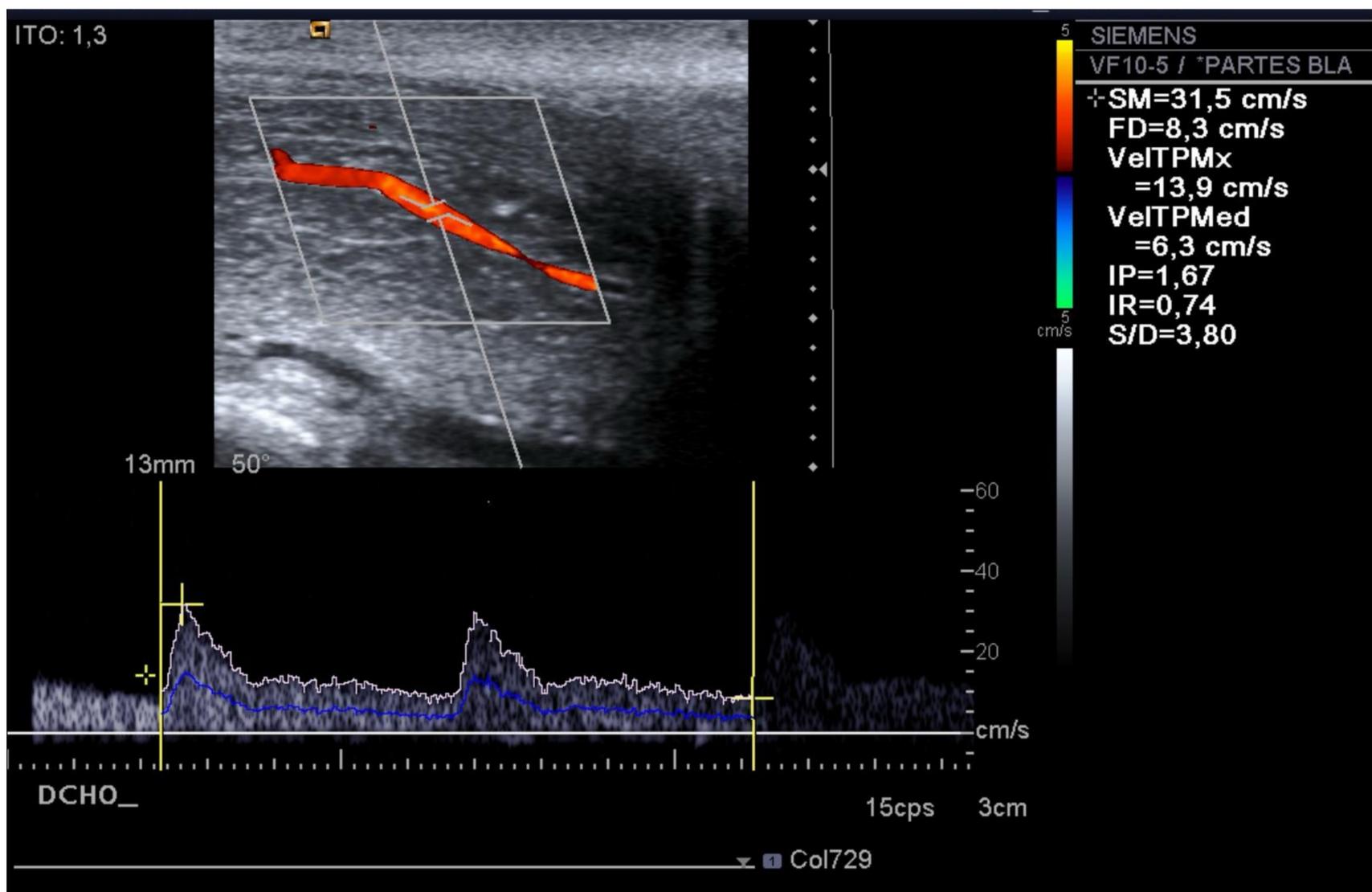
Los valores que indican la existencia de un **inadecuado funcionamiento del mecanismo veno-oclusivo** son:

Velocidad telediastólica (VTD) ≥ 5 cm/s
Índice de resistencia < 1.0

Existe la posibilidad de realizar un diagnóstico falso positivo sobre todo en varones jóvenes. La ansiedad durante una exploración ecográfica del pene aumenta el estímulo simpático lo que causa una relajación inadecuada del músculo liso y el consiguiente fallo de la veno oclusión.

La ausencia de inversión del flujo diastólico también puede considerarse patológico.

