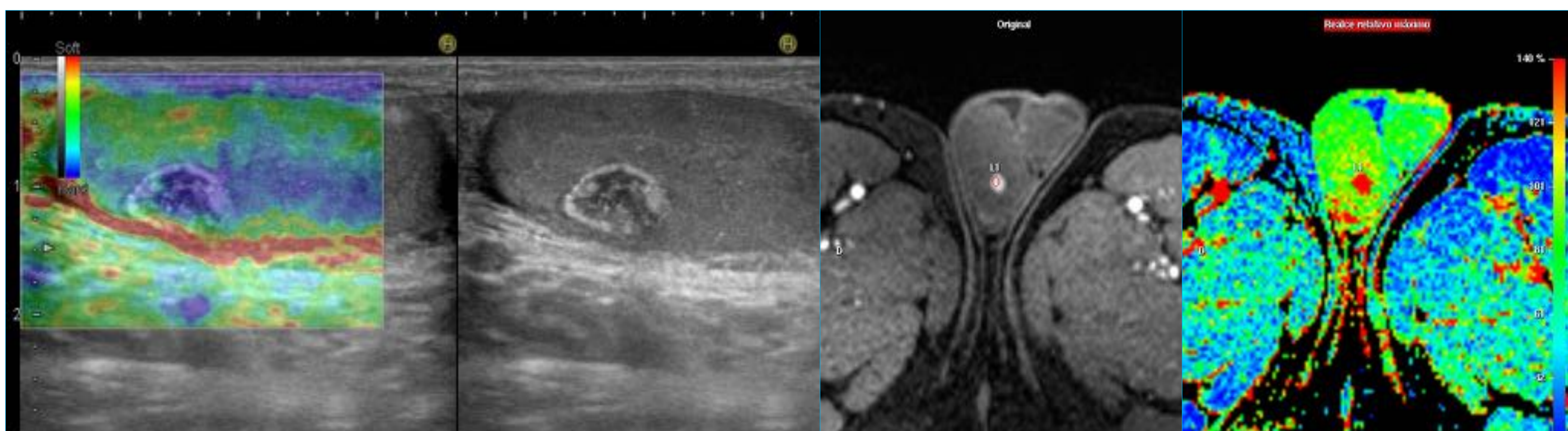




¿PUEDEN LAS TÉCNICAS DE IMAGEN AVANZADAS AYUDARNOS EN LA PATOLOGÍA ESCROTAL?



Sandra Baleato González, Roberto García Figueiras, María Canedo Antelo, Enrique Flores Ríos, Martín Bravo González, Aldara Naveiras Calvo.

Hospital Clínico Universitario de Santiago



ÍNDICE

1. Elastografía

2. Ecografía con contraste

3. RM dinámica

4. Difusión (diffusion-weighted imaging) (DWI)

5. Espectroscopía en RM (magnetic resonance spectroscopy) (MRS)

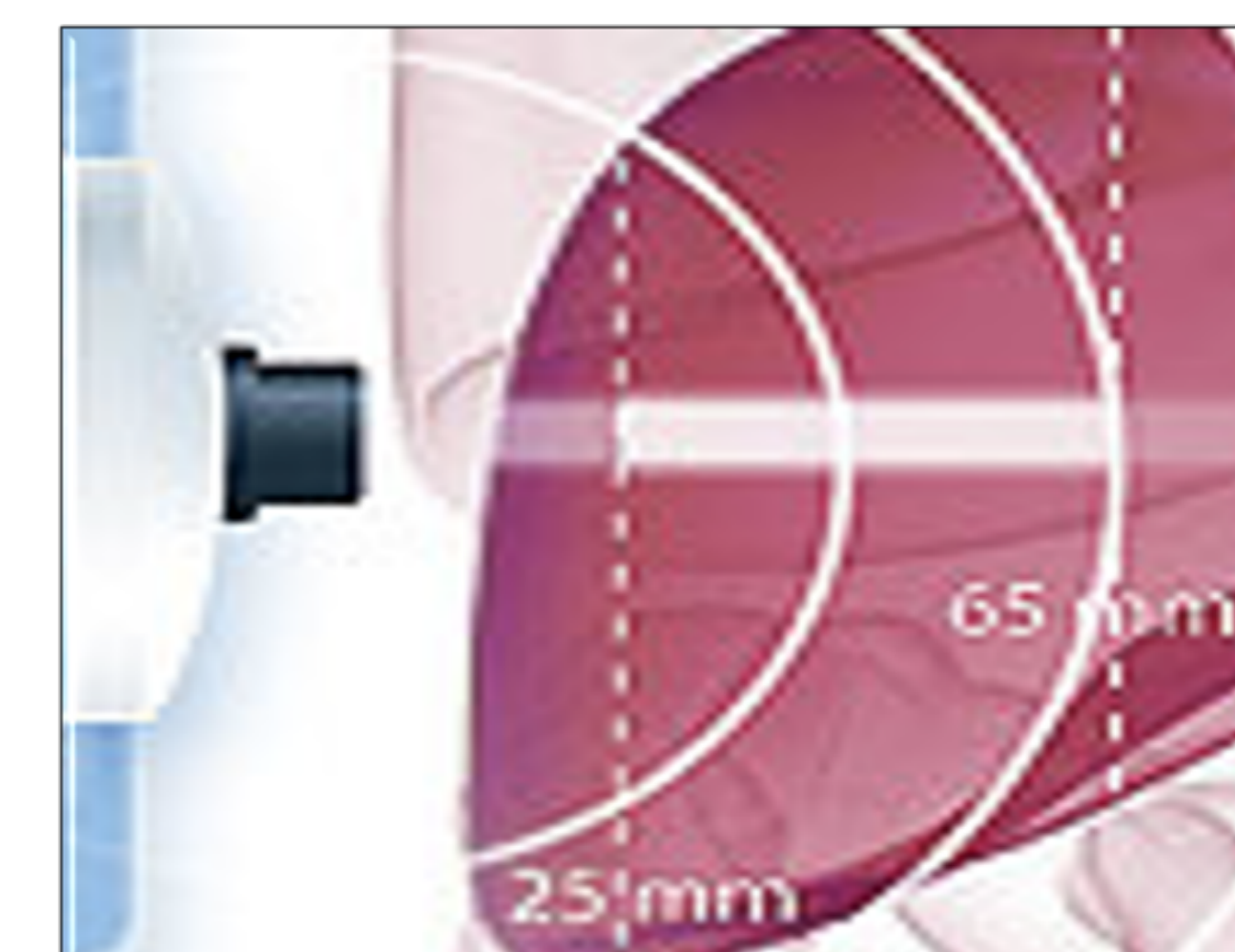
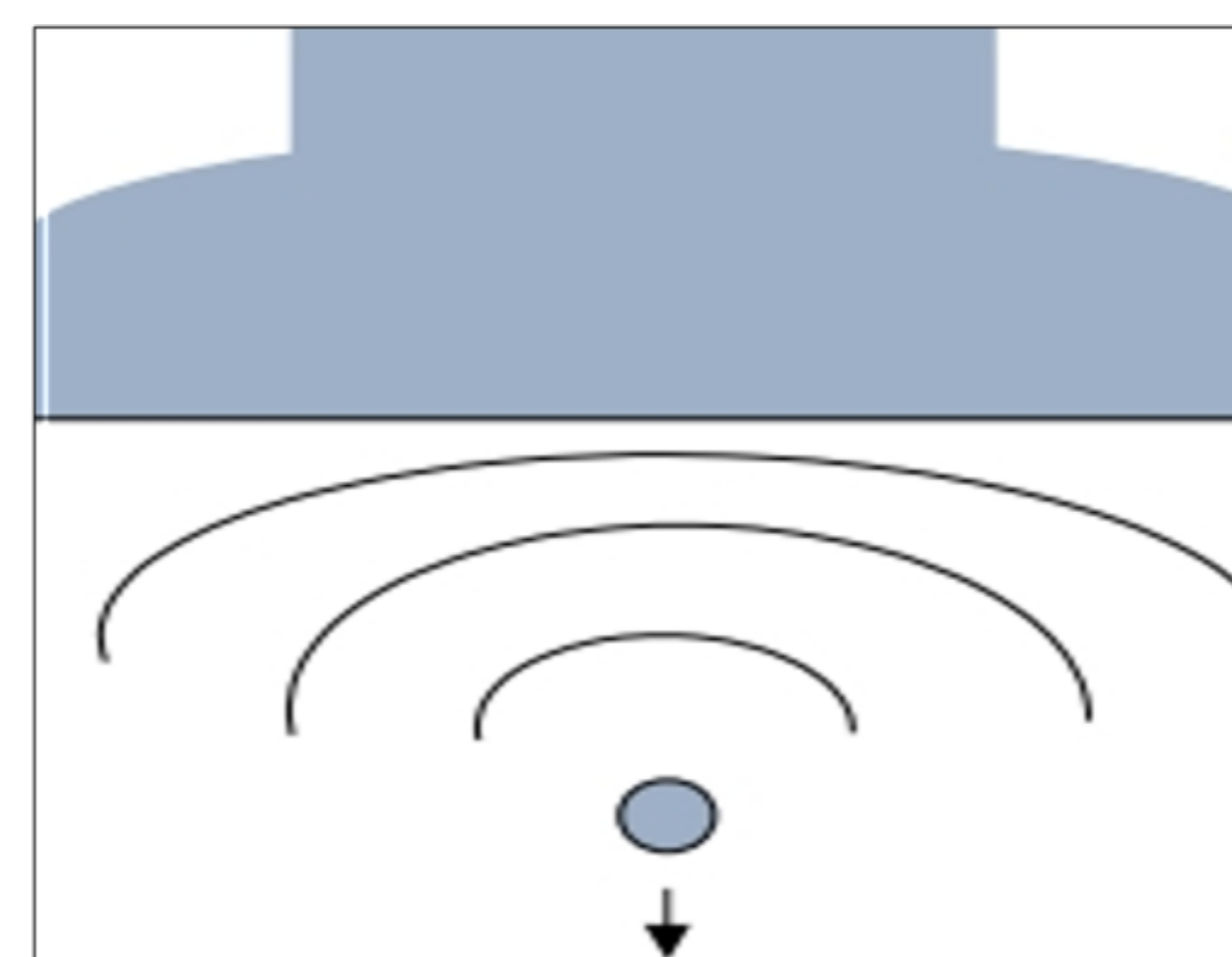
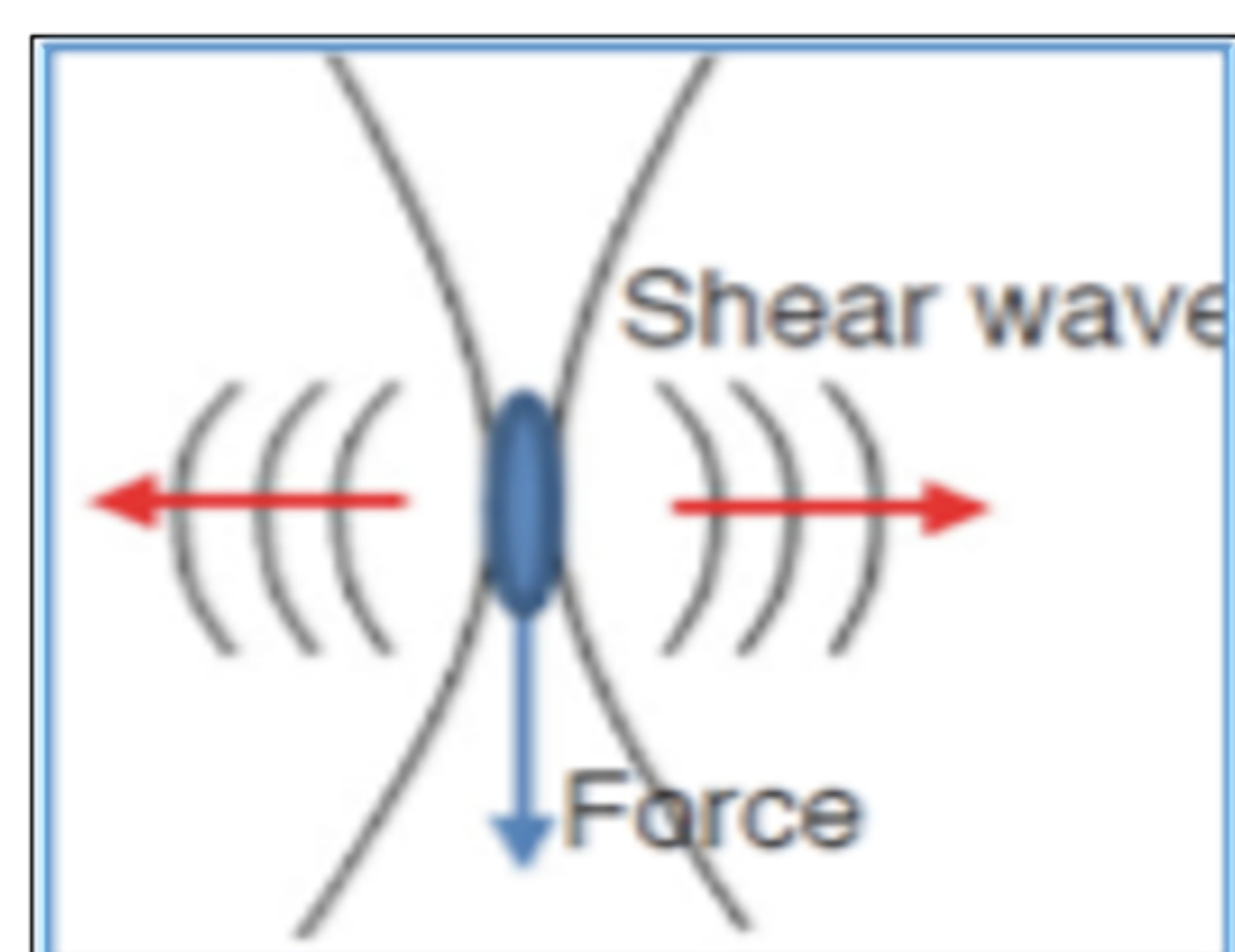
6. RM de Cuerpo Entero

- **Estadificación**
- **Monitorización**



1. ELASTOGRAFÍA

- La **elastografía** (EUS) es una técnica de imagen que permite determinar la dureza (**rigidez**) de los tejidos en vivo.
- Se basa en el principio general de que la compresión aplicada a un tejido provoca cambios en él, lo que depende de las propiedades elásticas del mismo.
- Existen varios tipos de elastografía, dependiendo de la manera de aplicación de la compresión tisular y del método usado para detectar y construir la imagen del desplazamiento del tejido: **Compresión (strain)**, **Shear Wave US**, **elastografía de transición** y **acoustic radiation force (ARFI)**.



STRAIN/COMPRESIÓN

- Compresión externa
- Es la técnica más común que permite visualización en tiempo real de la imagen en la pantalla.

Se emplea para detectar y caracterizar lesiones en distintos tejidos y órganos: en mama, próstata, hígado, páncreas, tiroides, cérvix y ganglios linfáticos.

SHEAR WAVE

- SW se genera en el tejido cuando las ondas de Us convencionales producidas por el transductor interactúan con el tejido.

-Orientado de forma transversal SW se generan mediante fuerzas de radiación acústica, propagándose las ondas más rápido en los tejidos duros que en blandos.

-Se adquiere una imagen codificada por colores que muestra la velocidad SW (m/s) o la elasticidad (kilopascales, kPa) para cada píxel en la región de interés (ROI). Generalmente, se utiliza una escala de color que va desde 0 (azul oscuro, suave) hasta +180 kPa (rojo, duro) para las lesiones.

- Método más objetivo que elastografía por compresión

ACOUSTIC RADIATION FORCE

- El tejido se excita internamente mediante un pulso de ultrasonido, en lugar de una compresión externa (manual o fisiológica).

-Este método tiene la ventaja de poder obtener imágenes en tejidos más profundos, no accesibles mediante compresión superficial externa.

- Hígado, tiroides y mama.

TRANSICIÓN

- También conocido como EUS controlado por vibración, es una variante de SW-EUS, mediante la cual la compresión externa se aplica mediante el uso de una ráfaga de vibración de tono corto.

-El método también se basa en la estimación de la velocidad de SW en el tejido, pero para evitar el sesgo causado por los reflejos y las interferencias que ocurren entre los tejidos, la vibración es transitoria, de modo que las ondas directas pueden separarse de la onda reflejada.

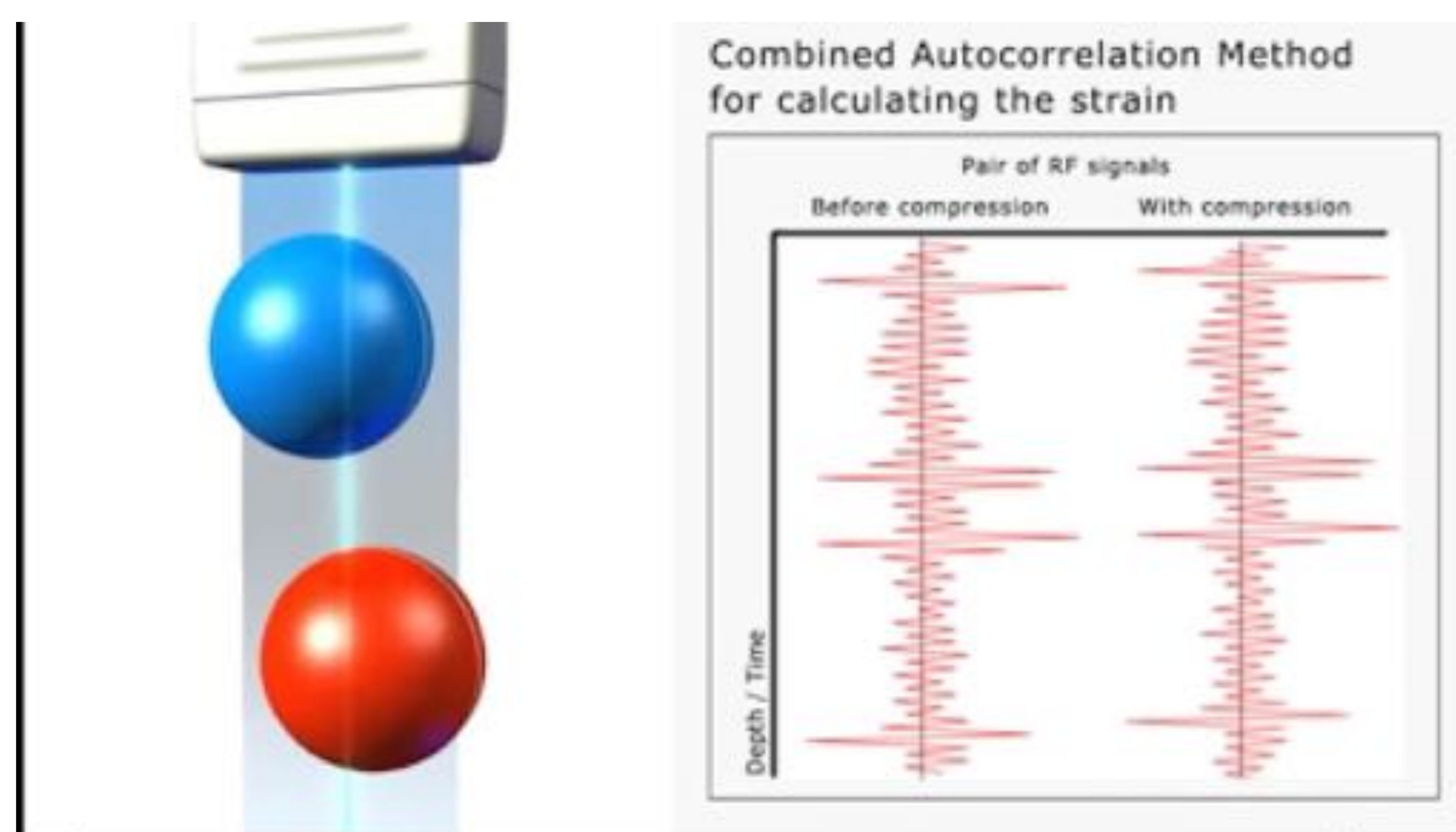
- Utilizado en las enfermedades hepáticas.



1. ELASTOGRAFÍA

1.1 ELASTOGRAFÍA POR COMPRESIÓN (STRAIN)

- El principio fundamental de la elastografía por compresión es la aplicación de una **fuerza de compresión** al tejido que provoca el desplazamiento axial del mismo (deformación), que luego se calcula comparando el conjunto de ecos antes y después de la compresión (ver **vídeo 1**). La fuerza de compresión se aplica manualmente a través del propio transductor de Ultrasonidos.



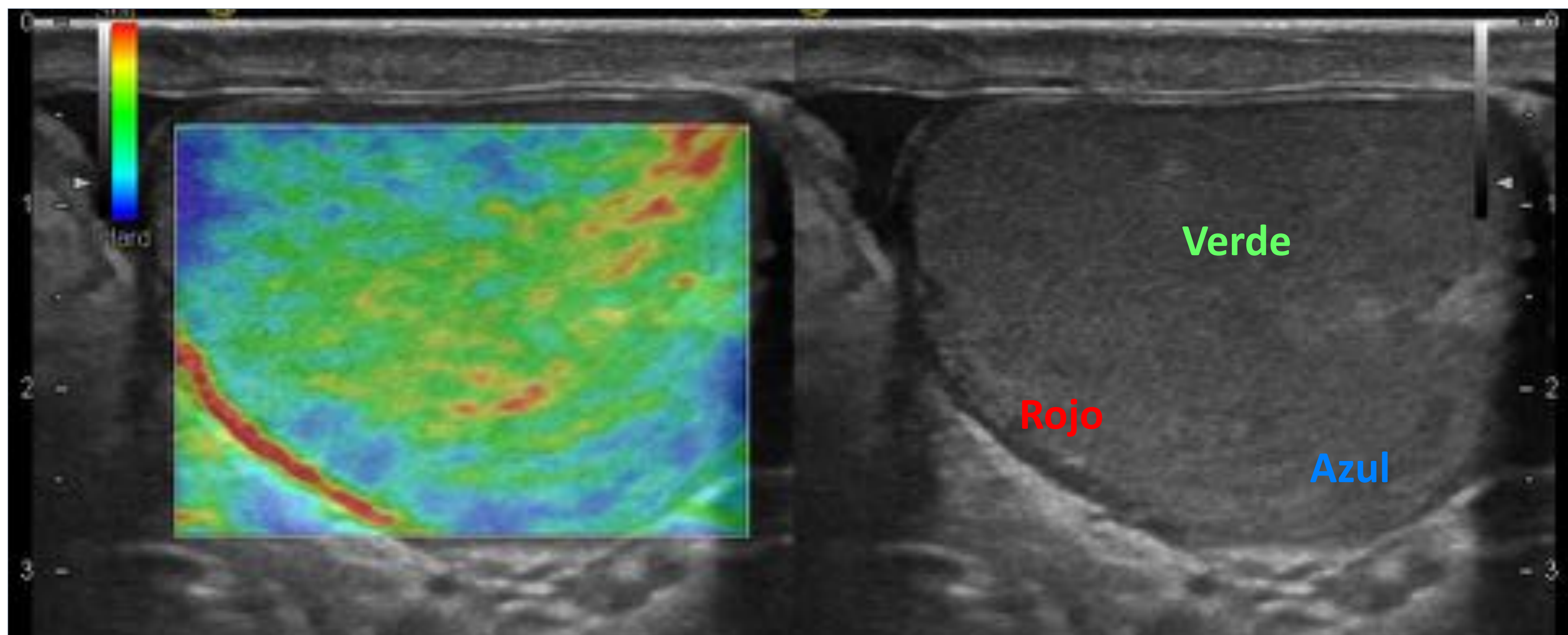
- Los US por compresión se basa en la **ley de Hooke** para el cálculo del modulo de elasticidad de Young (E), una unidad física de medición de la rigidez. Suponiendo que la presión aplicada es uniforme, los módulos elásticos son inversamente proporcionales a la deformación medida ($E = \text{tensión} / \text{deformación}$).
- La deformidad (strain) es el cambio de tamaño o forma producido por un sistema de fuerzas y se expresa como un ratio (por ejemplo, el cambio de longitud por unidad de longitud). La fuerza que actúa sobre la unidad de área se conoce como compresión.
- La elastografía de transición en realidad mide la compresión relativa de un área frente a otra representándola como un mapa.



1. ELASTOGRAFÍA

1.1 ELASTOGRAFÍA POR COMPRESIÓN (STRAIN)

TESTÍCULOS NORMALES



- El parénquima testicular presenta un nivel medio de elasticidad (representado en **verde**).
- Algunas estructuras lineales "**rojas**" en el interior de los testículos están relacionadas con el componente líquido (por ejemplo pequeños vasos que pueden no ser visible en el modo B).
- En ocasiones, el tejido glandular por debajo de la túnica albuginea del testículo presenta una deformación relativa menor, representada en "**azul**", probablemente debido a un desplazamiento limitado por la presencia de la cubierta fibrosa.

APLICACIONES CLÍNICAS

TUMORES

La mayoría de los tumores sólidos difieren en la consistencia del tejido circundante o del que derivan, por lo que la elastografía puede ofrecer una herramienta útil para caracterizar diferentes lesiones.

Se ha demostrado que la elastografía es capaz de caracterizar los tumores testiculares como lesiones con una mayor rigidez con una sensibilidad del 100 %, una especificidad del 81 %, un valor predictivo positivo del 92 % y una precisión del 94 % en el diagnóstico de tumores testiculares.

ISQUEMIA: INFARTO SEGMENTARIO

La diferenciación entre un infarto segmentario y una neoplasia testicular es difícil en sus formas tempranas según sus características ecográficas en escala de grises.

FASE INICIAL: muestra un área más blanda en comparación con el parénquima testicular normal en el examen de elastografía inicial (dentro de las 24 horas posteriores al inicio del dolor).

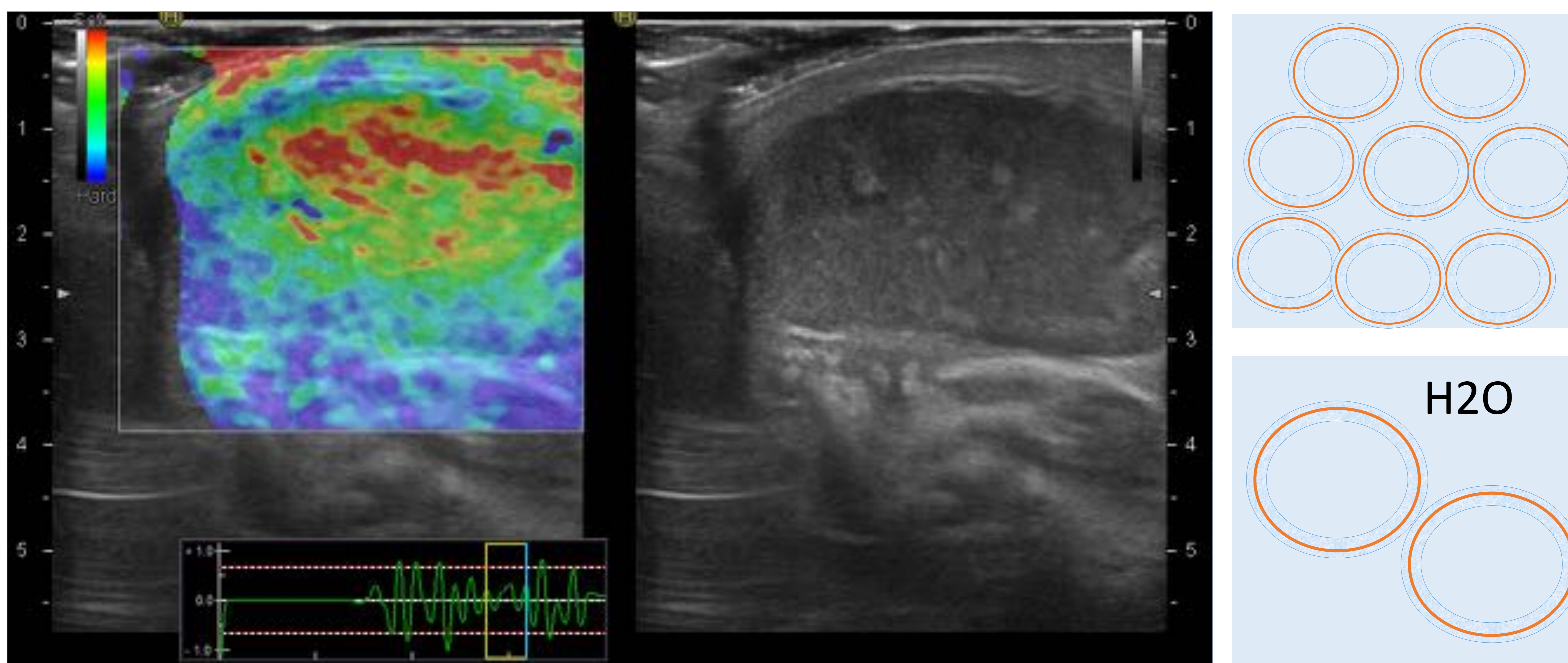
FASE TARDÍA: muestra una lesión más rígida en comparación con el parénquima testicular normal.



1. ELASTOGRAFÍA

1.1 ELASTOGRAFÍA POR COMPRESIÓN (STRAIN)

ISQUEMIA: FASE INICIAL



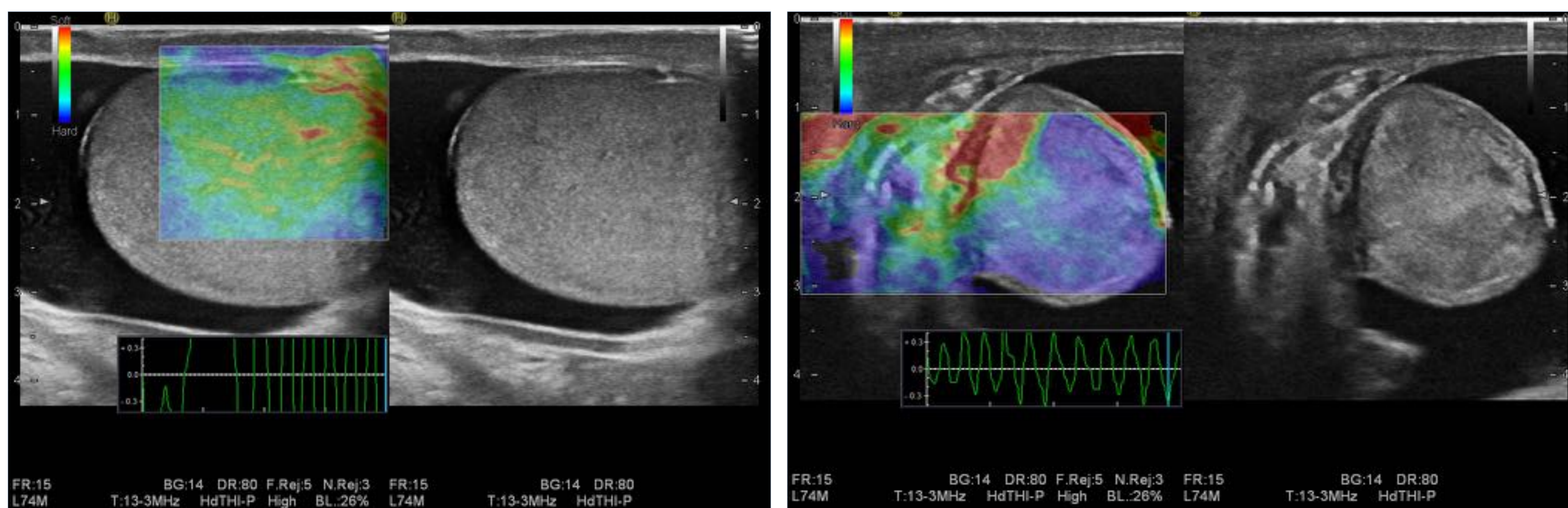
Torsión testicular en un hombre de 25 años.

La ecografía en escala de grises en plano longitudinal muestra una ecotextura testicular heterogénea con regiones hiperecogénicas que representan hemorragia. La imagen de RTE (real time elastografía) muestra imágenes lineales en rojo relacionadas con lesiones blandas, lo que sugiere un origen no tumoral. El aumento del contenido de agua y la inflamación de los tejidos secundaria a la isquemia puede ser el mecanismo fisiopatológico del área infartada que aparecía blanda en RTE.

ISQUEMIA TARDÍA: ATROFIA TESTICULAR

TESTÍCULO DERECHO

TESTÍCULO IZQUIERDO



Antecedente de cirugía inguinal izquierda e infarto secundario en un hombre de 56 años.

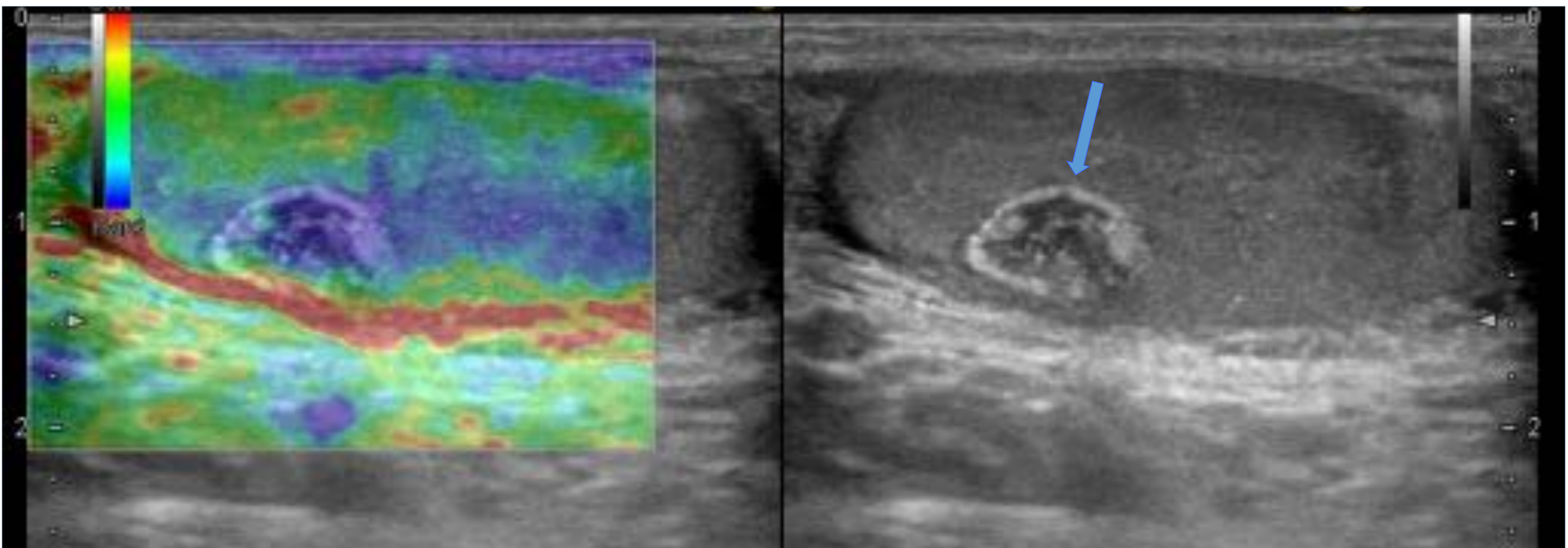
El testículo derecho muestra un patrón normal con un nivel MEDIO (verde) de elasticidad. El testículo izquierdo está atrofiado y parece más rígido en RTE (azul), probablemente debido a la organización de la hemorragia, la necrosis y la reducción de tamaño.



1. ELASTOGRAFÍA

1.1 ELASTOGRAFÍA POR COMPRESIÓN (STRAIN)

TUMOR TESTICULAR

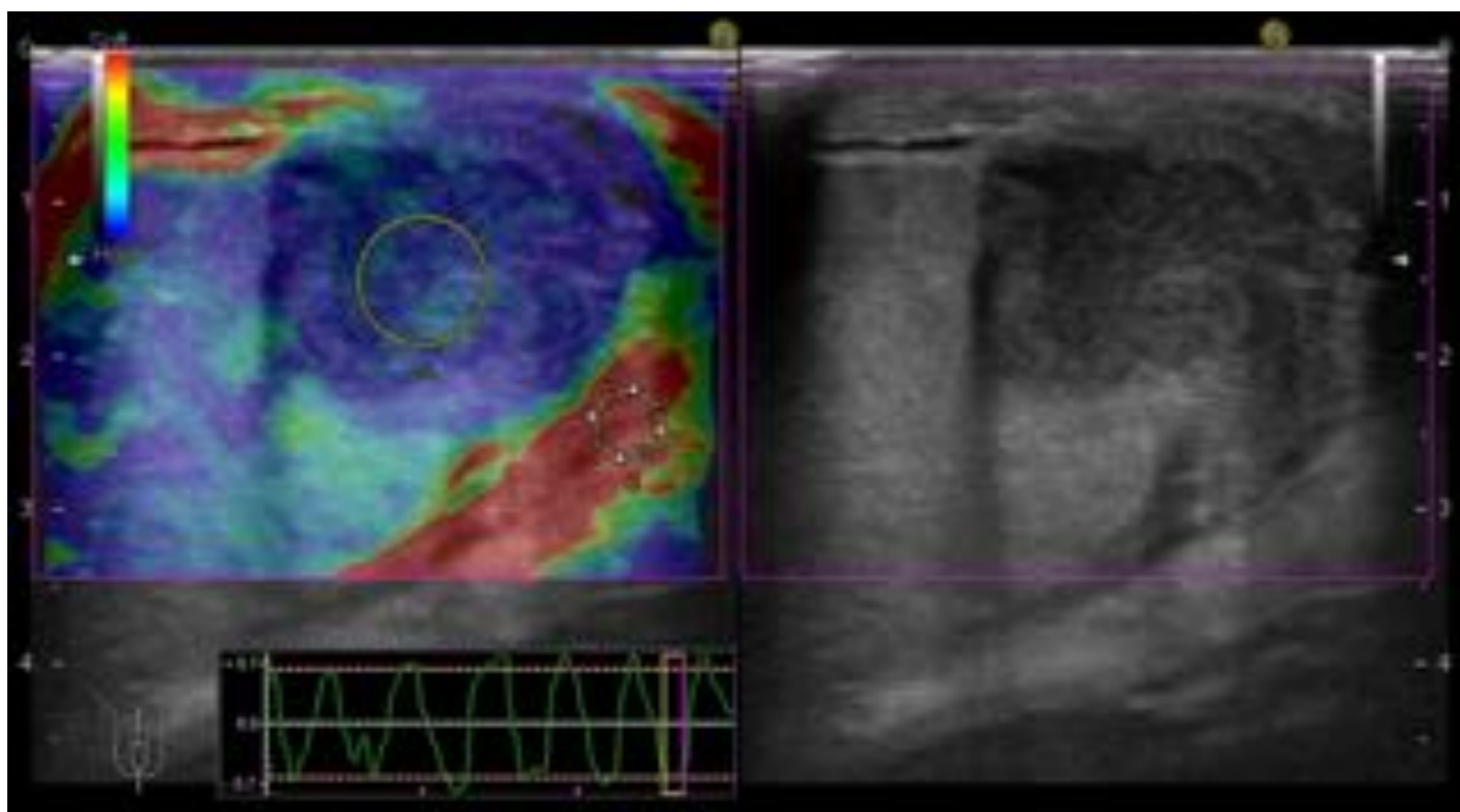


Tumor calcificante de células de Sertoli en un hombre de 38 años.

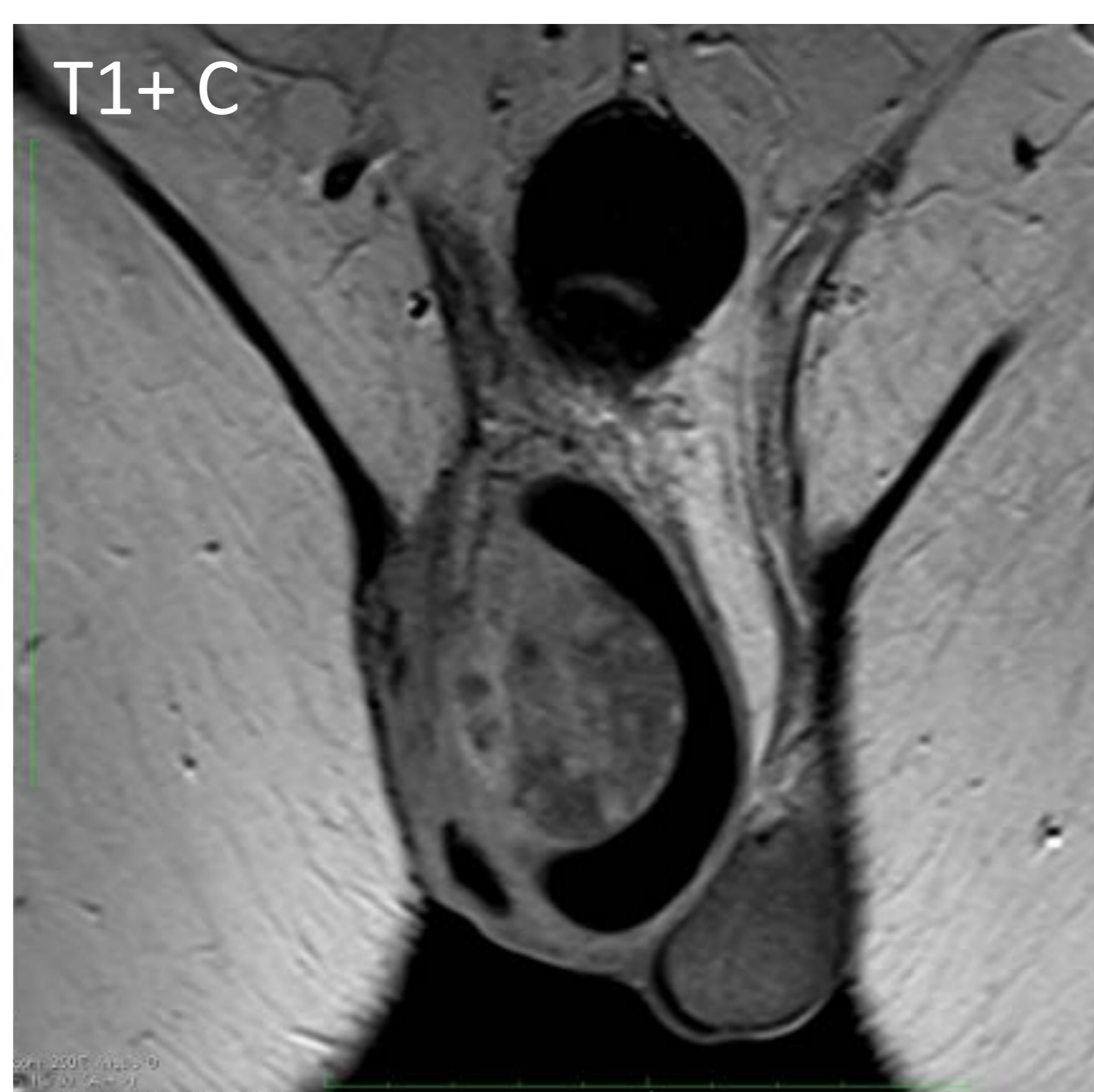
La ecografía longitudinal en escala de grises muestra una lesión hipoeoica bien delimitada con calcificaciones (flecha) periféricas e internas. La imagen de RTE muestra una lesión dura (azul) que sugiere malignidad.