Insuficiencia venosa



A pesar de haber alcanzado velocidades pico sistólicas adecuadas (31,5 cm/s) se observa una velocidad telediastólica de 8,3 cm/s y un IR de 0,74. Este hallazgo es sugerente de insuficiencia venosa.

Cavernosografía

Es un estudio que permite evidenciar la fuga venosa en tiempo real y detectar retornos venosos anómalos.

Se vale de la adquisición de radiografías seriadas en un pene erecto luego de la inyección intracavernosa de material de contraste.

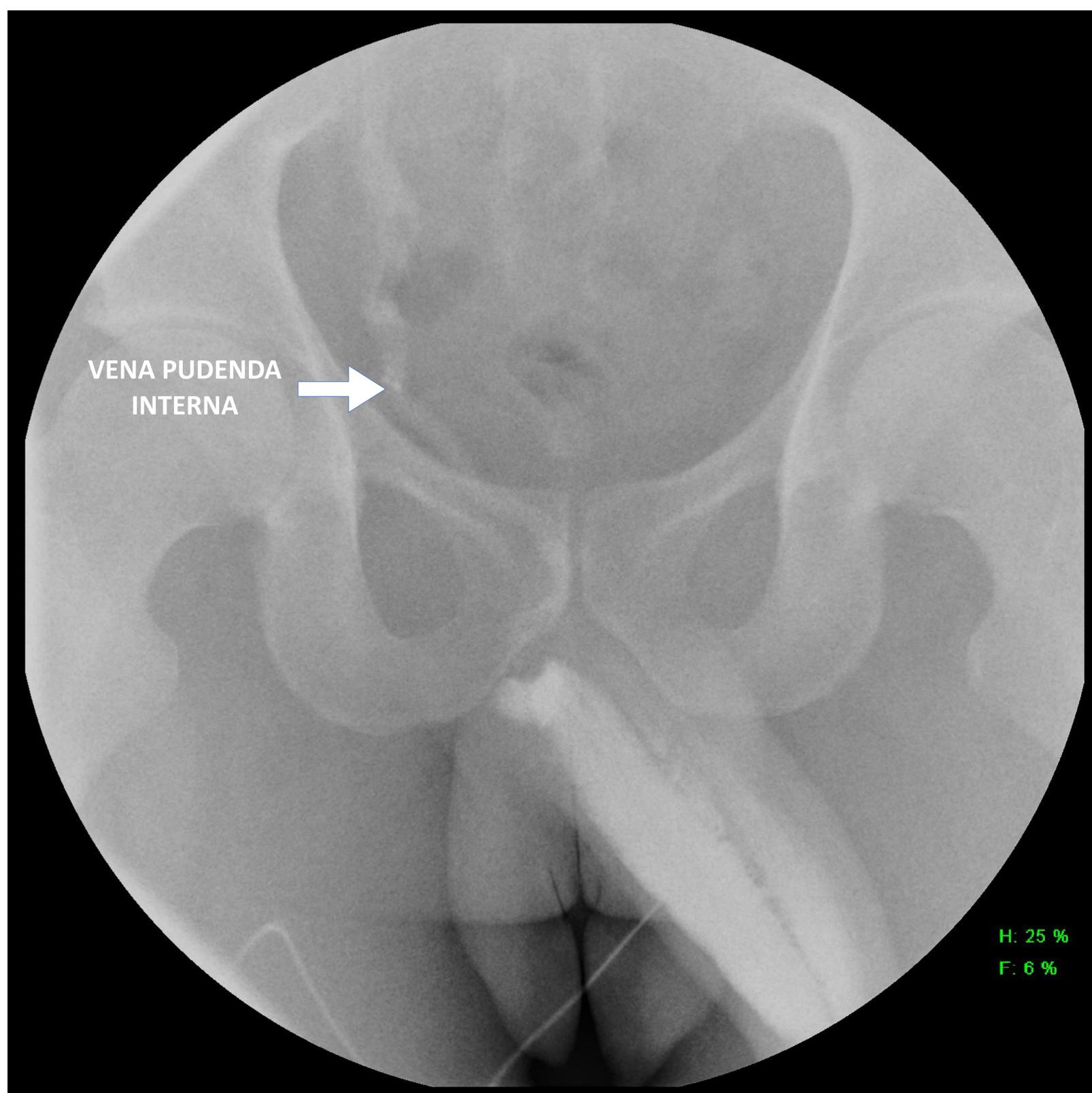
Para ello en una primera instancia se realiza la inyección intracavernosa de 10 mg de análogo de prostaglandina, con un máximo de 40 mg.