IMITADORES

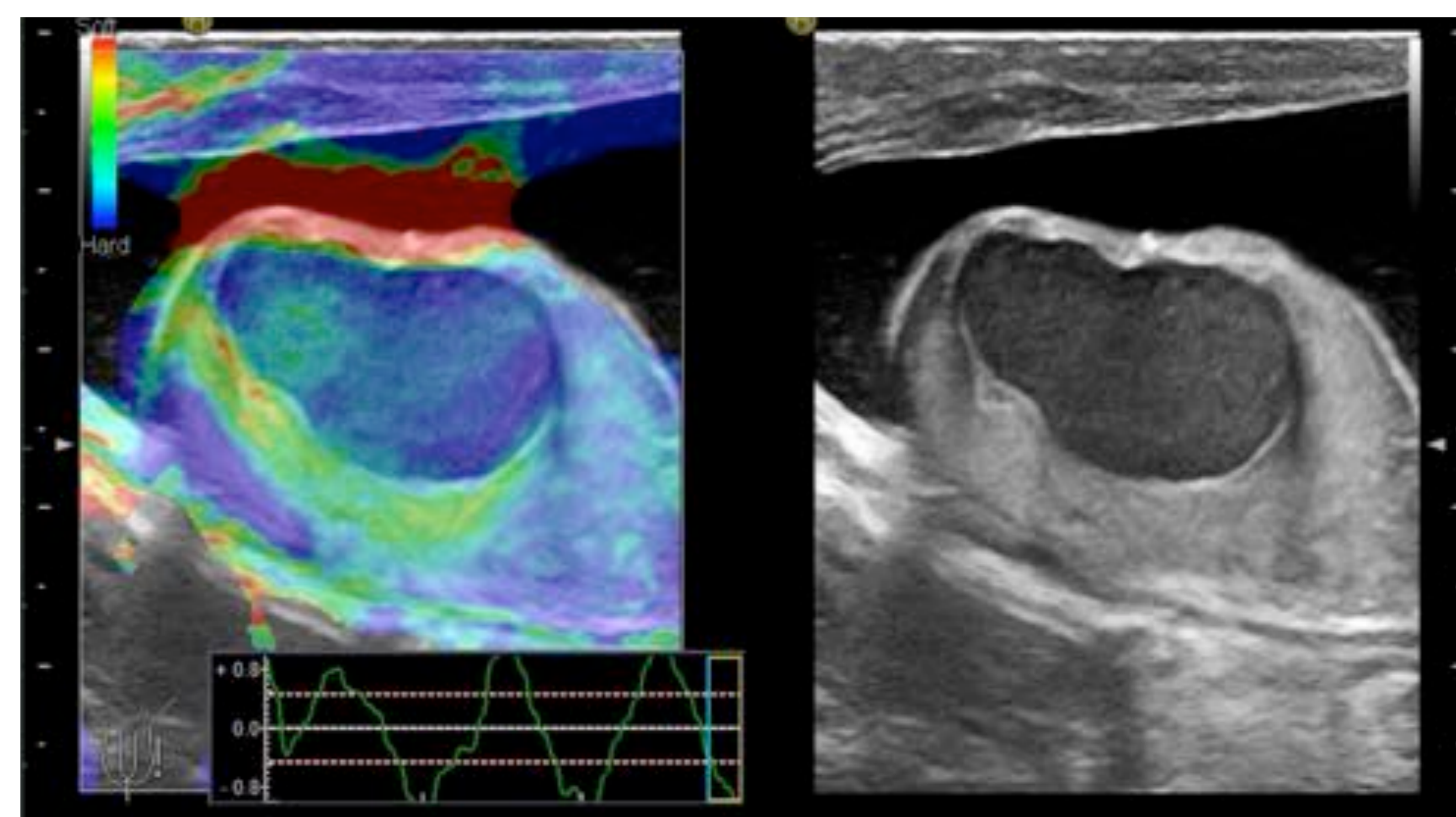
INFECCIÓN TUBERCULOSA



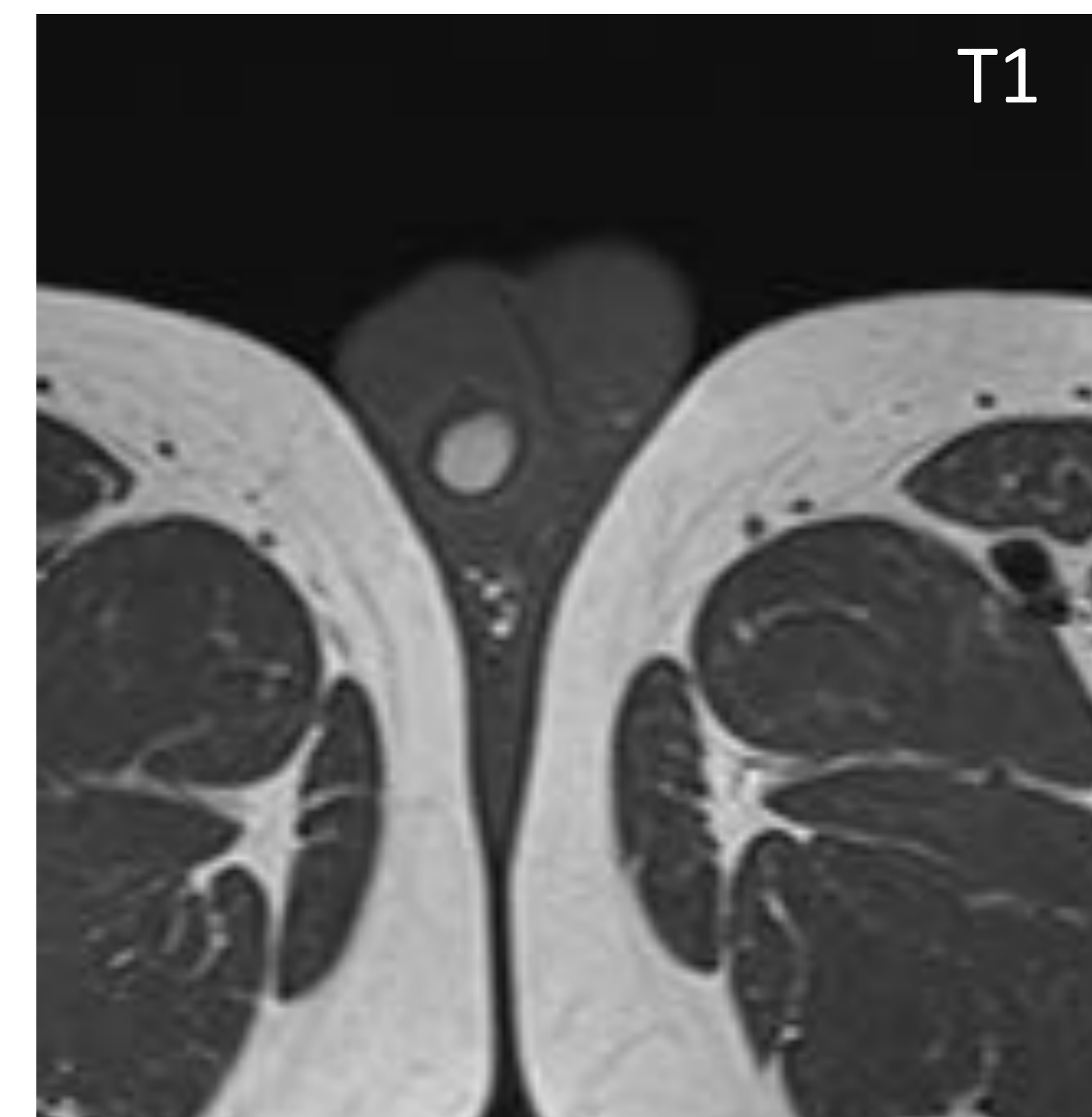
Hombre de 39 años con tumefacción indolora del escroto. La ecografía muestra una masa hipoeoica con patrón azul en RTE sugestivo de lesión maligna. En secuencia T1 tras administración de gadolinio se observa una masa heterogénea testicular derecha. La biopsia confirmó la orquitis tuberculosa.



HEMATOMA



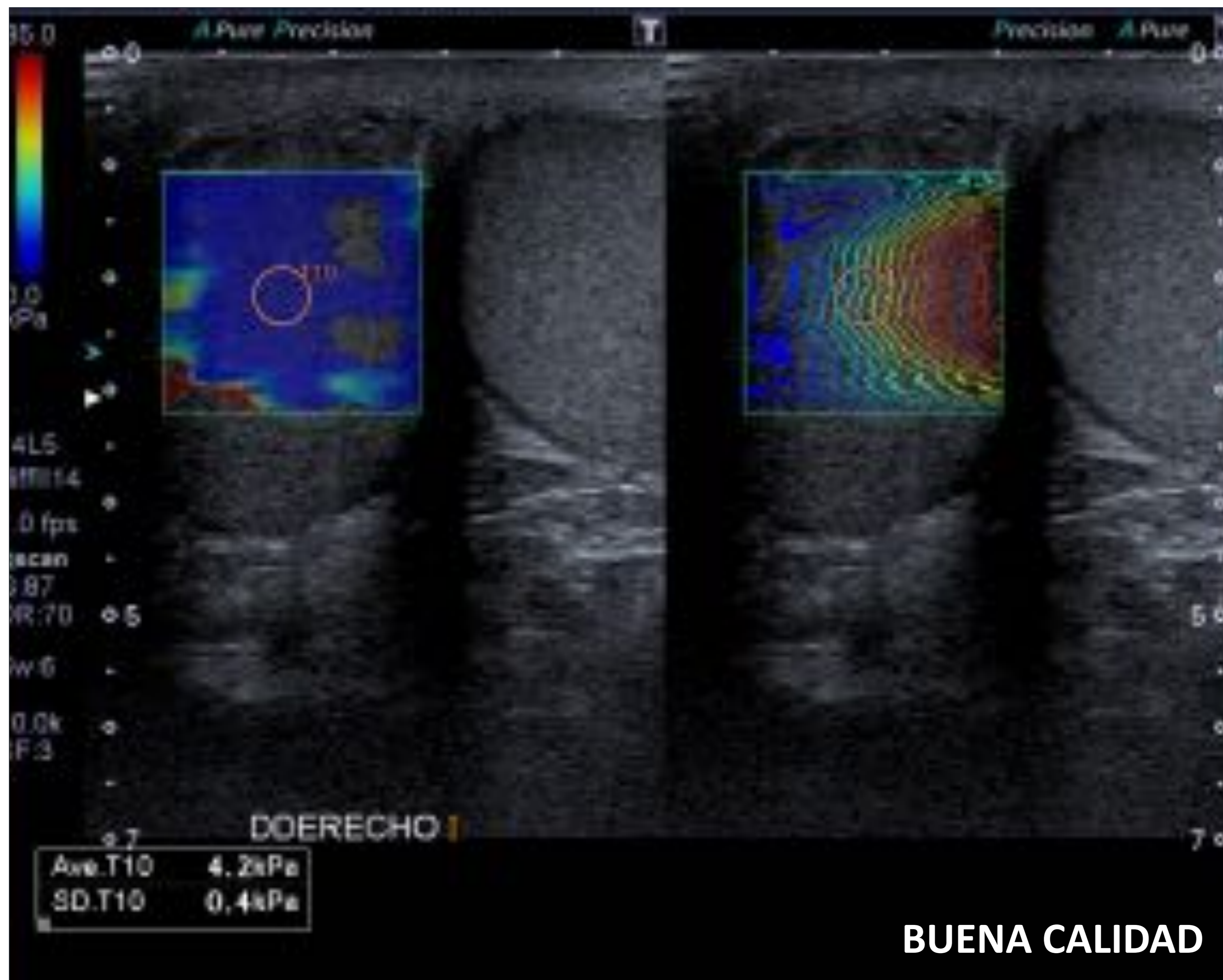
Hombre de 26 años con masa intratesticular hipoeoica con patrón con características de malignidad en RTE. La RM muestra una lesión hiperintensa en T1 y T2 sugestiva de hemorragia. Se realiza el diagnóstico de hematoma intratesticular.





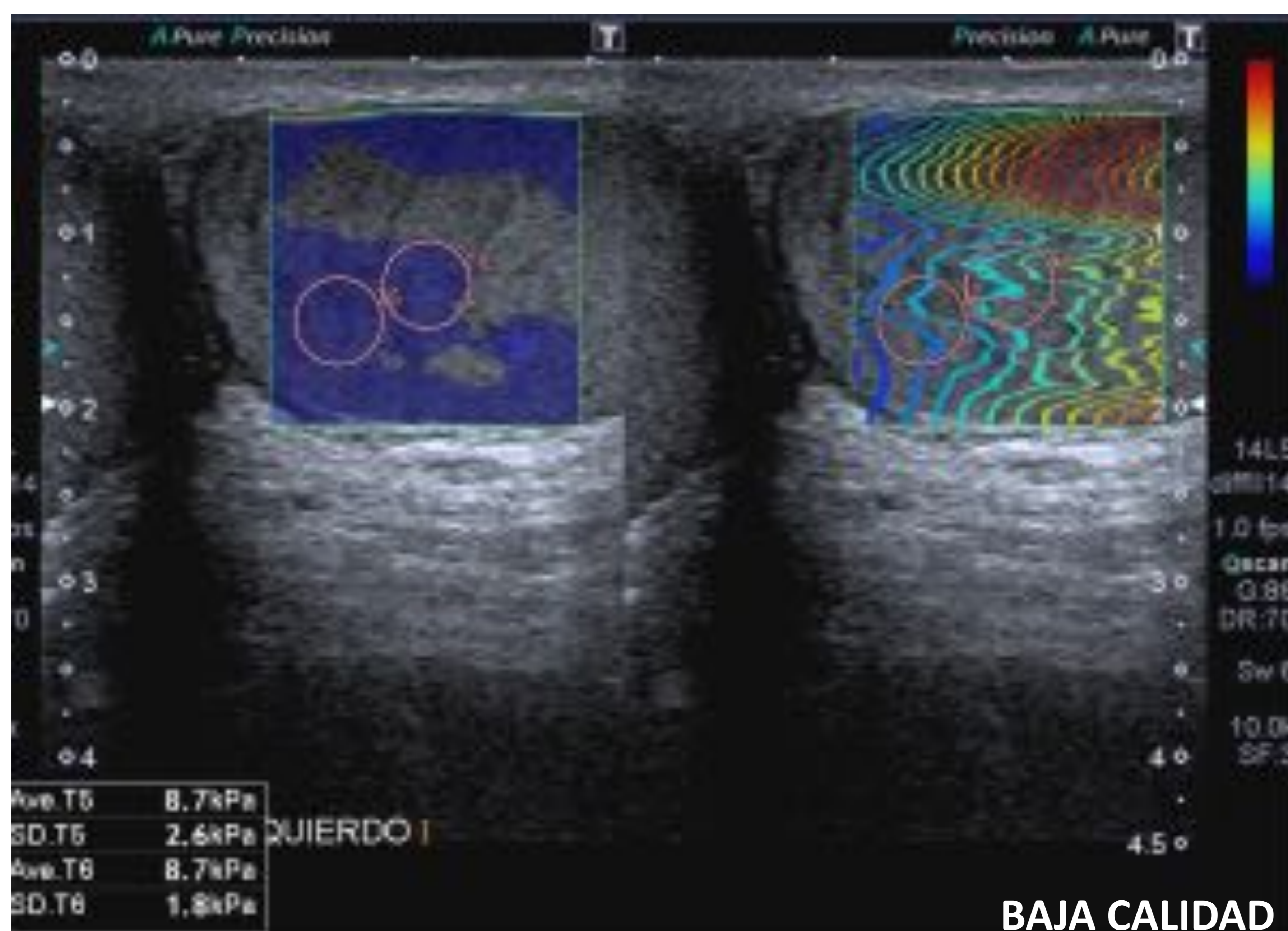
1. ELASTOGRAFÍA

1.2 ELASTOGRAFÍA SHEAR WAVE



	Speed[m/s]		Elasticity[kPa]		Depth[cm]
	Average	SD	Average	SD	
1	1.13	0.05	3.8	0.4	1.4
2	1.39	0.19	5.7	1.8	2.3
3	1.29	0.10	4.8	0.8	1.7
4	1.13	0.04	3.7	0.4	1.4
5	1.35	0.22	5.4	1.9	2.2
6	1.08	0.02	3.5	0.4	1.8
7	1.19	0.05	4.1	0.5	2.1
8	1.19	0.04	4.1	0.4	2.0
9	1.18	0.04	4.1	0.4	1.9
10	1.20	0.05	4.2	0.4	2.2
Mean	1.19		4.1		
SD	0.08		0.6		
Median	1.19		4.1		
IQR	0.08		0.4		

IQR/MEDIAN < 0.3



ESCENARIOS DE BAJA CALIDAD PARA LA CUANTIFICACIÓN DE ESW

- Artefacto de anisotropía secundario a la disposición paralela de los túbulos seminíferos o a la convergencia de septos y vasos a través del parénquima.
- Desplazamiento del testículo por reflejo cremastérico.
- Atenuación por el grosor de las cubiertas escrotales.

Los valores del parénquima testicular normal oscilan:

- 2,4 kPa- 4 kPa
- 0,95 m/s-1.2 m/s

Los valores de la rigidez tisular varían según los equipos de ecografía, la técnica de elastografía 2D/3D.

Desde un punto de vista técnico se deben de tomar al menos 3-5 medidas, evitando los polos del testículo y con un IQR/MEDIAN <0.3.

1. ELASTOGRAFÍA

1.2 ELASTOGRAFÍA SHEAR WAVE: APLICACIONES CLÍNICAS

TUMORES

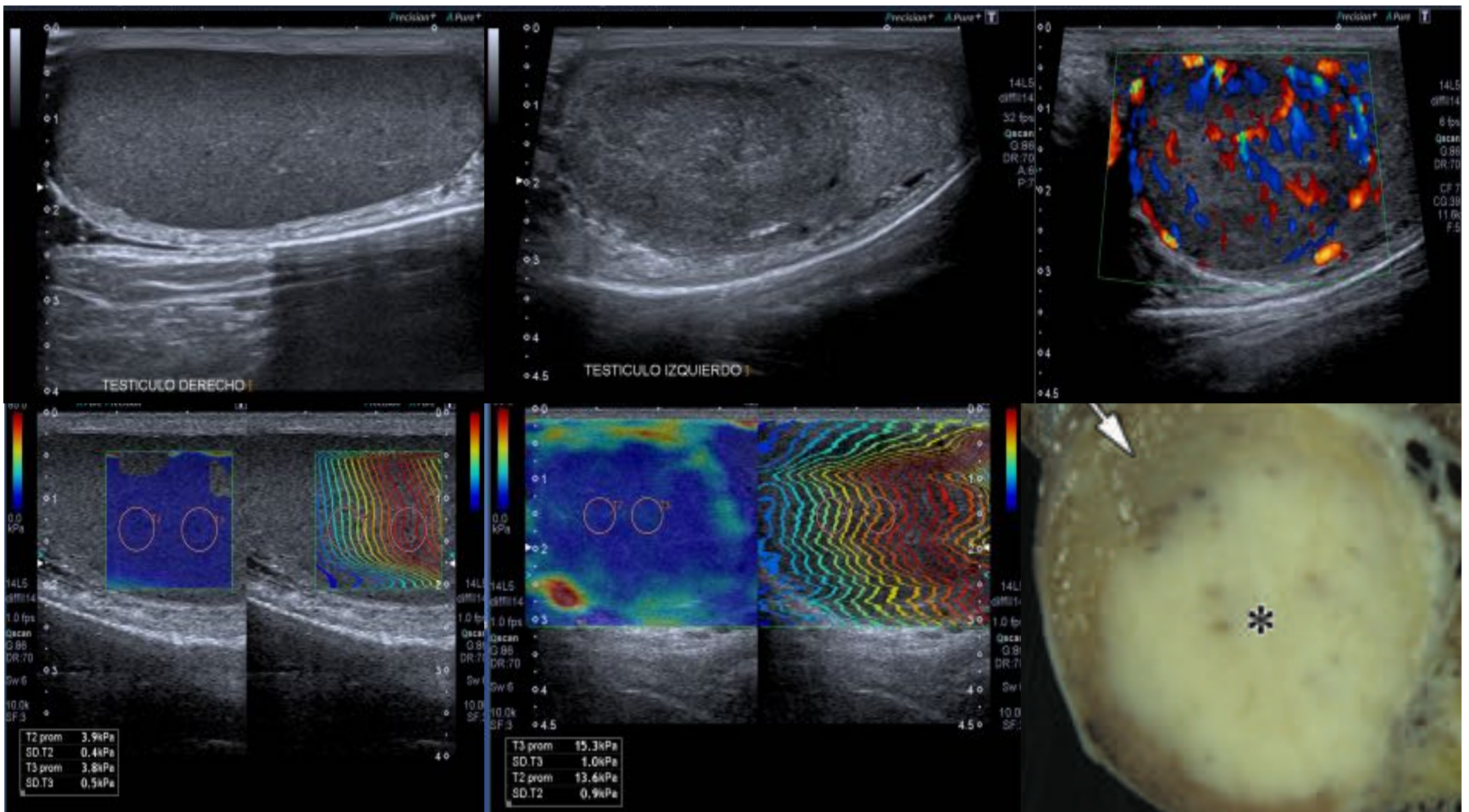
Los tumores malignos muestran de manera general un aumento significativo de la rigidez testicular con valores que superan los 17 Kpa, siendo muy superiores a los tumores de Leydig.

Algunas lesiones benignas como el quiste dermoide, restos adrenales y/o orquitis focales tienen una rigidez muy elevada, incluso mayor a los tumores malignos, por ello es necesario la combinación de los valores cuantitativos con el mapa de grises.

Table 1. Statistical results for conventional ultrasound and shear wave elastography for the four tumor groups.

No. of patients	Reference group		Benign group		Malignant group	Leydig tumor group	p Value
	SW	US	SW	US			
Benign group							
1. Spermatozoa	60/70	60/70	20/20	40/40	60/70	60/70	0.001
2. Spermatozoa + Leydig	60/70	60/70	20/20	40/40	60/70	60/70	0.001
3. Spermatozoa + Leydig + Sertoli	60/70	60/70	20/20	40/40	60/70	60/70	0.001
Malignant group							
1. Spermatozoa	60/70	60/70	20/20	40/40	60/70	60/70	0.001
2. Spermatozoa + Leydig	60/70	60/70	20/20	40/40	60/70	60/70	0.001
3. Spermatozoa + Leydig + Sertoli	60/70	60/70	20/20	40/40	60/70	60/70	0.001
Leydig tumor group							
1. Spermatozoa	60/70	60/70	20/20	40/40	60/70	60/70	0.001
2. Spermatozoa + Leydig	60/70	60/70	20/20	40/40	60/70	60/70	0.001
3. Spermatozoa + Leydig + Sertoli	60/70	60/70	20/20	40/40	60/70	60/70	0.001
Statistical analysis							
SW vs US	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
SW vs Malignant	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
SW vs Leydig	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
SW vs Benign	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

Rocher et al. Ultrasound in Med&biolo, 2019,Vol 45, 3,720-731



Hombre de 36 años con seminoma testicular izquierdo visualizado en escala de grises como una lesión bien delimitada que muestra marcado flujo vascular con técnica doppler. En elastografía shear wave se identifica un intenso aumento de la rigidez, altamente compatible con tumor, con valores de 15 Kpa. El parénquima normal muestra unos valores de 3.9 kPa. El estudio ha sido realizado con Toshiba Aplio 500 con una PLT-1005BT 10-14 MHz sonda lineal y sistema de software 2DSWE .

1. ELASTOGRAFÍA

1.2 ELASTOGRAFÍA SHEAR WAVE: APLICACIONES CLÍNICAS

VARICOCELE

15% de población.

35-44% de los hombres con infertilidad primaria.

SWE se puede usar como una técnica efectiva para determinar la rigidez testicular en pacientes con varicocele (Grupo A) para predecir fibrosis intersticial.

TABLE 2. Mean Age, Testicular Volume, and SWE Values of the Study Participants by Group.

Group	Age (yr)	Volume (ml)	SWE (m/s)	SD
A	30.9 ± 3.05	13.83 ± 3.44	1.35 ± 0.34	0.24 ± 0.02
B	30.0 ± 4.52	14.05 ± 4.02	1.34 ± 0.24	0.23 ± 0.02
C	30.9 ± 3.46	14.27 ± 4.11	1.37 ± 0.31	0.46 ± 0.04
D (n=12)	30.4 ± 3.88	14.66 ± 4.28	1.37 ± 0.32	0.37 ± 0.04

Erdogan et al. Ultrasound Quarterly, 2019

TESTÍCULOS NO DESCENDIDOS

El grupo de Hatapoglu et al. muestran que existe diferencia en la rigidez del tejido comparando el valor de shear wave velocity (SWV) en testículos no descendidos intervenidos y aquellos con localización escrotal normal.



TABLE 2. Mean Shear Wave Velocity (SWV) Values for the Control and Study Groups

SWV (m/s)	Control	Study	P-value
Mean	1.1	1.3	<0.001
SD	0.2	0.2	

Hattapoglu et al Ultrasonics 72 (2016) 191-194

INFERTILIDAD

Existe una correlación negativa significativa entre los valores medios de SWE testicular de los pacientes y su recuento de espermatozoides y volúmenes testiculares.

Los valores de corte con respecto a la SWE testicular para distinguir el recuento normal de espermatozoides de la azoospermia y la oligozoospermia fueron 1,465 m/s (75,0 % de sensibilidad y 75,0 % de especificidad) y 1,328 m/s (64,3 % de sensibilidad y 68,2 % de especificidad), respectivamente, y el valor para distinguir la oligozoospermia de la azoospermia fue de 1,528 m/s (66,7 % de sensibilidad, 60,7 % de especificidad).

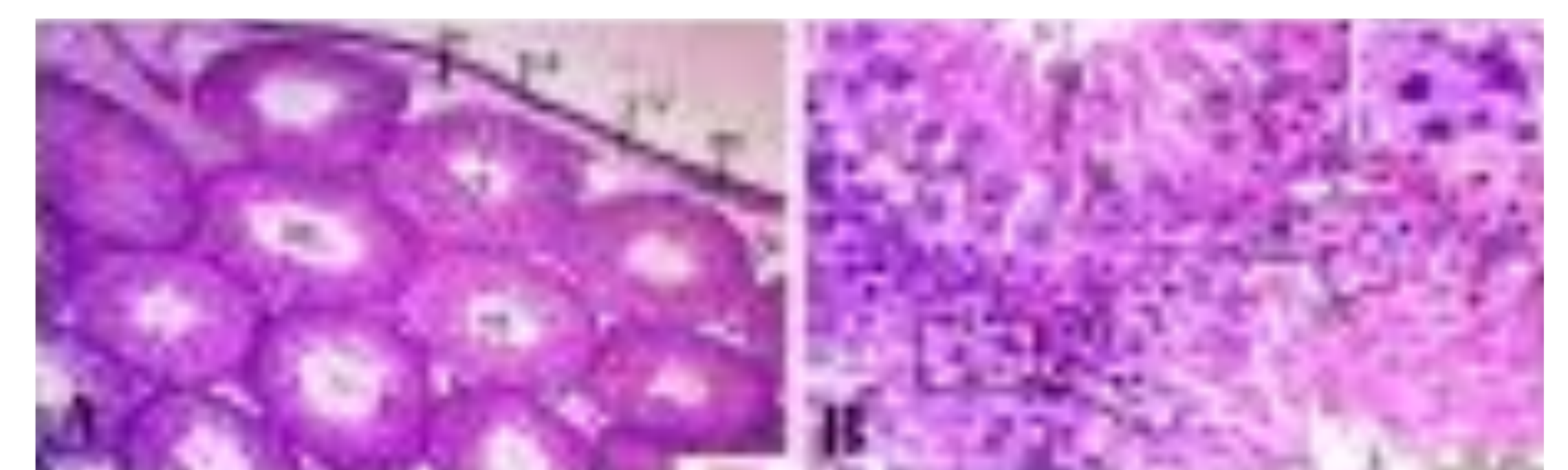
Table 1. The distribution characteristics in 4 groups, the mean values, and mean Shear Wave Velocity values

Group	Age (years)	Testis volume (ml)	SWE (m/s)	SD
1st-20	30.44 ± 3.07	13.27 ± 3.41	1.35 ± 0.34	0.24 ± 0.02
2nd-20	31.01 ± 4.52	14.05 ± 4.02	1.34 ± 0.24	0.23 ± 0.02
3rd-20	30.9 ± 3.46	14.27 ± 4.11	1.37 ± 0.31	0.46 ± 0.04
4th-20	30.4 ± 3.88	14.66 ± 4.28	1.37 ± 0.32	0.37 ± 0.04

Each group was classified by mean values (mean ± SD). The results are reported as mean ± standard deviation (SD). P-values are given in parentheses. SWE = Shear Wave Velocity values.

Yavuz et al. Med Ultrasound 2018, 20,141-147

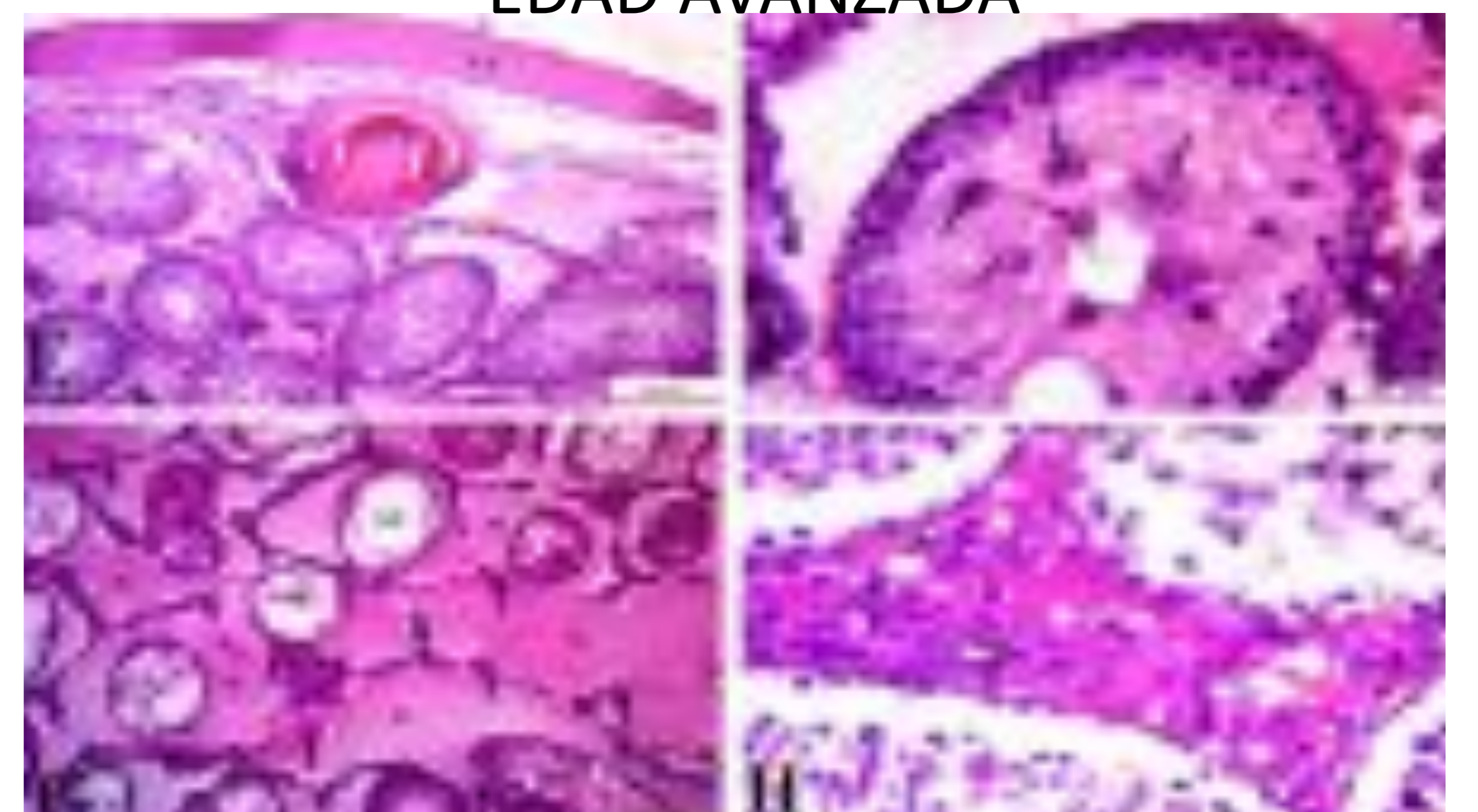
JOVEN



MEDIANA EDAD



EDAD AVANZADA

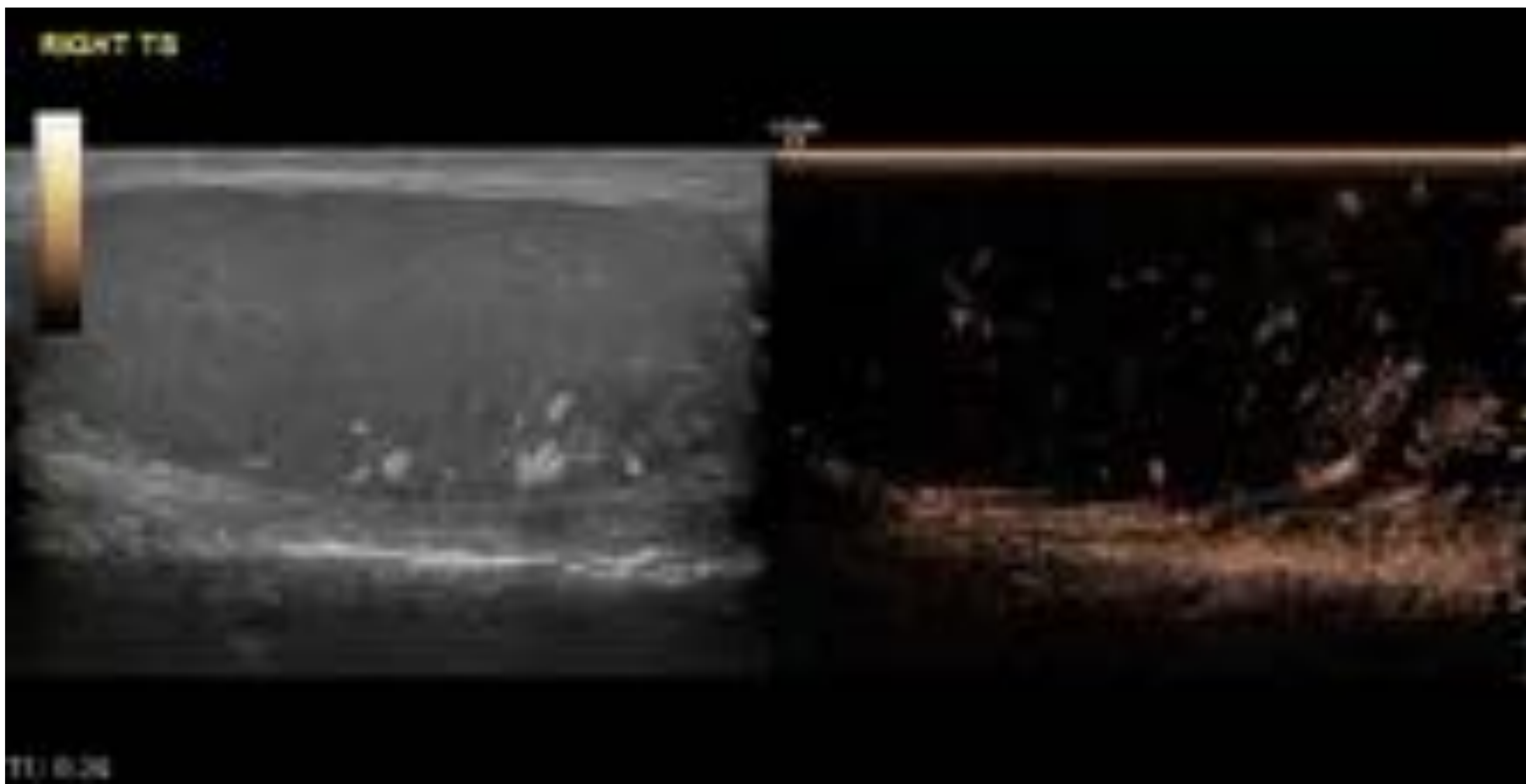




2. ECOGRAFÍA CON CONTRASTE

- La ecografía con contraste se realiza con una variedad de equipos y modos específicos de contraste después de la inyección en bolo de entre 2,4 a 4,8 ml de suspensión acuosa de microburbujas estabilizadas con fosfolípidos llenas de hexafluoruro de azufre (Sono Vue, BR1, Bracco) a través de una cánula de calibre 20G seguido por 10 ml de suero fisiológico.
- La dosis **recomendada** es de **2,4 ml**. Esta se puede aumentar a 4,8 ml o disminuir a 1,0 ml o menos según la sensibilidad del equipo utilizado, el tipo de transductor y el órgano que se investiga. Cuando se utilizan **transductores de mayor frecuencia**, una dosis de **4,8 ml** funciona mejor.
- Se debe grabar un videoclip en tiempo real, preferiblemente digital, para su revisión y documentación. El clip debe de incluir, preferentemente, el examen completo o al menos las partes más relevantes, generalmente correspondientes a los 10 a 40 segundos iniciales que comienzan con el inicio del realce con clips adicionales más cortos tomados a los 2 o 3 minutos. Finalmente, el clip completo (opción preferida) o al menos los fotogramas seleccionados más relevantes deben almacenarse de forma permanente.
- Se debe realizar un examen Doppler color y modo B completo de la lesión con transductores lineales de alta frecuencia y registrarlos para relacionarlo con los hallazgos de CEUS.

TESTÍCULOS NORMALES (ver vídeo 2)



La **fase arterial** en CEUS es la parte más importante de la exploración.

Los testículos y el epidídimo realzan rápidamente pero el tiempo hasta el realce varía entre individuos.

Las **arterias** realzan **primero**, seguidas en unos segundos por realce del parénquima testicular.

Las **cubiertas escrotales** suelen realzar en **menor** grado que su contenido.

No hay acumulación de microburbujas en el parénquima testicular produciéndose el lavado durante un período de tiempo variable, observándose un realce residual mínimo a los 3 minutos.



2. ECOGRAFÍA CON CONTRASTE

APLICACIONES CLÍNICAS

TRAUMA

-El modo B convencional y la evaluación Doppler color de los testículos en traumatismos está bien establecida, pero subestiman la extensión de la lesión. Además de la integridad o interrupción de la túnica albugínea, la información más importante para el cirujano es la extensión del tejido testicular viable.

-CEUS se suma a la evaluación Doppler color con una delimitación clara de las líneas de fractura, los hematomas intratesticulares y la cantidad de testículo viable.

Ultrasound. 2011 Dec;14(4):188-95

ISQUEMIA

-Valentino et al. evaluaron la eficacia de CEUS en pacientes con dolor escrotal agudo no definido en ecografía con Doppler color. Concluyeron que CEUS fue más preciso en el diagnóstico final en comparación con US y propusieron el uso de esta técnica en casos urgentes donde el diagnóstico de US no es concluyente.

-CEUS mejora la caracterización del infarto segmentario que muestra uno o más lóbulos parenquimatosos isquémicos separados por vasos testiculares normales.

Eur Radiol. 2011 Sep;21(9):1831-40.
Int Braz J Urol. 2009 Nov-Dec;35(6):692-702

INFLAMACIÓN

-CEUS puede determinar el desarrollo de un absceso (que aparece como una región sin realce) en una etapa precoz, o la extensión de un absceso grande y permitir un tratamiento rápido.

-CEUS se puede utilizar en casos seleccionados para aumentar la sensibilidad en la detección de trombosis de los vasos del cordón espermático, especialmente en funiculitis, y en la detección de cambios isquémicos parenquimatosos postinflamatorios.

Radiology. 2014 Nov;273(2):606-18.

TUMORES

-CEUS es particularmente útil en la detección y caracterización de lesiones tumorales en diferentes áreas.

-Lock et al. demostraron la utilidad de CEUS en el diagnóstico de masas testiculares mostrando que la hipervascularización es una característica importante en el diagnóstico de malignidad.

-Diferentes estudios sugieren que una evaluación cuantitativa de los parámetros de realce podría ayudar a diferenciar los leydigomas de otros grupos histológicos, en particular, seminomas, pero existen discrepancias en cuanto a las características de lavado.

- Isidori et al. concluyó en su estudio prospectivo que informó sobre 115 lesiones consecutivas pequeñas no palpables (<15 mm) que, en comparación con los seminomas, los tumores de células de Leydig tuvieron un lavado prolongado.

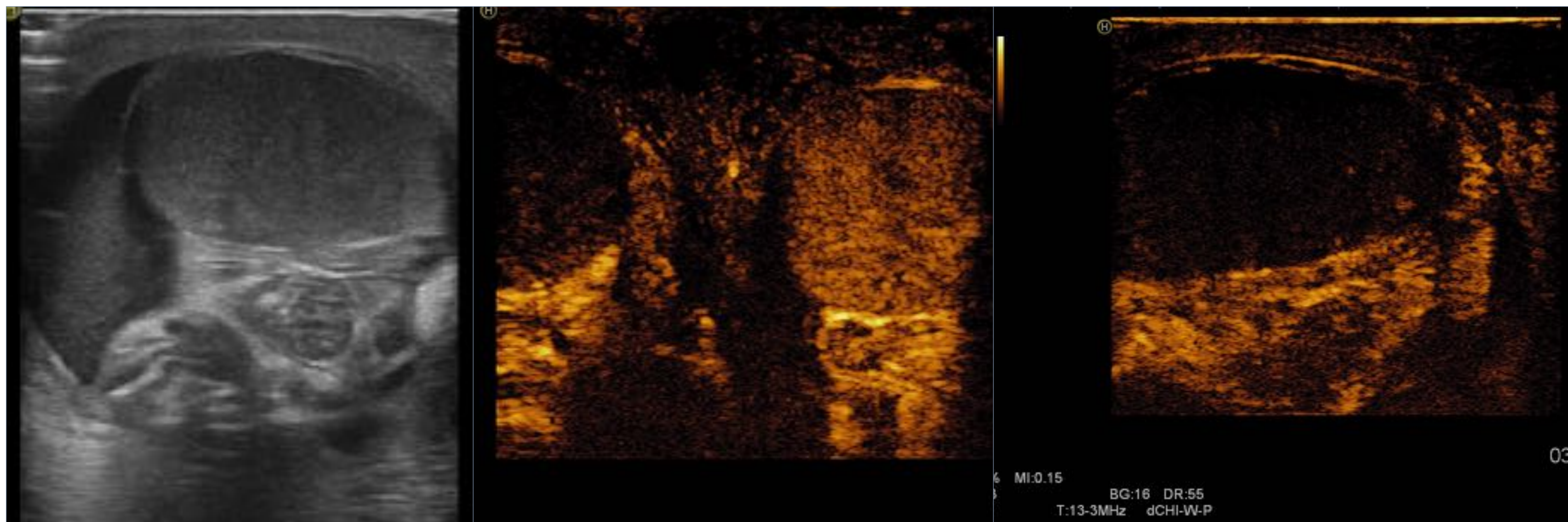
- Drudi et al. encontró que los leydigomas tenían un realce más temprano y mayor en comparación con los seminomas, pero las características de lavado no diferían significativamente.

Radiology 2014 Nov;273(2):606-18.
Ultraschall Med 2014;355: 34-539.



2. ECOGRAFÍA CON CONTRASTE

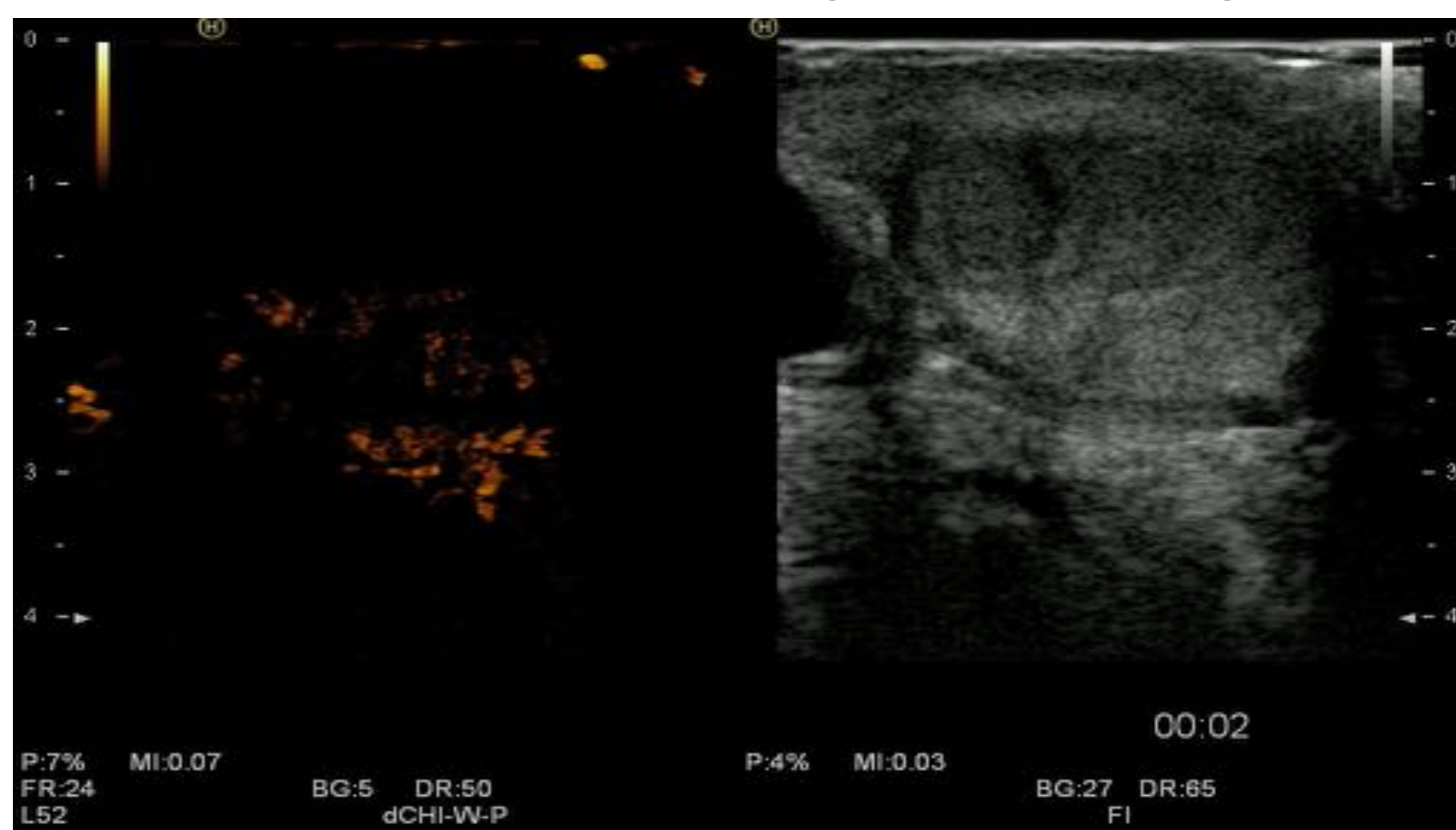
TORSIÓN TESTICULAR AGUDA



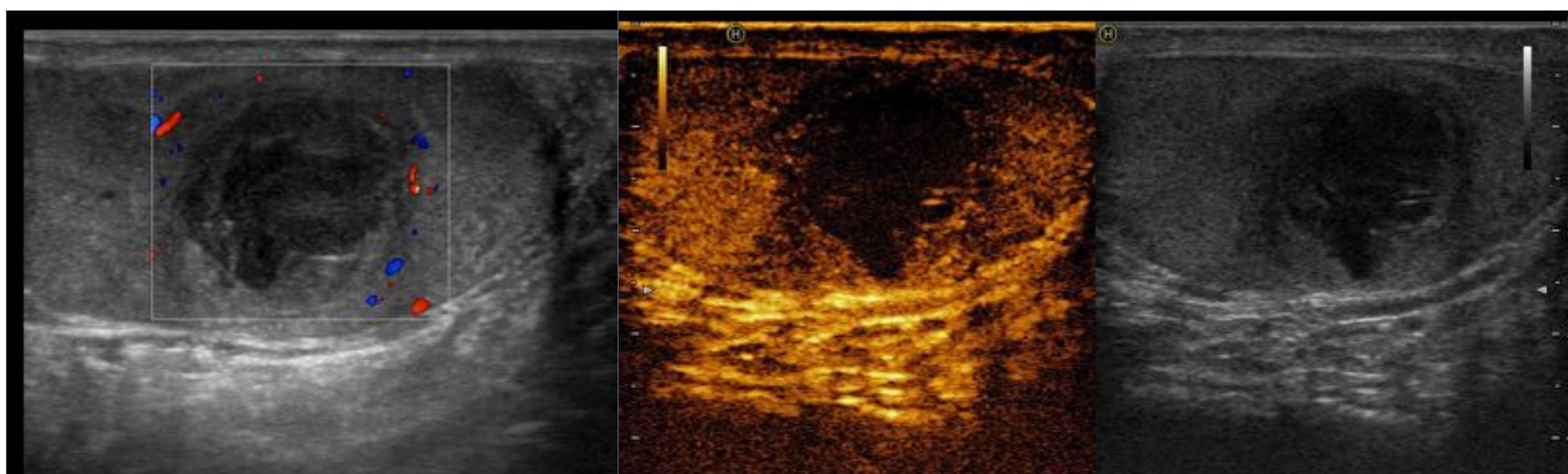
Hombre de 21 años atendido en urgencias por dolor testicular agudo. La ecografía muestra una torsión testicular completa con hidrocele reactivo y una ecogenicidad heterogénea del parénquima. CEUS demuestra la ausencia de realce de contraste en el testículo torsionado. Se puede observar realce de la túnica vaginal.