Una vez alcanzada la erección se inyectan 60 ml de material de contraste usualmente diluido al 50% también de forma intracavernosa.

Desde este momento se realizan radiografías seriadas para evaluar las posibles fugas venosas.

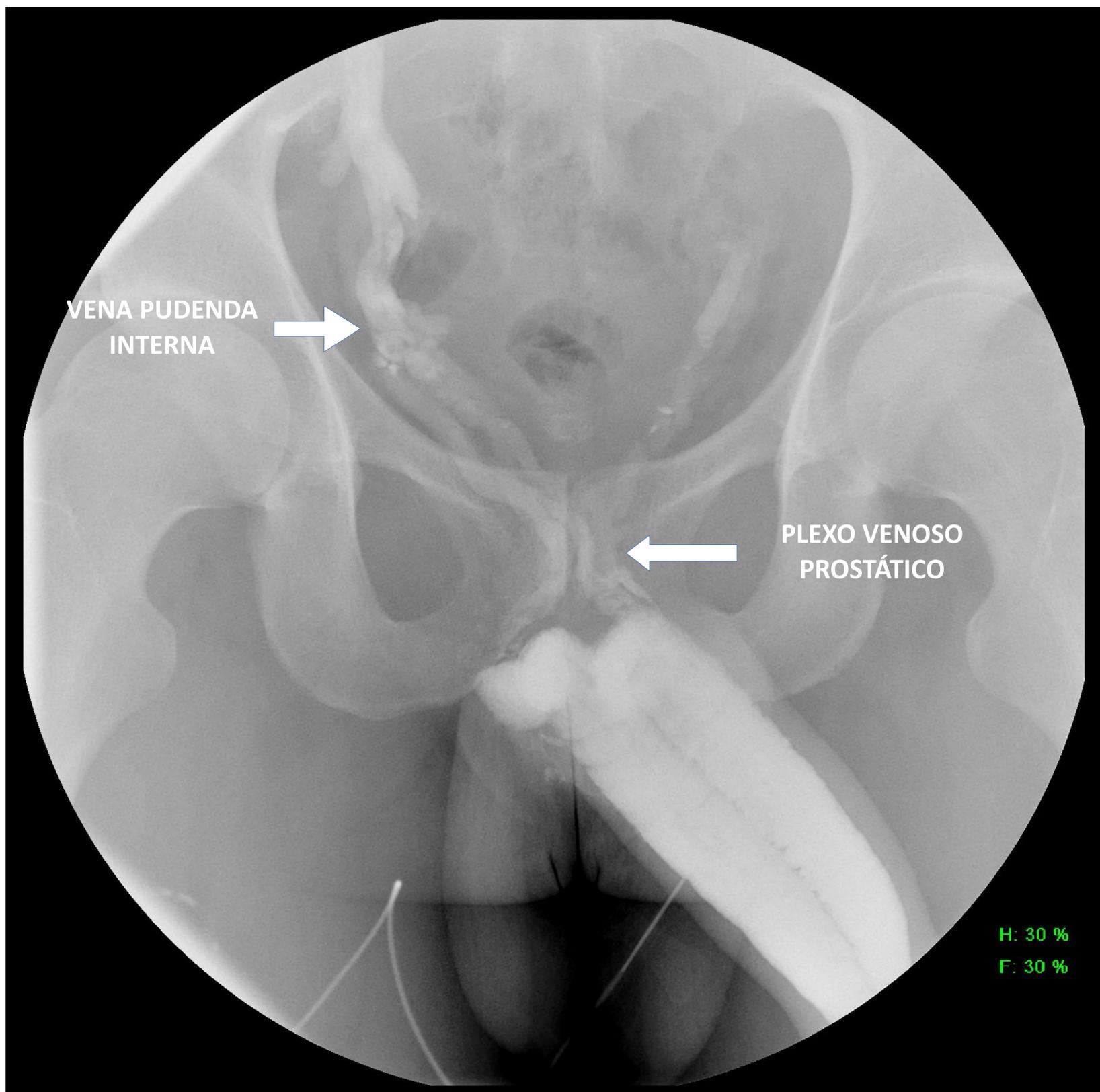
Mediante este estudio es posible analizar la anatomía venosa e identificar los vasos candidatos a embolización.