INFARTO TESTICULAR SEGMENTARIO (ver vídeo 3)

Infarto testicular segmentario agudo en un paciente de 29 años que acude a urgencias <24 h después del inicio de dolor escrotal agudo. La ecografía convencional muestra un área focal sólida en forma de cuña o redonda en el testículo con áreas hipoecoicas e isoecoicas de ecogenicidad mixta. CEUS confirma que la lesión es completamente avascular, como se muestra en el vídeo 3.



VASCULITIS



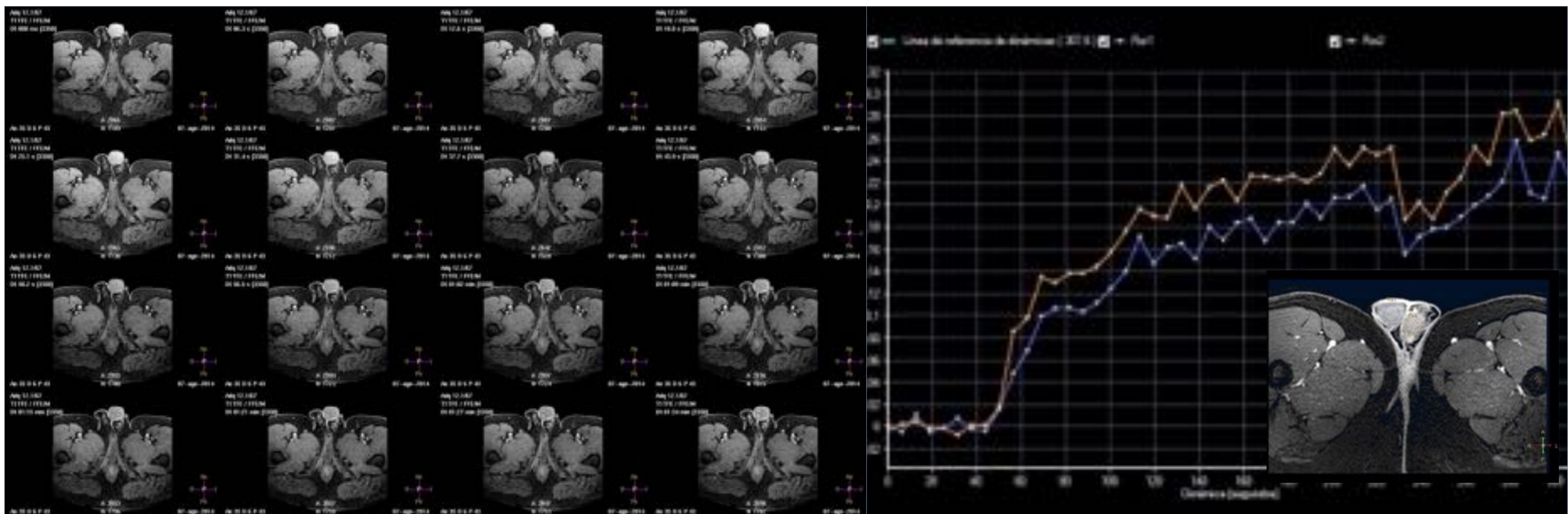
Hombre de 53 años que consulta por dolor escrotal. La ecografía muestra un nódulo hipoecoico, heterogéneo, ovoide y de márgenes mal definidos. El examen Doppler color muestra presencia de flujo de aspecto puntiforme y en banda alrededor del nódulo. CEUS demuestra la ausencia de flujo dentro del nódulo y excluye el diagnóstico de tumor. El diagnóstico de poliarteritis nodosa (PAN) se confirmó mediante biopsia testicular. La PAN es una vasculitis necrotizante de vasos de mediano calibre de origen desconocido. Este tipo de vasculitis suele ser sistémica, pero puede ocurrir con afectación de un solo órgano, por ejemplo, los testículos.



3. RM DINÁMICA

- DCE-MRI es una técnica en la que un agente de contraste paramagnético de bajo peso molecular se inyecta por vía intravenosa, monitorizándose con **múltiples imágenes** durante unos minutos (**ver video 4**).
- DCE-MRI es una modalidad de imagen funcional con utilidad clínica y que se ha incorporado a los protocolos de diagnóstico por imagen para evaluar la **microcirculación funcional** de los tumores.
- Solo existen datos preliminares sobre la aplicación de esta técnica en tumores testiculares.
- DCE-MRI puede proporcionar información sobre la perfusión testicular. Sin embargo, son necesarias más investigaciones para establecer la utilidad de esta técnica en la detección y caracterización de tumores testiculares.

TESTÍCULOS NORMALES (ver vídeo 4)



Los testículos normales muestran un aumento gradual y progresivo del realce alcanzando una meseta alrededor de los 200 segundos después de la inyección del bolo de contraste. La representación de este realce es una curva Tipo 1: aumento lineal del realce de contraste a lo largo del estudio. La imagen de la derecha muestra el realce del testículo derecho en azul y del testículo izquierdo en naranja.

Radiology 217 (1): 219-227

MRI of the scrotum: Recommendations of the ESUR Scrotal and Penile Imaging Working Group

Julian C. Bell¹, Michele Bernhardt², Albert Escamez Torralba³, Willem Dege⁴,
Hans Prosser⁵, Lawrence S. Rubin⁶, Jose Bellón⁷, Michel Huettemann⁸,
Alexandre Vuarin⁹, Luciano G. Borelli¹⁰, Raymond Tsien¹¹, Patrick Bouchard¹²,
Manuel Sell¹³, Jonathan Wehberg¹⁴

- Secuencia coronal 3D fast field-echo (grosor de corte de 4 mm, secciones superpuestas de 2 mm).
- Deben adquirirse de cinco a siete sets de imágenes consecutivos, cada uno con una duración de 50 a 60 s, 15 s después de la inyección del bolo (1 a 2 ml/s) de contraste.
- La adquisición de imágenes debe realizarse durante 8 minutos para evaluar el lavado.





3. RM DINÁMICA

APLICACIONES CLÍNICAS

TUMORES

La mayoría de las lesiones intratesticulares benignas muestran realce de contraste heterogéneo u homogéneo y una curva tipo II (ascenso inicial seguido de una meseta o un aumento gradual en la fase tardía de realce de contraste).

Los carcinomas testiculares muestran realce heterogéneo de contraste con una curva tipo III: un ascenso inicial seguido de un lavado gradual del contraste.

No hay diferencia en los patrones de DCE entre tumores seminomatosos y no seminomatosos.

Los porcentajes relativos de tiempo máximo hasta el pico demostraron ser el factor de discriminación más importante para diferenciar las masas intratesticulares malignas de las benignas.

ISQUEMIA

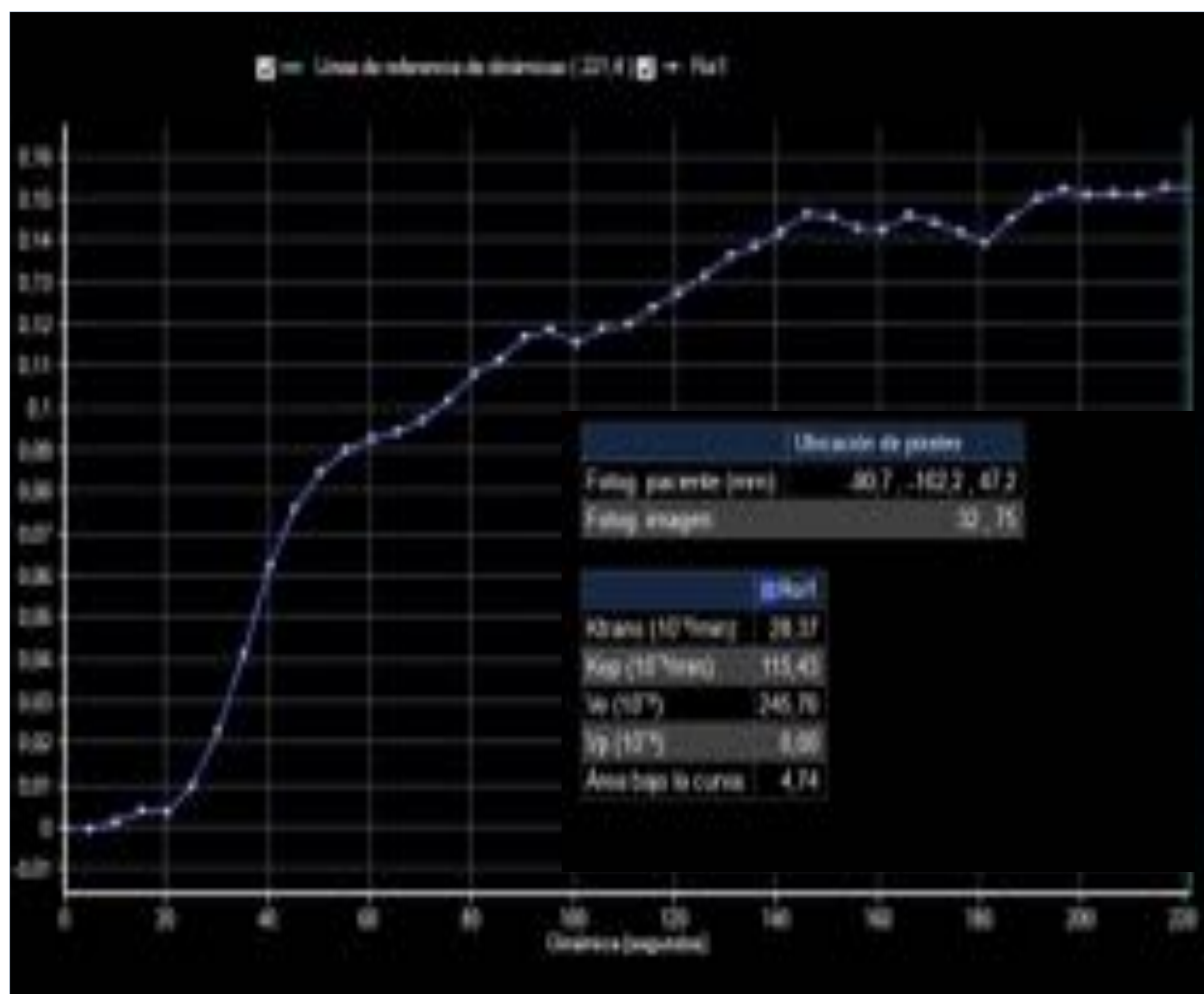
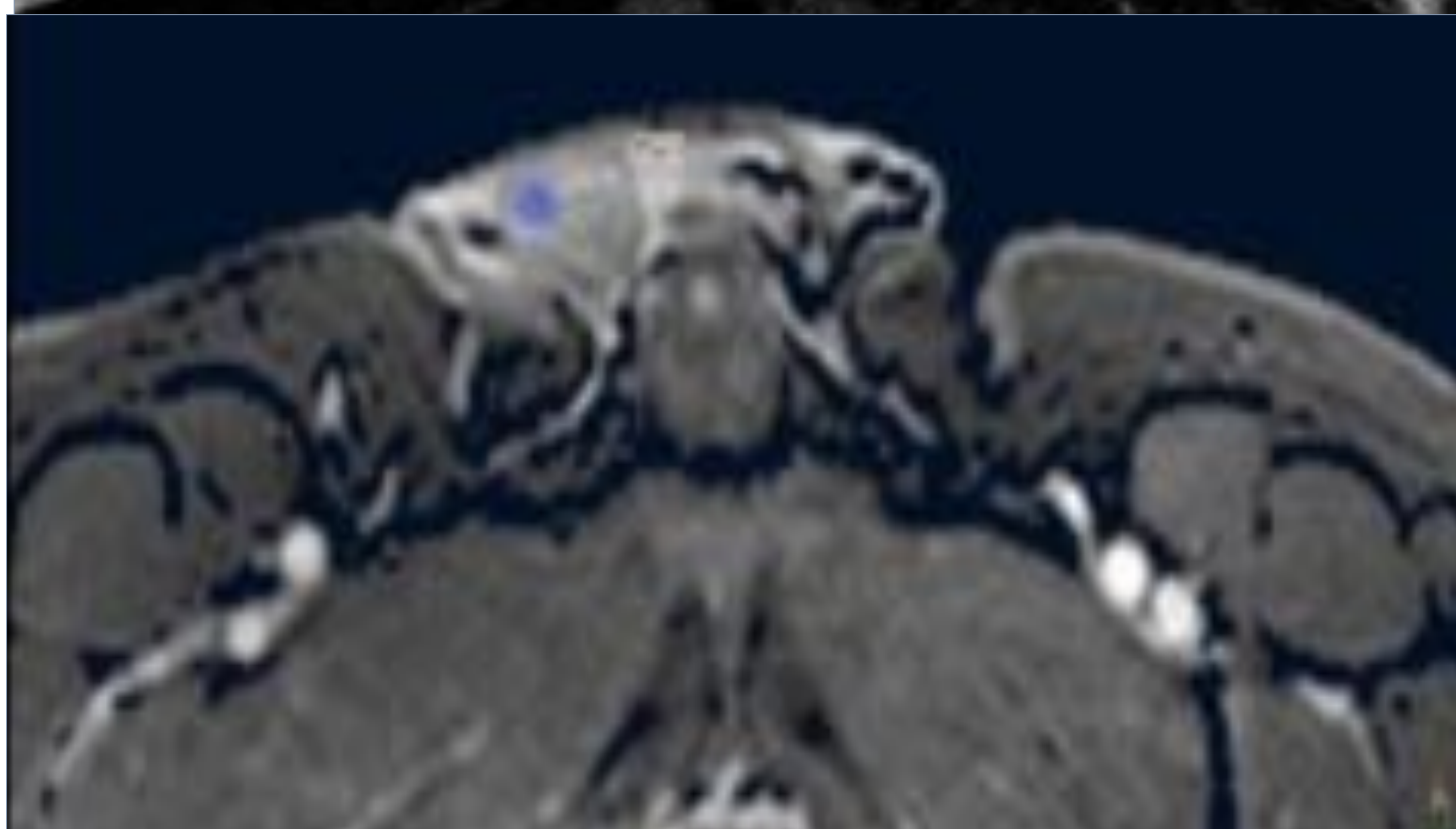
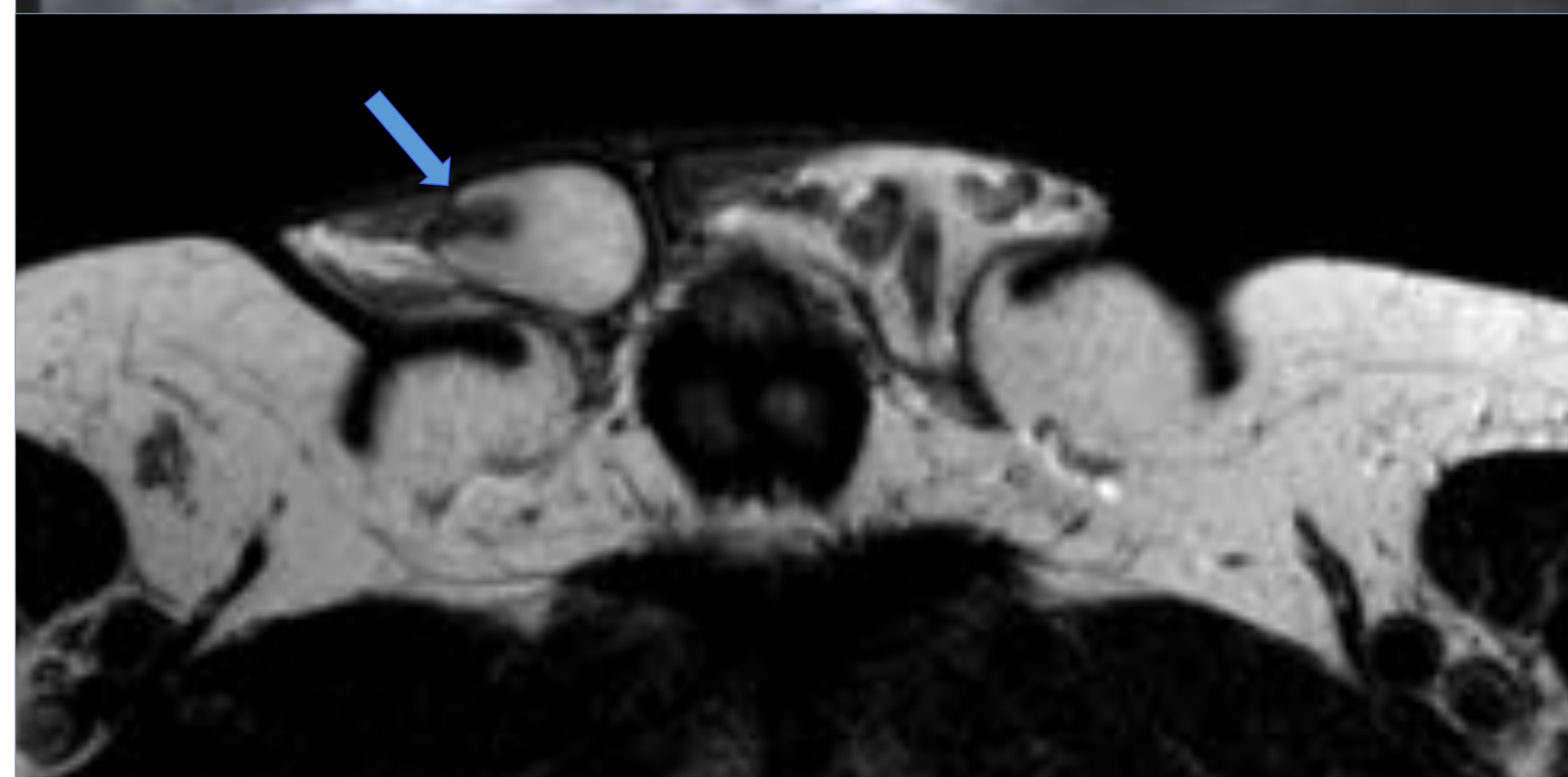
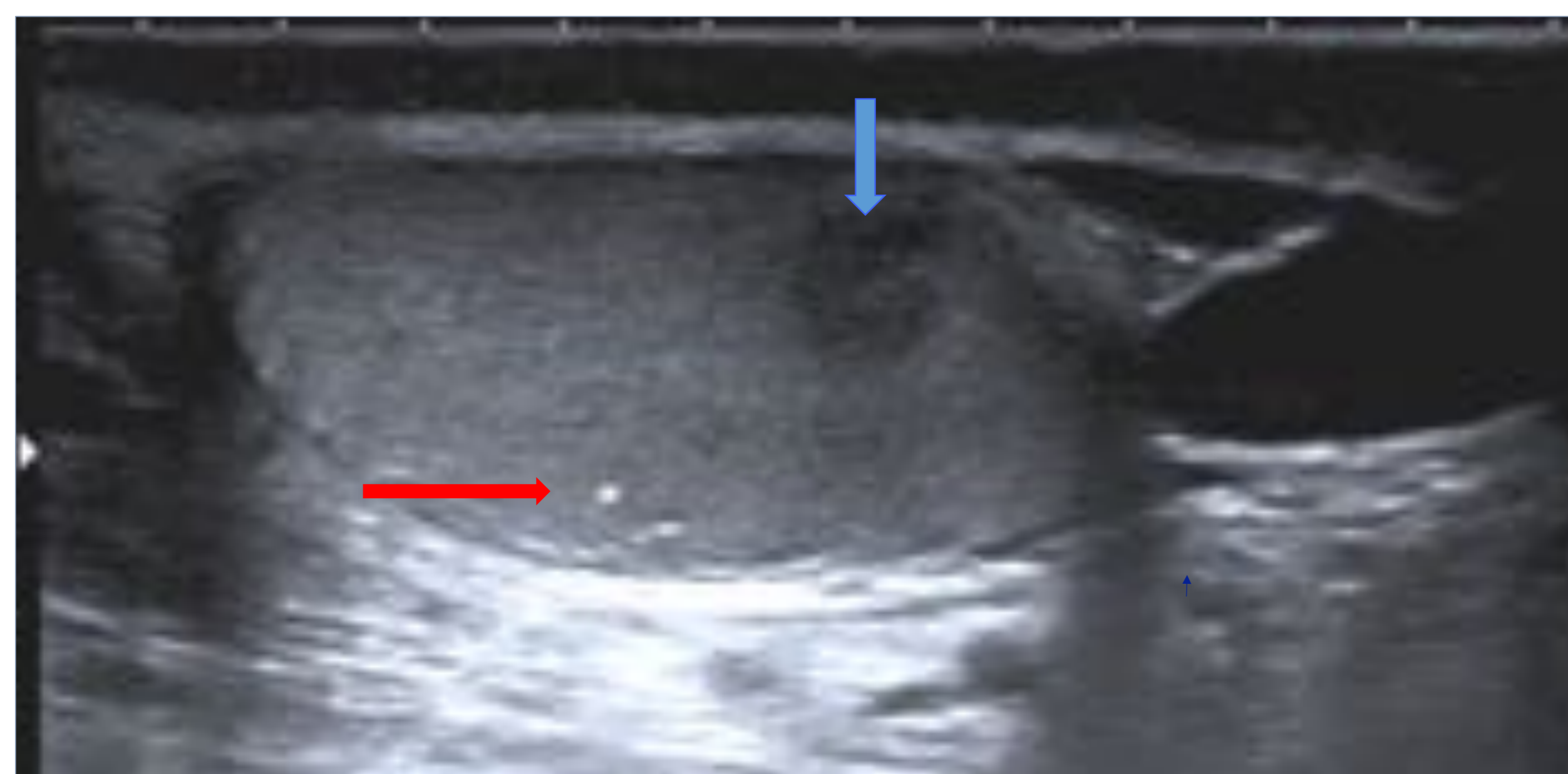
Torsión testicular: el realce de contraste con gadolinio en RM está ausente o reducido. La sensibilidad y especificidad de la RM en el diagnóstico de torsión testicular fue del 93%.

Torsión testicular incompleta: disminución del realce después de la administración de gadolinio, también es posible la visualización directa de las estructuras del cordón rotado en la RM y podría proporcionar un apoyo adicional para este diagnóstico.

Infarto segmentario: ausencia de realce.

AJR Am J Roentgenol. 2013 Mar; 200(3):578-85

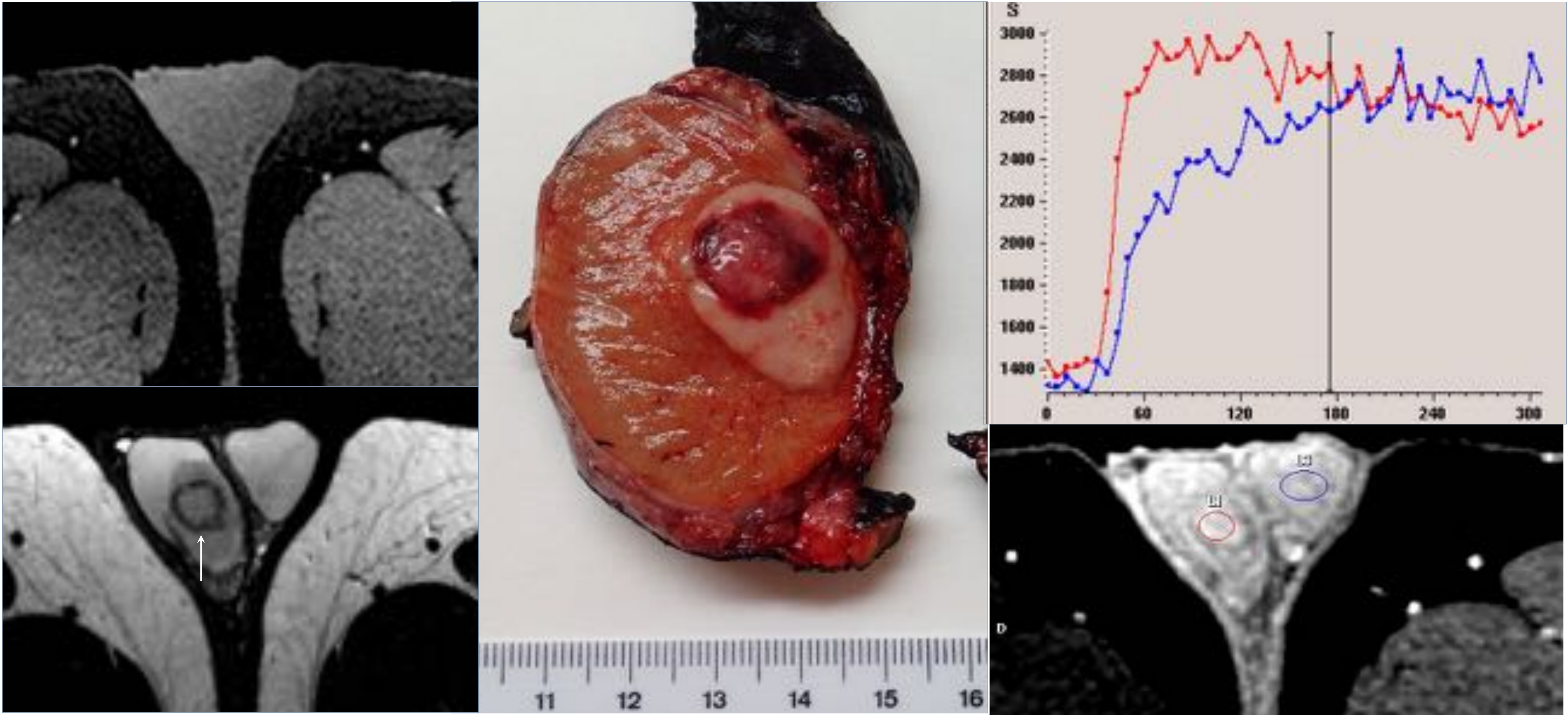
Urology. 2006 Jun;67(6):1278-82.



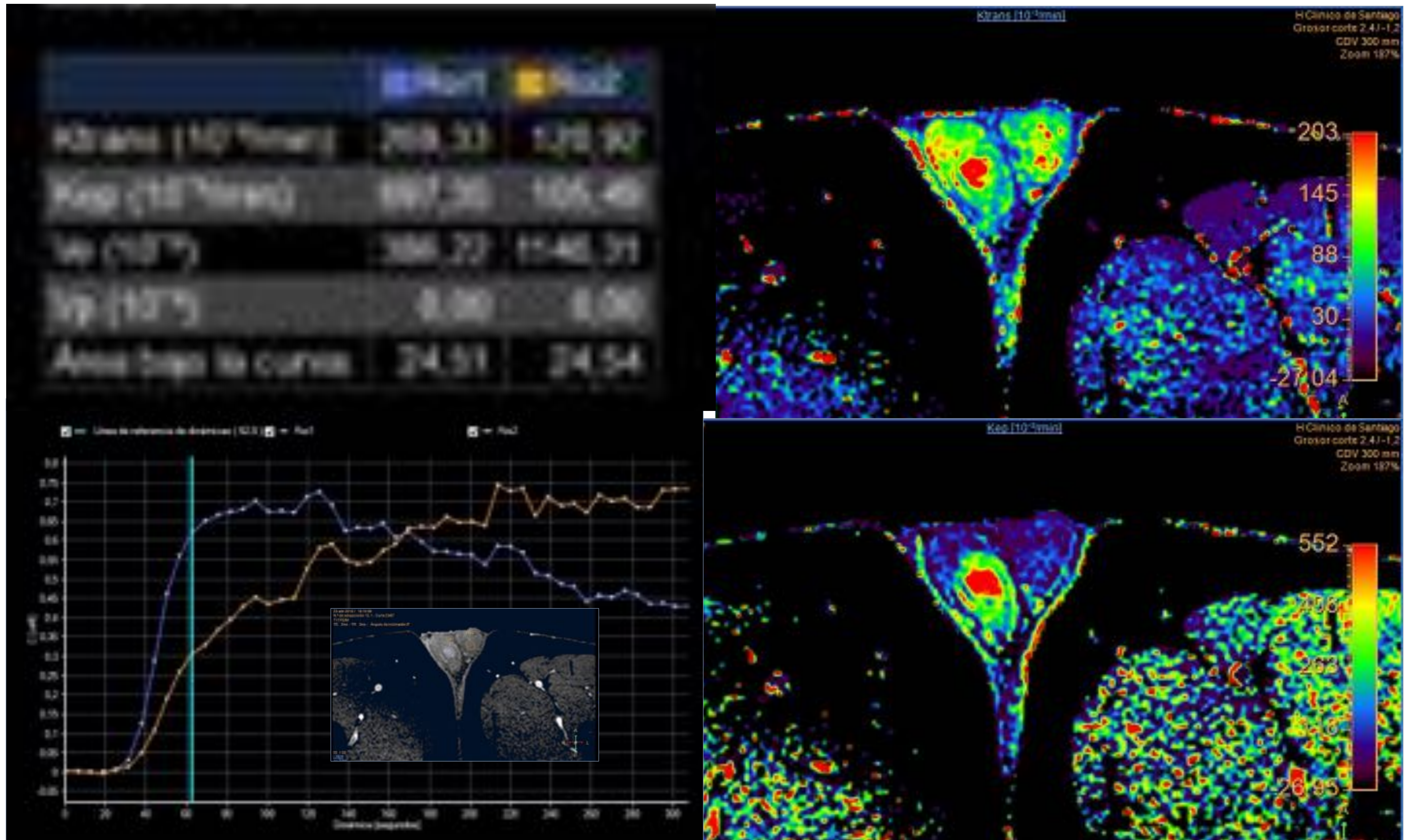
Hombre de 33 años con malestar testicular. La ecografía muestra un área hipoeoica focal de 5 mm (flecha azul) y microcalcificaciones dispersas (flecha roja). En la resonancia se observa una lesión hipointensa (flecha azul). Tras la administración de gadolinio la lesión presenta una curva tipo 1. Se realizó orquiectomía confirmándose lesión no maligna: fibrosis focal.



3. RM DINÁMICA



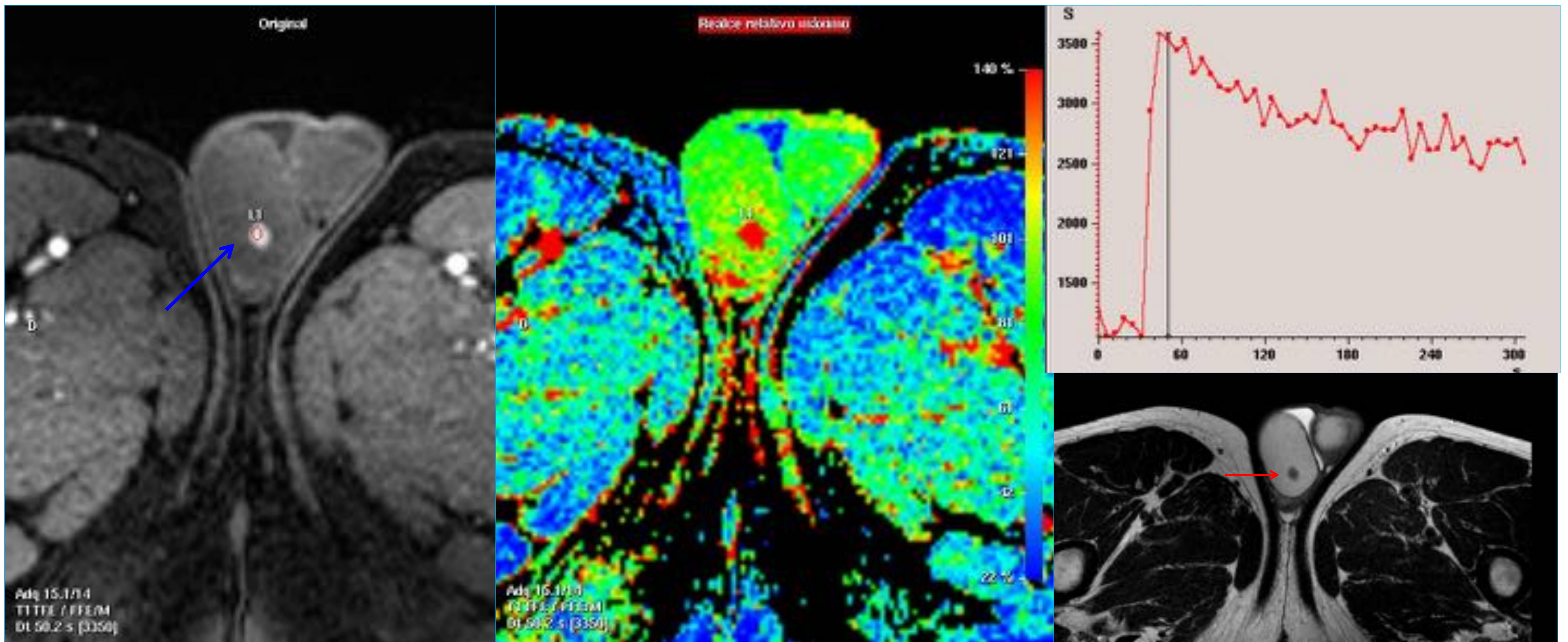
Hombre de 26 años con seminoma testicular derecho. El tumor es hipointenso en secuencias potenciadas en T2 en comparación con el parénquima testicular normal (flecha). El video demuestra un realce intenso y homogéneo del tumor (**ver vídeo 5**). La gráfica intensidad de señal-tiempo muestra una curva de tipo I (**AZUL**) para el testículo izquierdo y una curva de tipo III: (**ROJO**) ascenso rápido inicial seguido de un lavado gradual de contraste en el testículo derecho sugestivo de malignidad.



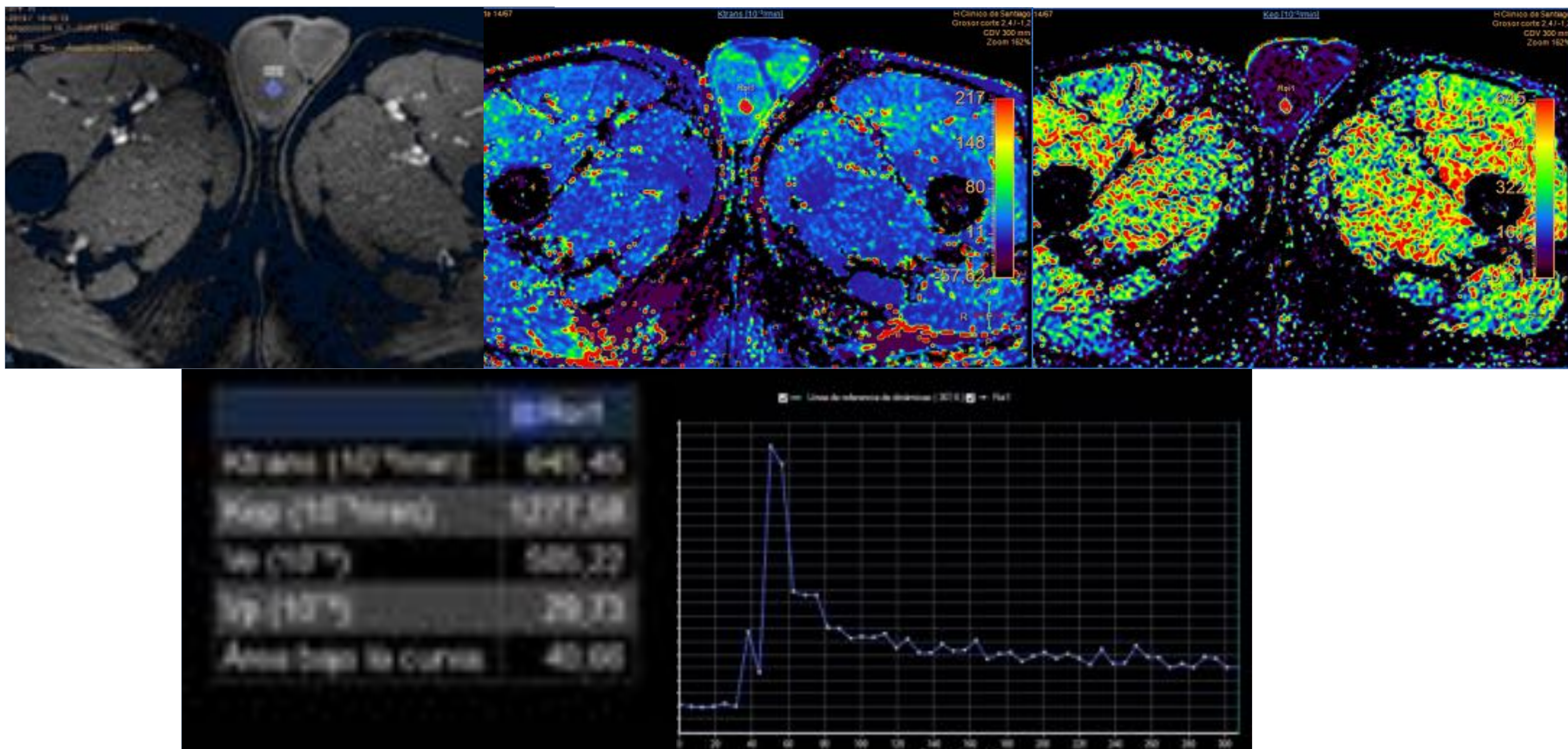
Mapas paramétricos de permeabilidad del mismo paciente con los valores de la constante de transferencia (K_{trans}) y la constante de velocidad (K_{ep}). Las curvas de testículos normales (**naranja**) y patológicos (**azul**) y las diferencias en los diferentes parámetros.



3. RM DINÁMICA



Hombre de 30 años con tumor de células de Leydig de 0,7 cm. Secuencia axial potenciada en T2 que muestra una pequeña masa intratesticular mal definida (**flecha roja**) de baja intensidad de señal. La imagen de sustracción axial con contraste dinámico en la fase temprana (50 segundos) muestra un intenso realce homogéneo de la lesión (**flecha azul**). La curva intensidad de señal-tiempo es altamente sugestiva de malignidad (tipo III).



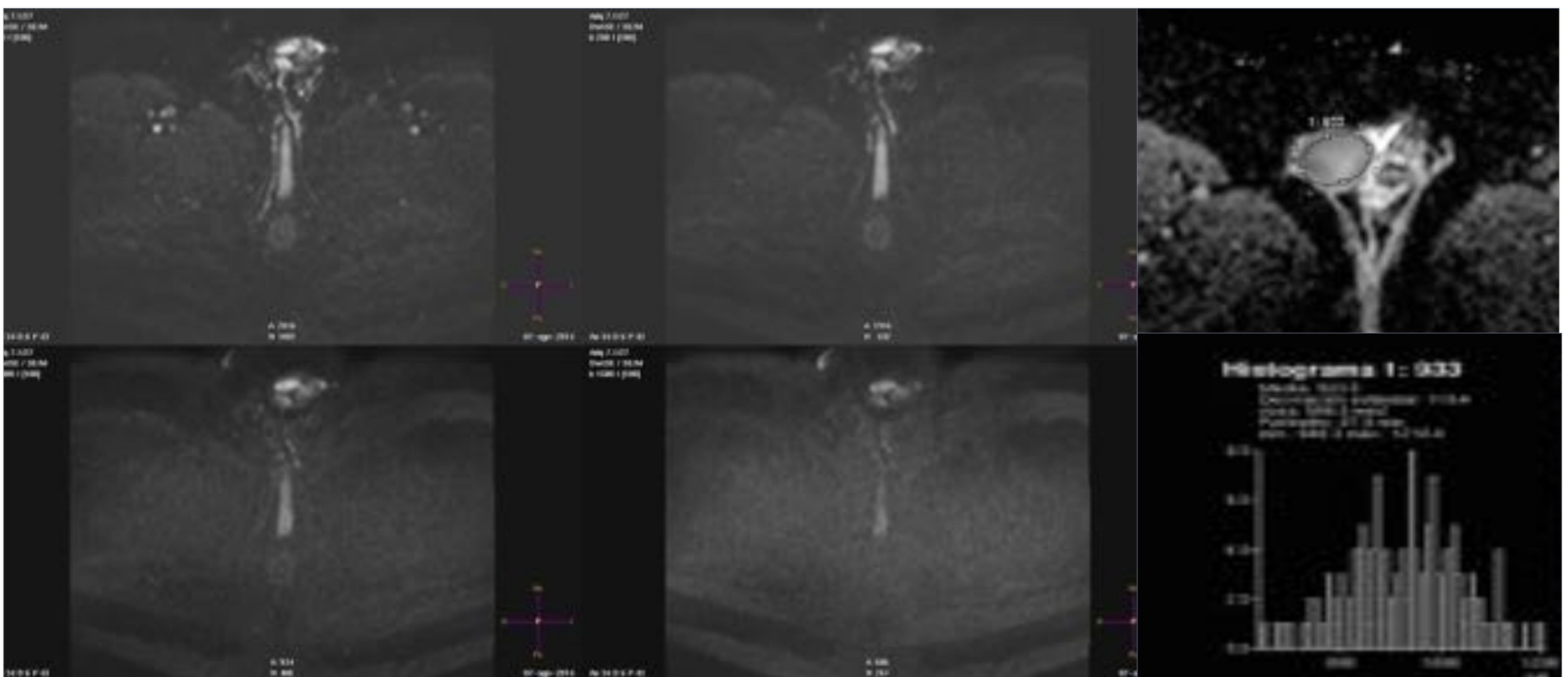
Mapas paramétricos del mismo paciente. El tumor de células de Leydig muestra respectivamente valores elevados de constante de transferencia (K_{trans}) y constante de velocidad (K_{ep}) en comparación con los testículos normales. La curva muestra un rápido ascenso inicial seguido de un lavado intenso del contraste.



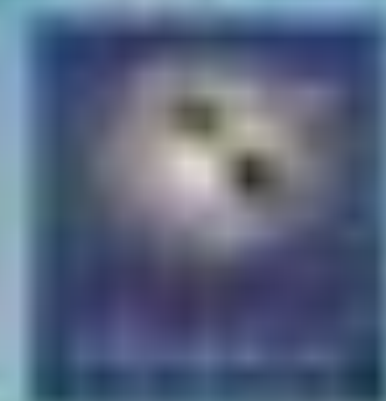
4. DIFUSIÓN (DWI)

- La difusión se refiere al **movimiento** microscópico **aleatorio del agua** (y otras moléculas pequeñas) debido a las colisiones térmicas.
- DWI es un método de imagen basado en RM que permite el **mapeo** del proceso de **difusión** de moléculas de agua en **tejidos biológicos**, in vivo y de forma no invasiva.
- DWI determina principalmente las alteraciones relacionadas con la celularidad de los tejidos. El movimiento de las moléculas de agua presenta **mayor restricción** a la difusión en tejidos con **alta celularidad** asociado con numerosas membranas celulares intactas.
- En consecuencia, los **testículos son más celulares** que otros órganos del abdomen y la pelvis (excepto el bazo) y pueden detectarse fácilmente en imágenes DW debido a su mayor intensidad de señal.
- Un valor b óptimo alto debería atenuar el tejido de fondo sano más que la lesión (aproximadamente el 80 % del valor de ADC del tejido de fondo normal). Los valores b usados clínicamente llegan hasta aproximadamente 1000 s/mm^2 , porque los valores b más altos crean imágenes de SNR deficientes (debido a TE más largos y una mayor susceptibilidad) y tiempos de adquisición más largos.

TESTÍCULOS NORMALES (ver vídeo 6)

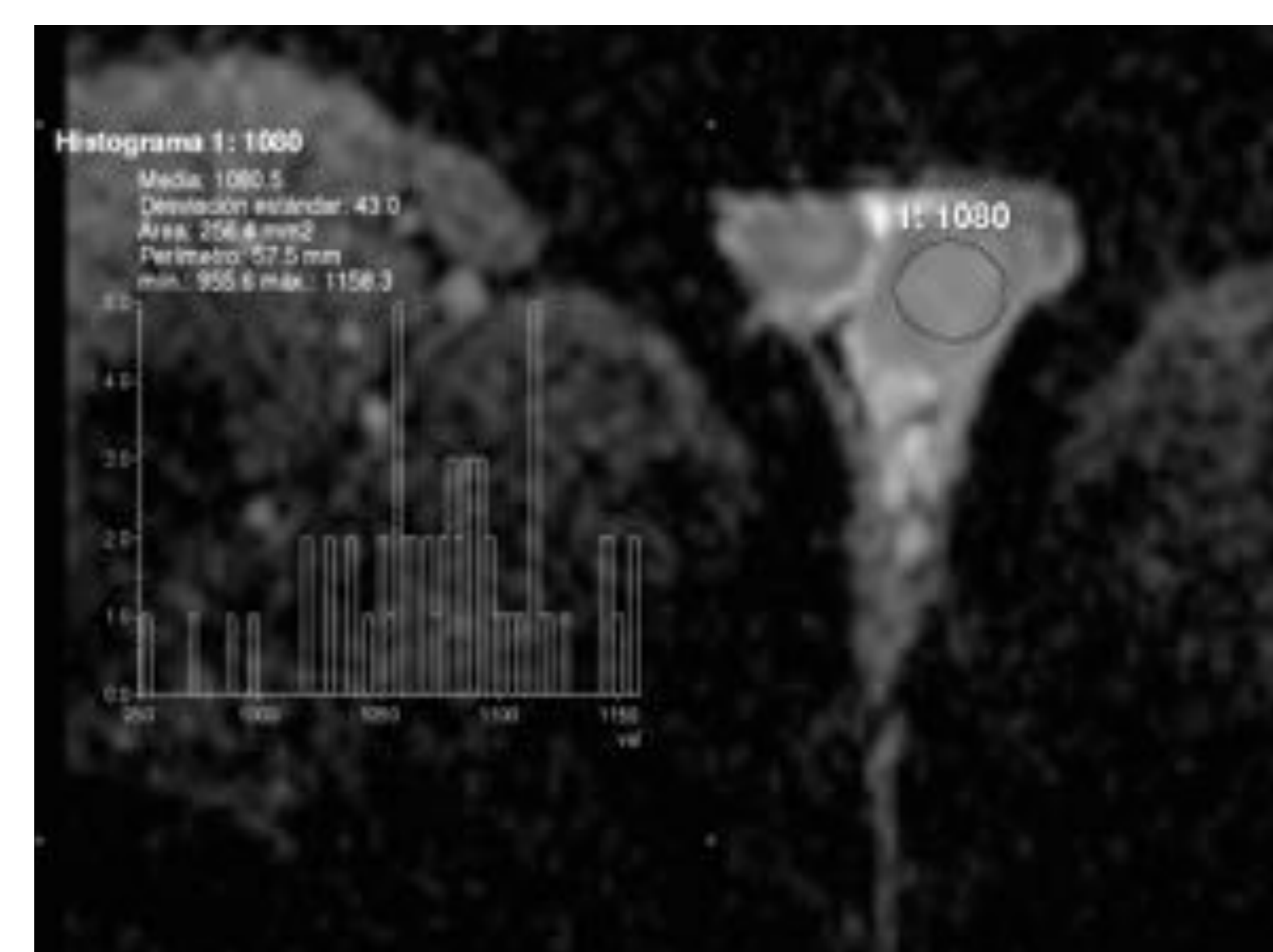


Testículos normales. Este video muestra una intensa restricción del parénquima testicular que es hiperintenso tanto en valores bajos como altos de b (0, 200, 800 y 1500) debido a su alta celularidad. En el mapa ADC, el valor de los testículos suele ser de alrededor de $1 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$.