Cavernosografía



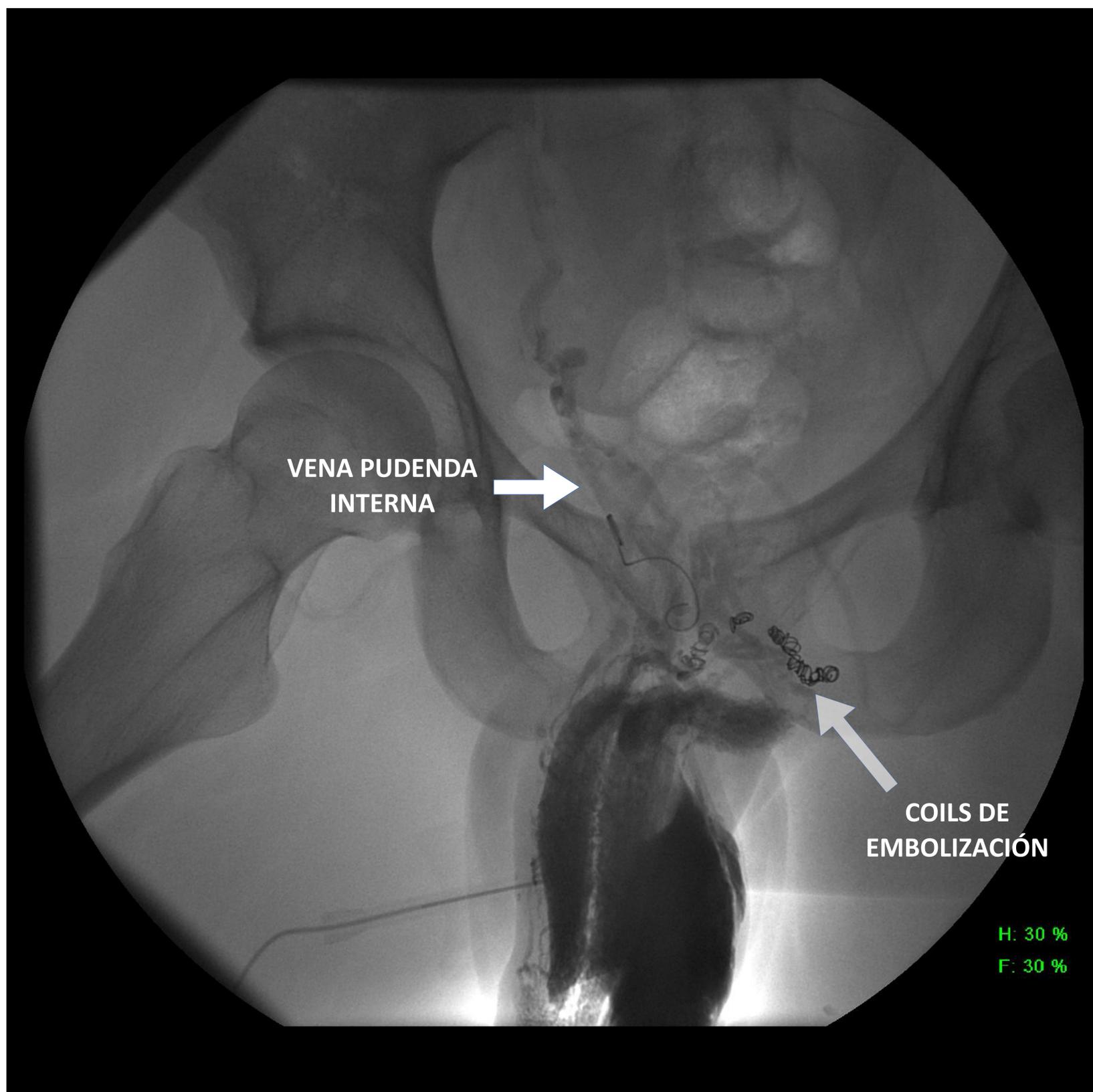
Punción del cuerpo cavernoso derecho e inyección de contraste. Se observa en un primer momento pequeña fuga venosa hacia vena pudenda interna izquierda.

Cavernosografía



Al transcurrir más tiempo e inyectar más contraste se observa fuga venosa de ambos cuerpos cavernosos hacia venas pudendas internas de forma bilateral, lo que confirma el diagnóstico de impotencia venogénica sospechada en estudio Doppler.

Cavernosografía



Mismo paciente. Se visualizan coils de embolización a nivel de ambas venas pudendas internas, observándose en el lado derecho embolización insuficiente y fuga persistente. Disminución de fuga venosa por vena pudenda interna izquierda luego del tratamiento.