4. DIFUSIÓN (DWI)

- Recientemente se ha reportado la utilidad de la resonancia magnética potenciada en difusión (DWI) en la evaluación de la patología escrotal.
- Generalmente, la DWI se realiza en el **plano axial**, utilizando una secuencia de pulsos de difusión planar de eco de espín multicorte de un solo disparo y 3 valores b que incluyen 0, 400-500 y 800-1000 s/mm².
- Grosor de corte 3-5 mm, gap de intersección 0,5 mm.
- Tsili et al. informaron los valores ADC del parénquima testicular normal para diferentes grupos:
 - 20-39 años: $1,08 \pm 0,13$;
 - 40-69 años: $1,15 \pm 0,15$
 - ≥ 70 años: $1,31 \pm 0,22$.
- Los **valores de ADC** del tejido testicular normal **aumentan con la edad**.



Asian J Androl. 2014 May-Jun;16(3):493-7.

APLICACIONES CLÍNICAS

CONGÉNITAS

-Papel en la detección de testículos no descendidos no palpables.

-Kantarci et al. recomiendan el uso de resonancia magnética convencional además de DWI con valores altos de b (800 s/mm²) para aumentar la sensibilidad preoperatoria y la precisión de identificar y localizar testículos no palpables.

ISQUEMIA

-Las imágenes ponderadas en difusión del escroto con la medición del ADC testicular pueden permitir la detección de la torsión testicular sin el uso de medios de contraste.

-Los valores de ADC de los testículos torsionados son significativamente más bajos que los de los testículos no afectados.

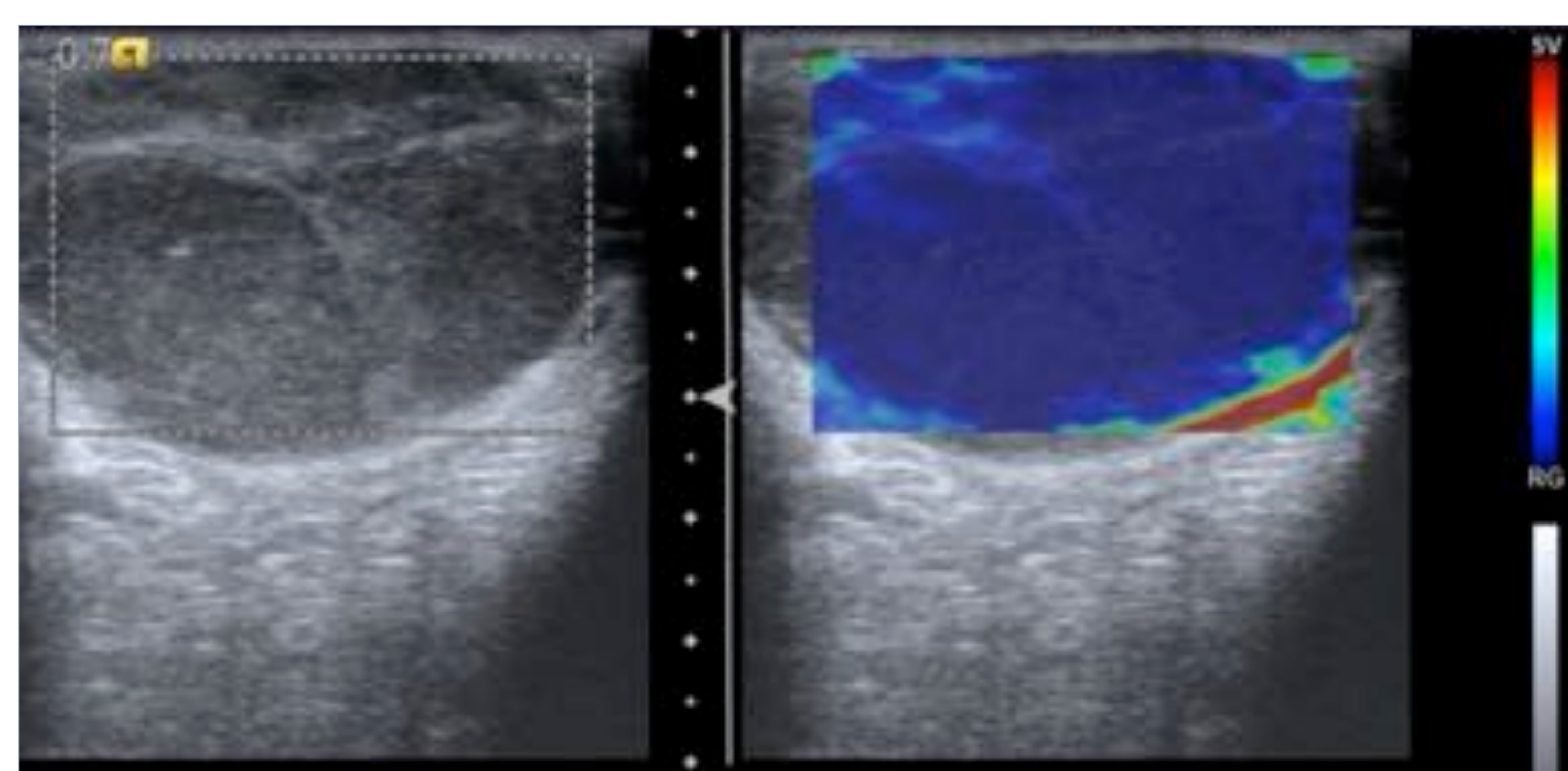
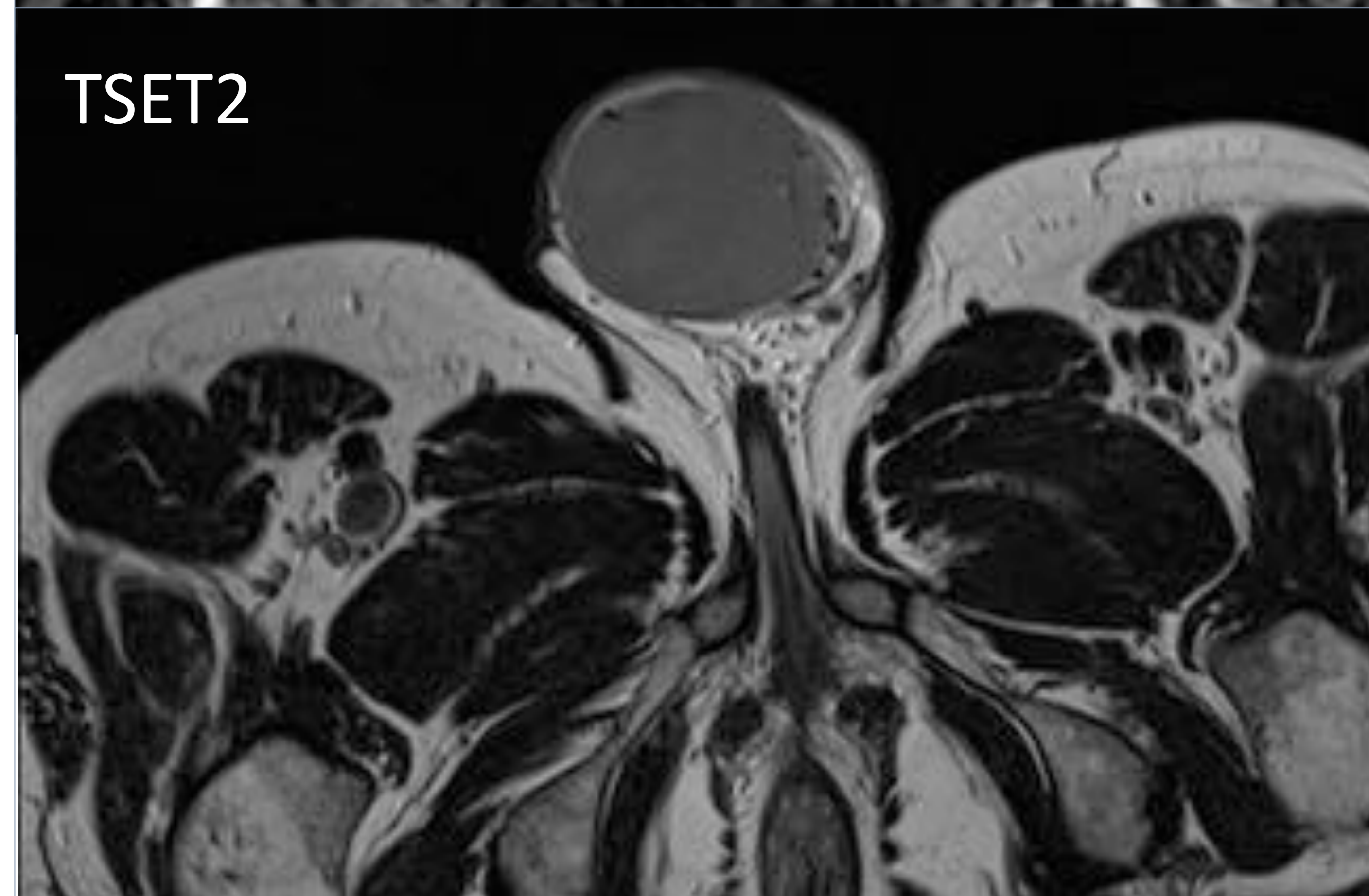
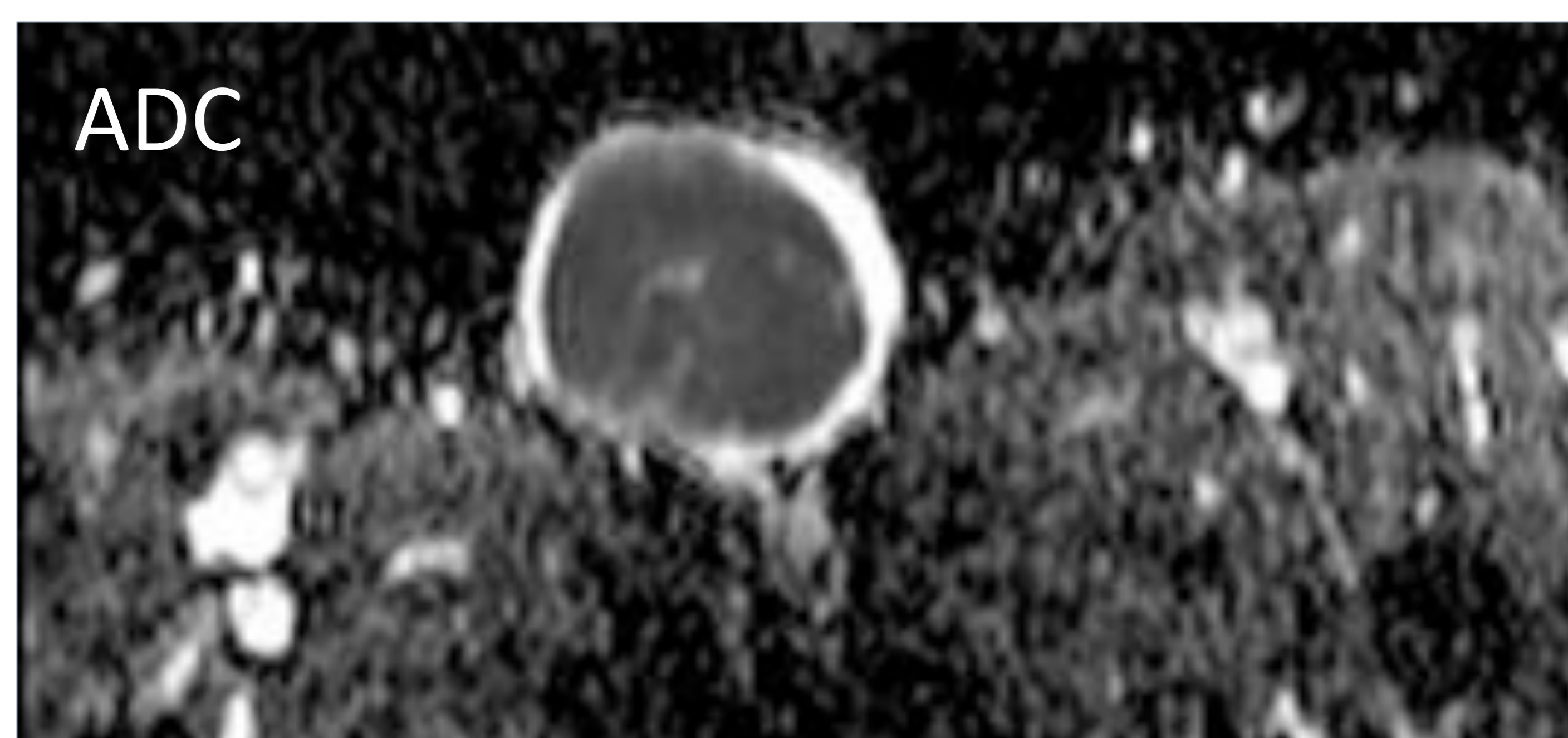
TUMORES

-Tsili et al. encontraron diferentes valores de ADC entre tumores malignos testiculares, testículos normales y lesiones intratesticulares benignas y sugieren que las imágenes DWI y los valores de ADC pueden proporcionar información valiosa en la evaluación de enfermedades del escroto.

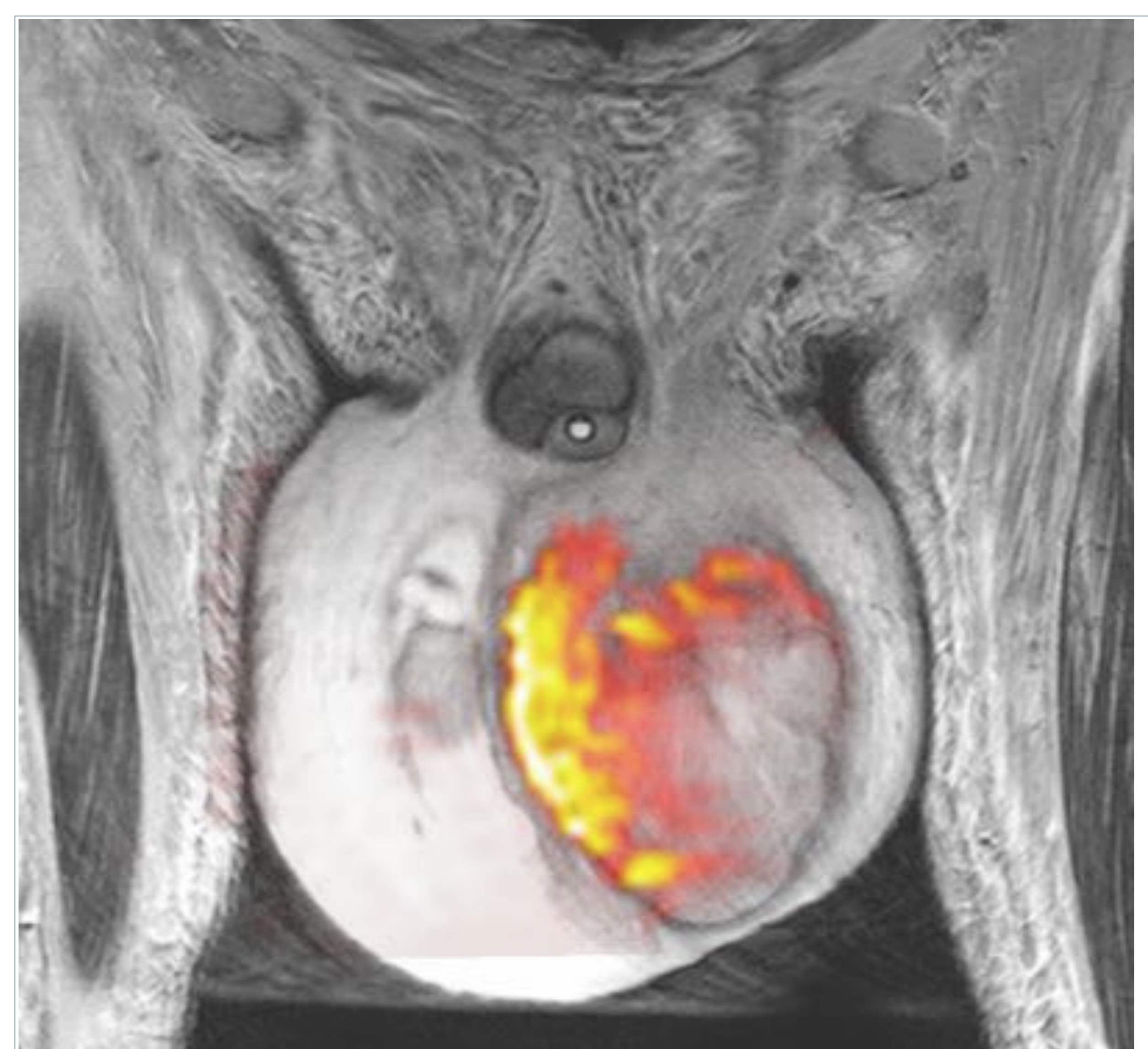
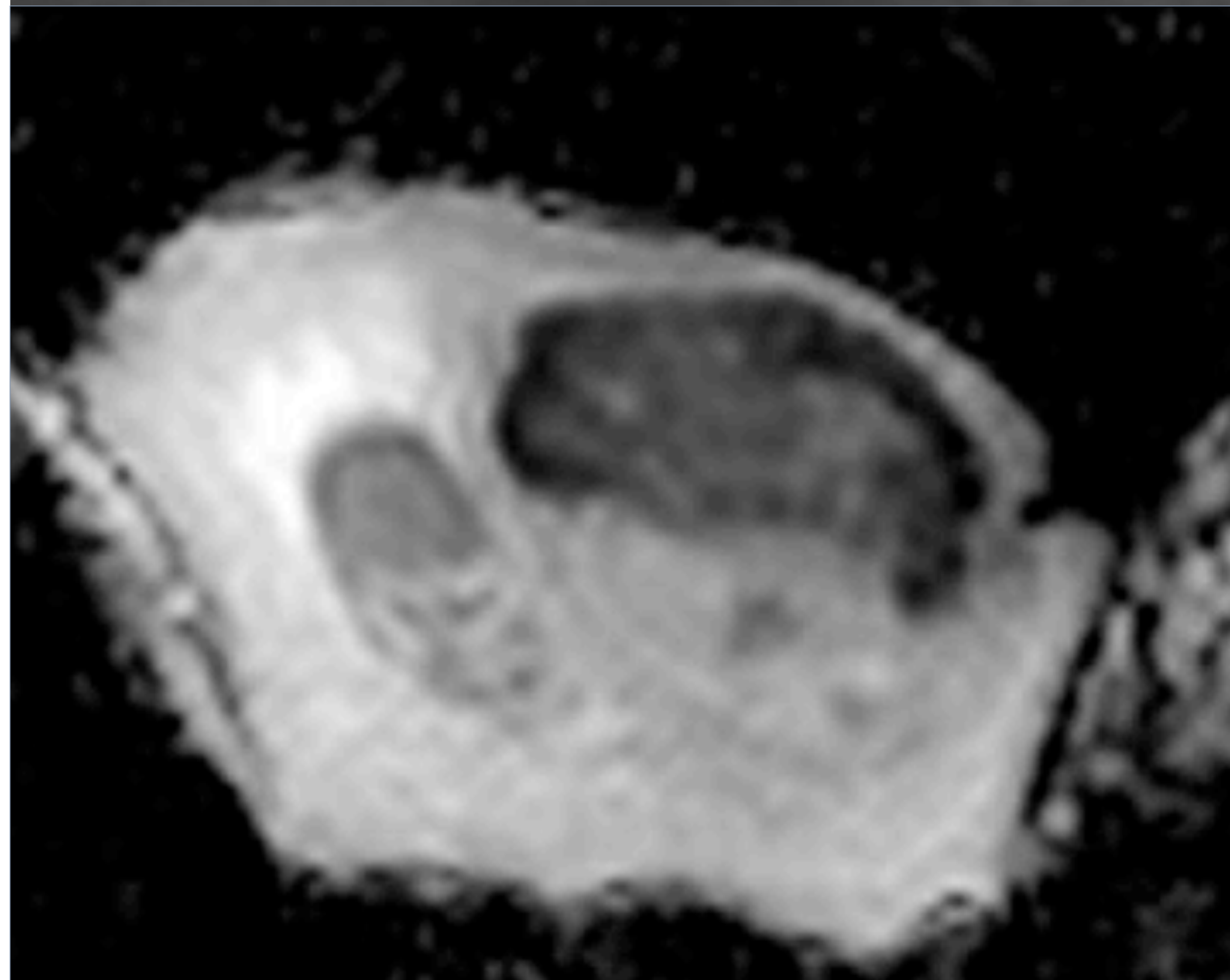
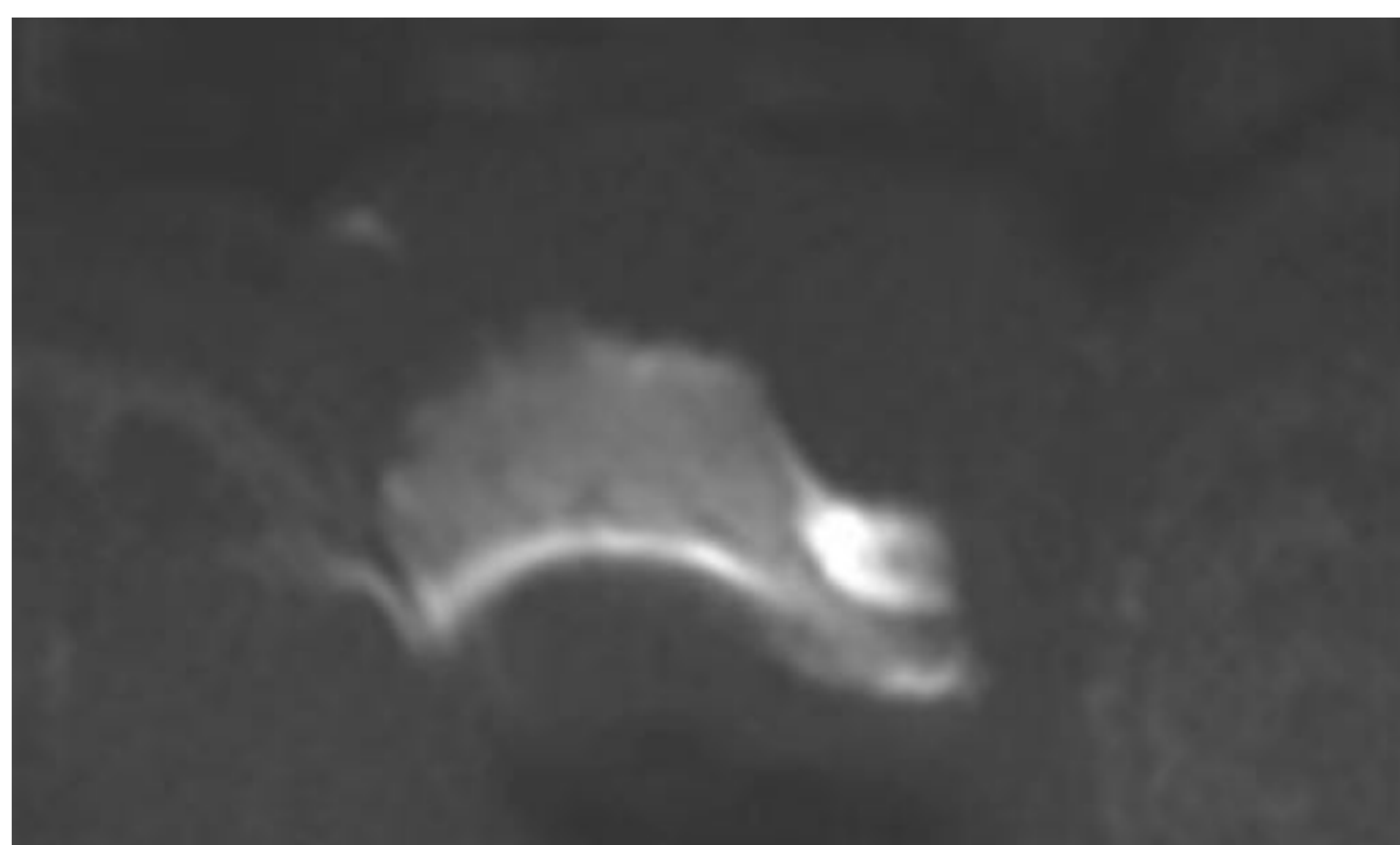
-El ADC en seminomas es más bajos que los de NSGCT (punto de corte óptimo de 0,68).