Otras causas de impotencia

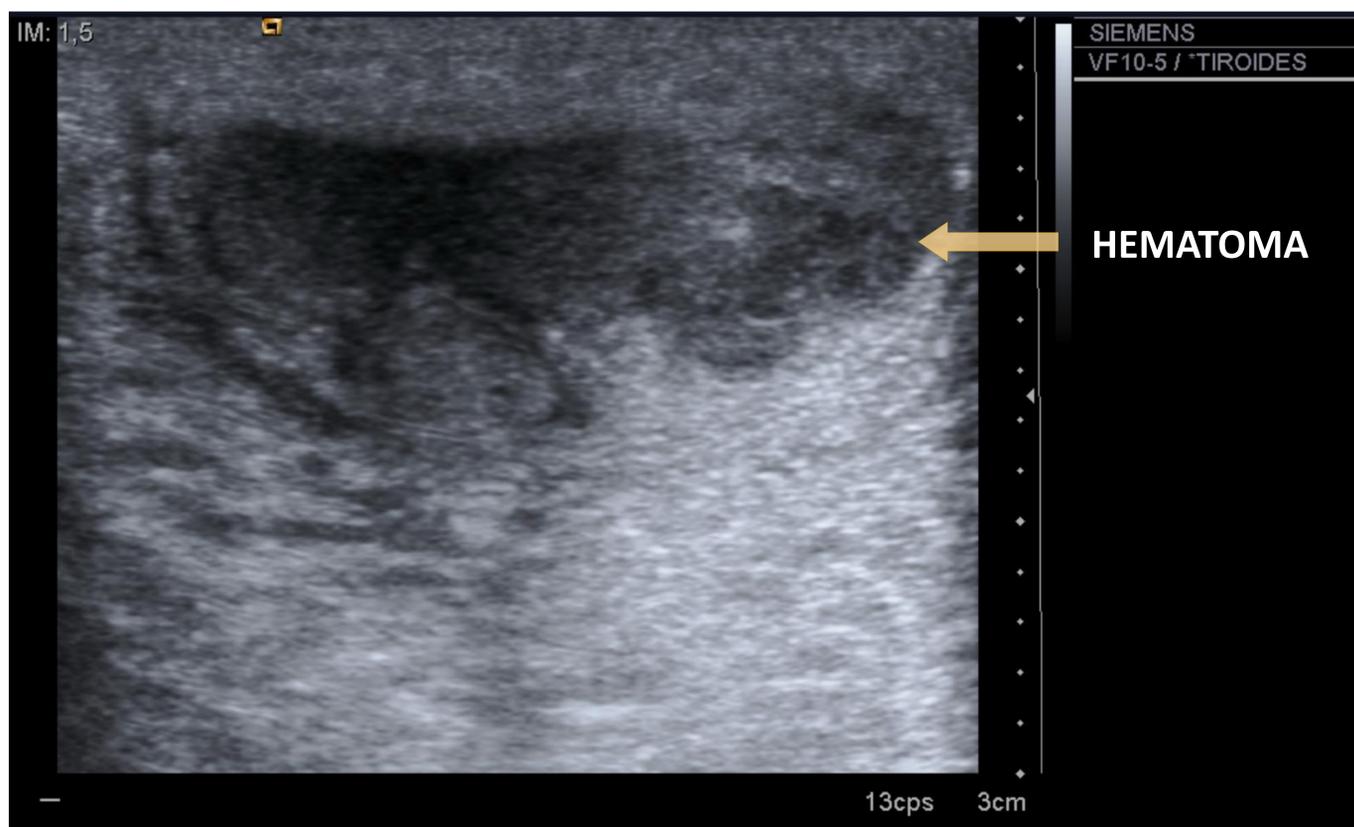
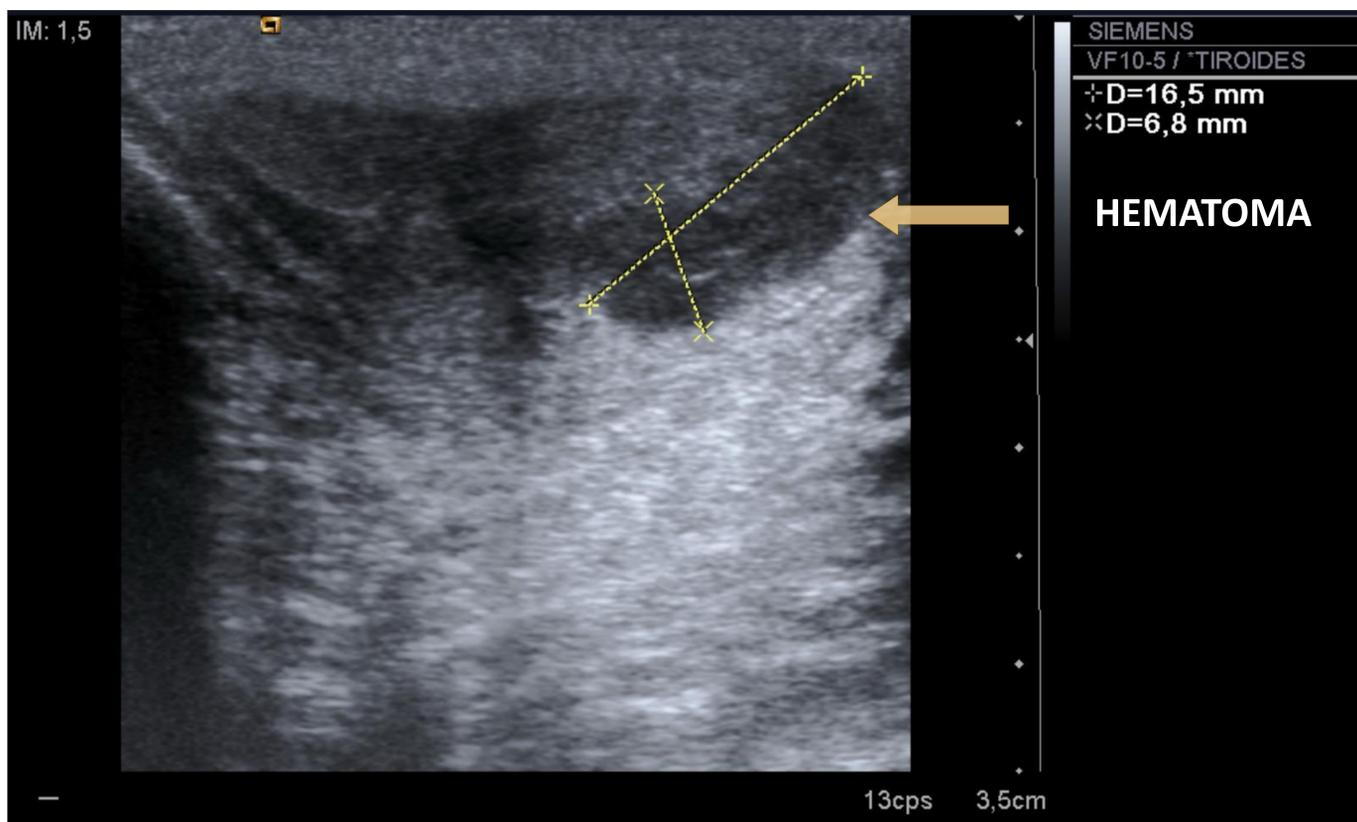
Traumatismos

Las lesiones del pene pueden deberse a un traumatismo cerrado, penetrante o bien a una flexión aguda de su cuerpo en erección.

Una estructura muy importante a evaluar es la **túnica albugínea**.

La existencia de un **hematoma superficial** a esta permite un **tratamiento conservador**, mientras que un hematoma que se acompañe de **rotura** de la misma suele acarrear la necesidad de una **intervención quirúrgica** para su reparación. En este último caso es posible incluso evidenciar la salida de sangre por la rotura mediante la compresión del pene durante la ecografía Doppler.

Una posible complicación de estas roturas es el priapismo de alto flujo.



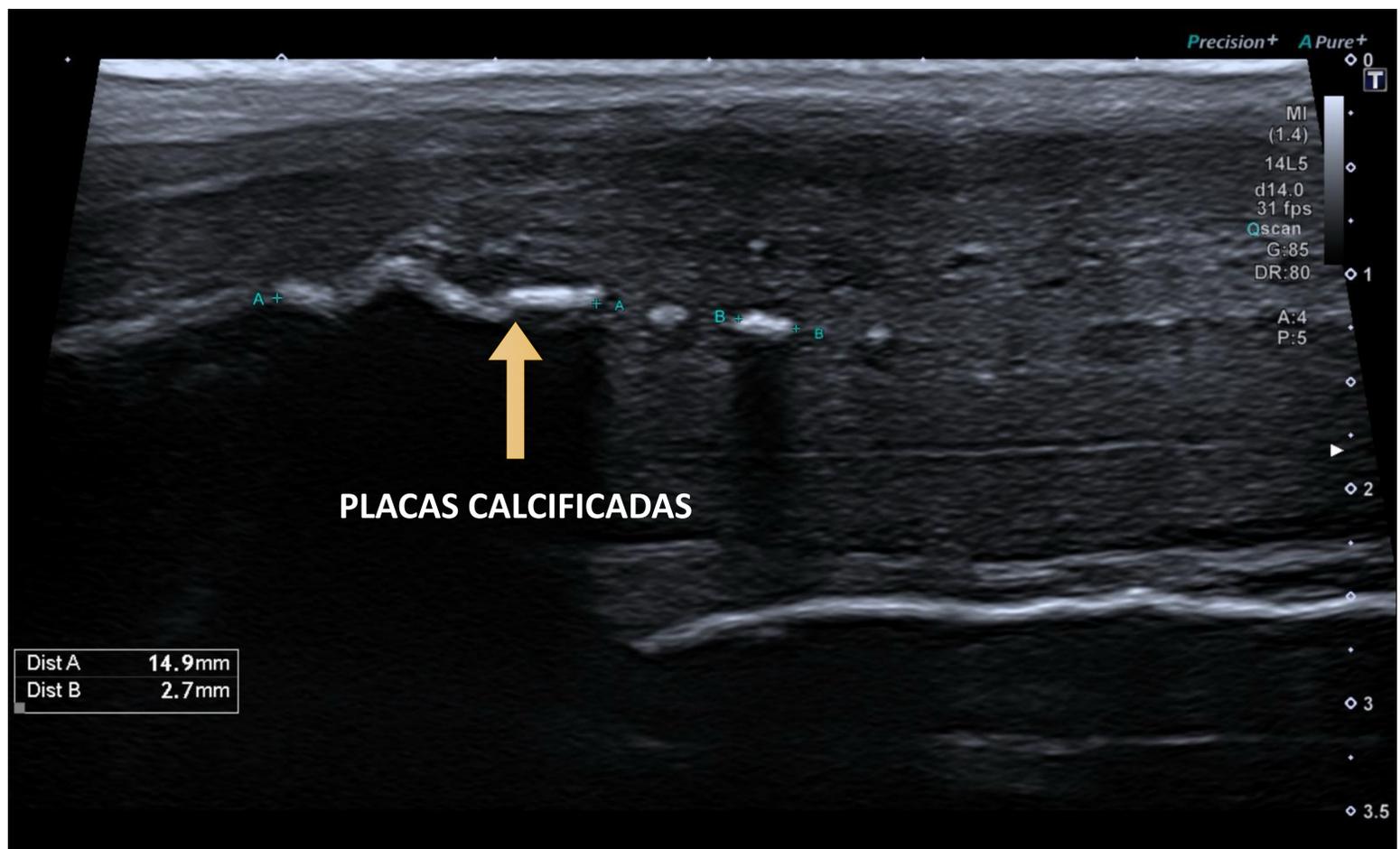
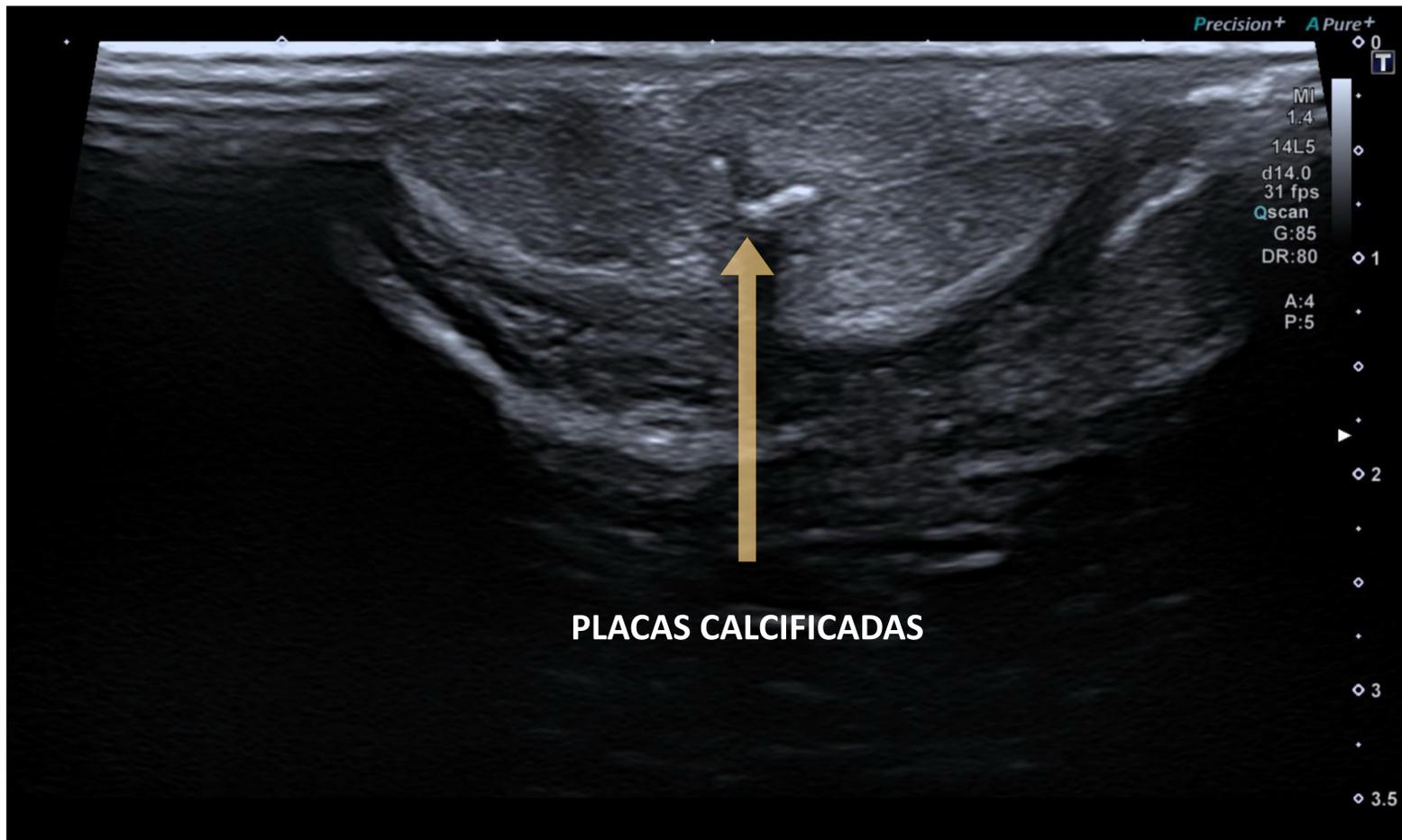
Se aprecia una interrupción de la túnica albugínea en el aspecto ventral y lateral del cuerpo cavernoso izquierdo con colección adyacente hipocogénica de 16,5 x 6,8 mm compatible con hematoma. Rotura del cuerpo cavernoso.

Otras causas de impotencia

Enfermedad de Peyronie

Enfermedad del tejido conectivo de etiología idiopática en la que se forman **placas fibrosas** en la **túnica albugínea** con induración y consiguiente desviación del pene.

En la ecografía se puede estimar las medidas de las placas y sus características ecogénicas. Estas pueden presentar calcificaciones si la evolución es prolongada. La principal causa vascular de impotencia asociada a la enfermedad de Peyronie es la insuficiencia veno-oclusiva.



Engrosamiento septal de la túnica albugínea con calcificaciones en un paciente con Enfermedad de Peyronie. No se observa compromiso de las arterias cavernosas.

Conclusión

Esta revisión destaca la relevancia de una fiable evaluación imagenológica del pene en el estudio de la disfunción eréctil de causa orgánica y de su árbol vascular por parte del especialista en Radiología para alcanzar un correcto diagnóstico y un efectivo abordaje terapéutico.

Bibliografía

Sociedad Española de Ultrasonografía Diagnóstica (SEUS); A. Sánchez Guerrero; J. L. Del Cura. Ecografía Doppler Esencial. Editorial Médica Panamericana. 2022.

Del Cura, J.L.; Pedraza S. Radiología Esencial. 2da edición. Editorial Médica Panamericana. 2023.

Salonia, A; Bettocchi C.; EAU Guidelines on Sexual and Reproductive Health. European Association of Urology. 2023

Allan, P; Dubbins, P. Ecografía Doppler Clínica. 2da edición. Elsevier Churchill Livingstone. 2008.

Drake, R.L. Gray Anatomía para estudiantes. 3ra edición. Elsevier. 2015.

Jha P, Rasuli B, Elfeky M, et al. Peyronie disease. Reference article, Radiopaedia.org