4. DIFUSIÓN (DWI)



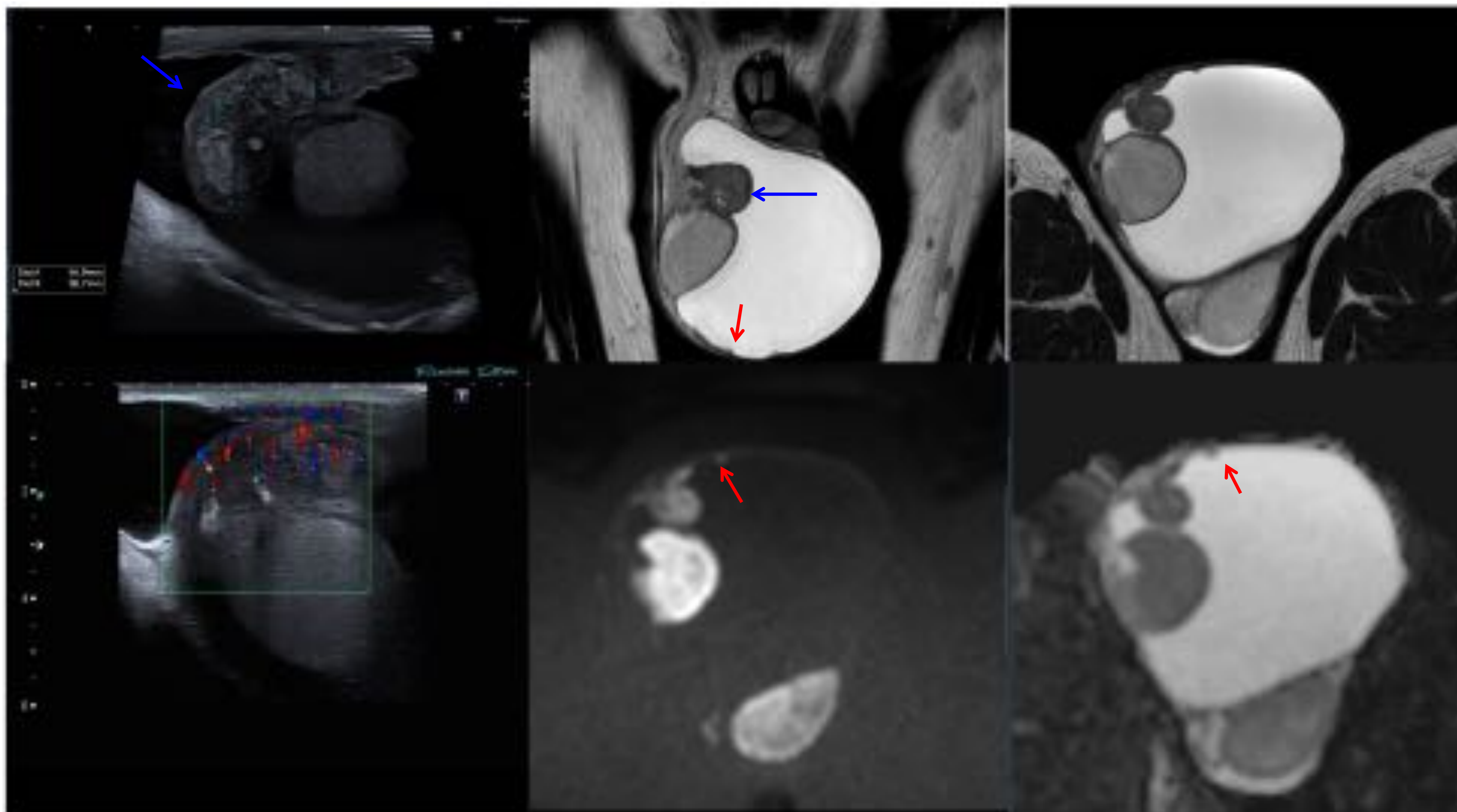
Paciente de 63 años que acude por agrandamiento del testículo derecho. La ecografía RTE muestra una gran lesión dura (**patrón azul**). La resonancia magnética muestra una masa homogénea que infiltra y reemplaza el testículo. El tumor presenta unos valores bajos en el mapa de ADC debido a la presencia de alta celularidad. Las características radiológicas son sospechosas de linfoma. El diagnóstico se realizó tras la cirugía. El linfoma es la neoplasia maligna testicular más frecuente en hombres de edad avanzada (60 años o más). La mayoría son linfomas no Hodgkin difusos de células B y suelen ser localmente agresivos y a menudo, con extensión extratesticular.



Piocale en un hombre de 69 años. La ecografía muestra una gran masa heterogénea extratesticular sin evidente vascularización en la imagen Doppler color. El testículo se encuentra desplazado y presenta una ecotextura normal. El **video 7** muestra como con altos valores de la difusión b de 1000 s/mm^2 existe una fuerte restricción característica de los abscesos, secundario a la alta viscosidad y a la celularidad del pus, que se correlacionan con valores bajos de ADC. La restricción del absceso es más intensa que la restricción del parénquima testicular. La imagen de fusión coronal (T2 + b 1000) identifica claramente el absceso. Obsérvese el edema en el tejido subcutáneo.



4. DIFUSIÓN (DWI)



Varón de 27 años que acude a urgencias por dolor testicular, por ello se realiza una ecografía donde se diagnostica un aumento de tamaño del epidídimo sugestivo de orquiepididimitis. El paciente no mejora y se realiza una nueva ecografía donde se plantea el diagnóstico de masa epididimaria, al haber aumentado de tamaño comparado con el estudio previo y presentar flujo en el eco doppler (**flecha azul**). La RM confirma la presencia de una masa sólida epididimaria con restricción a la difusión y sin afectar al parénquima testicular, se objetiva también un severo hidrocele derecho. Llama la atención la presencia de múltiples implantes sólidos visualizados en las secuencias T2 y con fuerte restricción a la difusión en la túnica albugínea (**flechas rojas**). Ante la duda diagnóstica de implantes tumorales se realizó un biopsia intraoperatoria. La foto macroscópica muestra la nodularidad (flechas blancas) de la túnica albugínea y del epidídimo. El diagnóstico final fue de sarcoidosis sistémica con afectación testicular



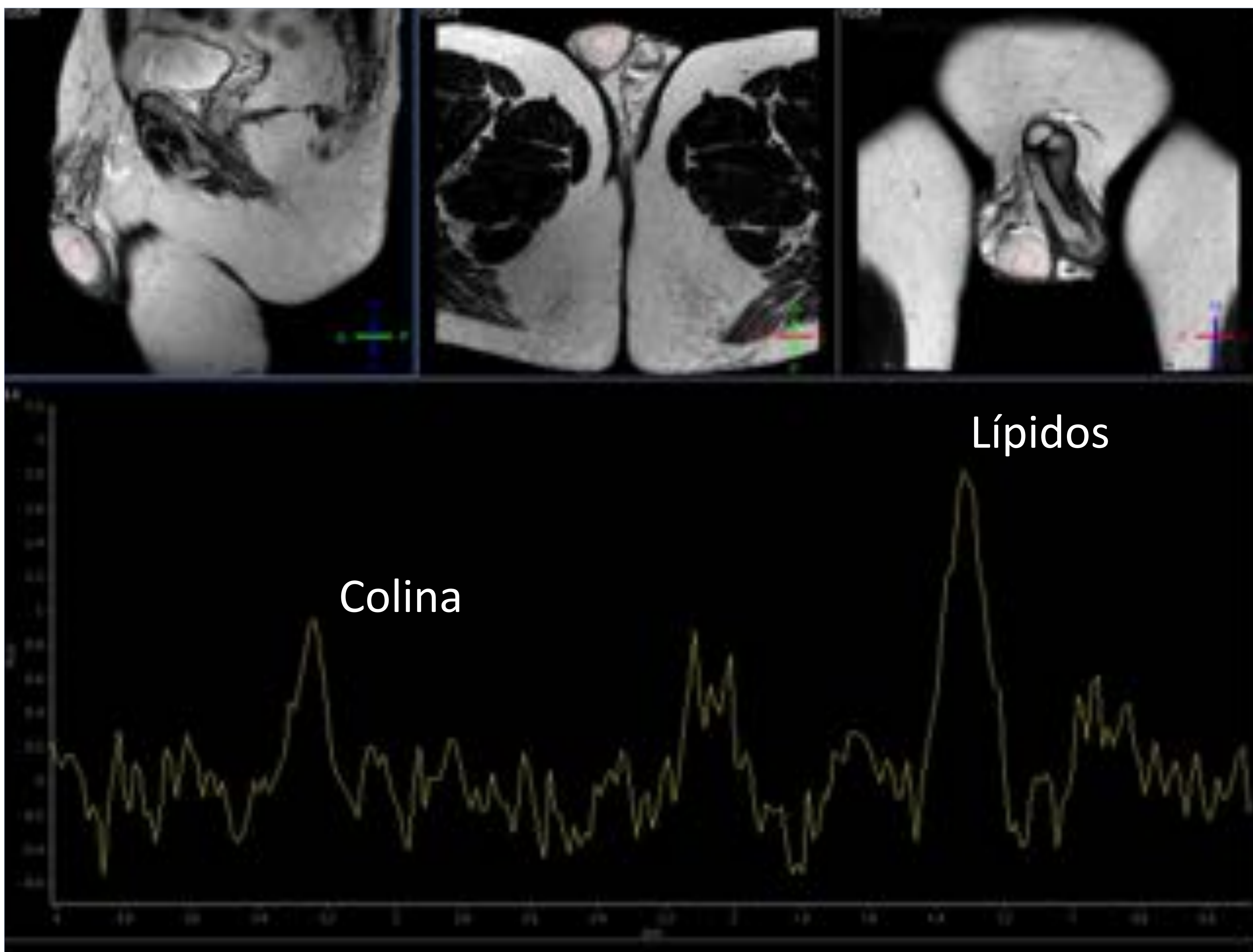
5. ESPECTROSCOPÍA EN RM

- La espectroscopia de resonancia magnética (magnetic resonance spectroscopy, MRS) es capaz de determinar la composición química de un determinado tejido proporcionando información clínica valiosa para la imagen molecular.
- La capacidad de la MRS para determinar de manera no invasiva la concentración de **diferentes metabolitos** en un determinado tejido proporciona importante información biológica que otras técnicas funcionales realizadas con imágenes por resonancia magnética (IRM) no aportan.
- ^1H -MRS proporciona información bioquímica sobre órganos vivos, como el cerebro, el hígado, los músculos, la próstata y la mama, y tiene un gran potencial para la evaluación no invasiva de la función testicular.
- Esta información bioquímica se puede procesar y presentar como mapas de densidad de varios metabolitos.
- La **colina** ha surgido como un **marcador metabólico** de malignidad en tumores de mama, sistema musculoesquelético y otros órganos abdominopélvicos, incluidos los testículos.
- El testículo es el órgano central de **la fertilidad masculina** y es responsable de la producción de gametos masculinos y de la secreción de testosterona. Estas funciones las realizan los túbulos seminíferos formados por células espermatogénicas, con la ayuda de las células de Sertoli que sustentan y nutren a los espermatozoides y las células intersticiales de Leydig que son las encargadas de las secreciones endocrinas.
- Actualmente, las **funciones testiculares** se evalúan de manera **indirecta**, mediante análisis de esperma y ensayos hormonales. El análisis histológico, que implica la obtención de muestras mediante biopsias o exploraciones quirúrgicas, puede evaluar directamente el tejido testicular. Sin embargo, no se puede utilizar rutinariamente en situaciones clínicas debido al posible daño a las funciones testiculares. Por lo tanto, se necesitan **técnicas no invasivas para evaluar las funciones testiculares in vivo**.
- En humanos, pocos estudios demostraron el papel de la espectroscopia en los testículos.
- Firat et al. evaluaron los picos de metabolitos detectados en los testículos en pacientes normales pre y pospúberes. Sus resultados sugieren que la medición del **pico de colina** por ^1H -MRS puede ser una técnica no invasiva para la evaluación de la **proliferación de células germinales en la pubertad**.
- Baleato et al. encontraron colina y lípidos en los testículos adultos normales como los principales metabolitos.



5. ESPECTROSCOPIA EN RM

TESTÍCULOS NORMALES



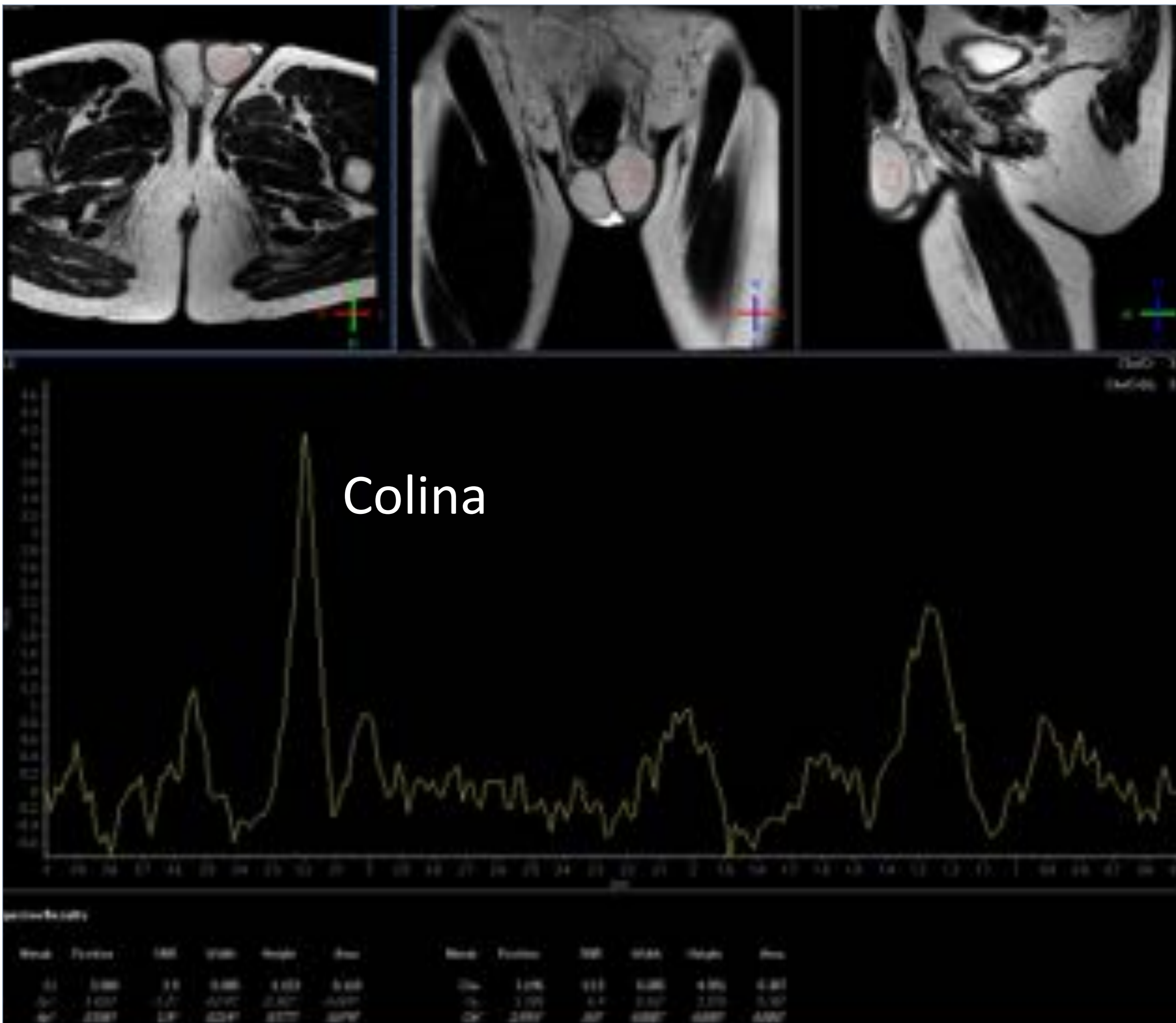
La [colina](#) se encuentra en los [testículos normales](#) y su pico no se puede evaluar para determinar malignidad en los testículos adultos. ¹H-MRS podría proporcionar una visión directa de la (pato) fisiología de la [espermatogénesis](#) en los testículos y, por lo tanto, puede tener importantes aplicaciones clínicas en el diagnóstico y pronóstico de la infertilidad masculina.



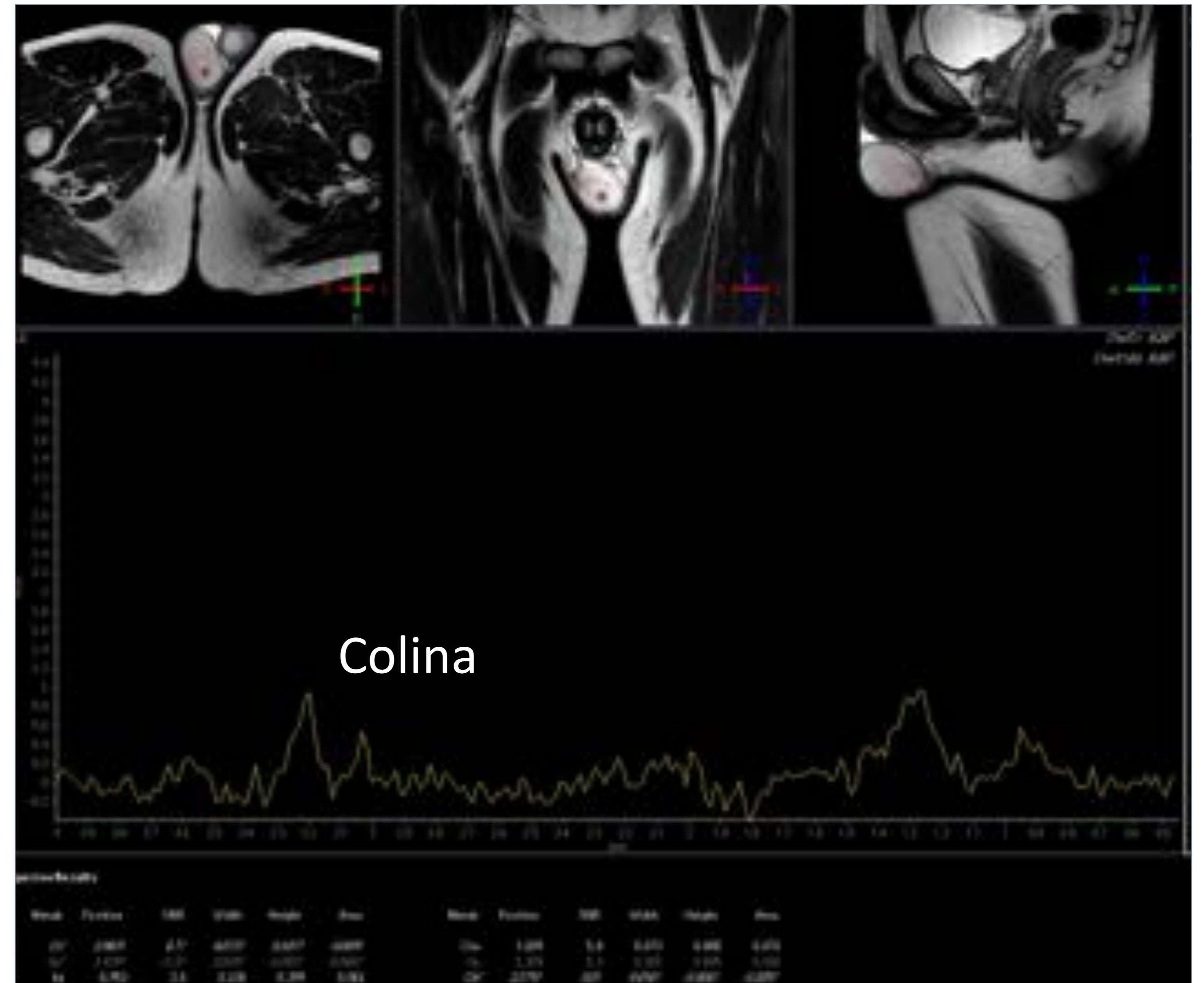
5. ESPECTROSCOPIA EN RM

TUMORES

TESTÍCULOS NORMALES



TESTÍCULOS PATOLÓGICOS



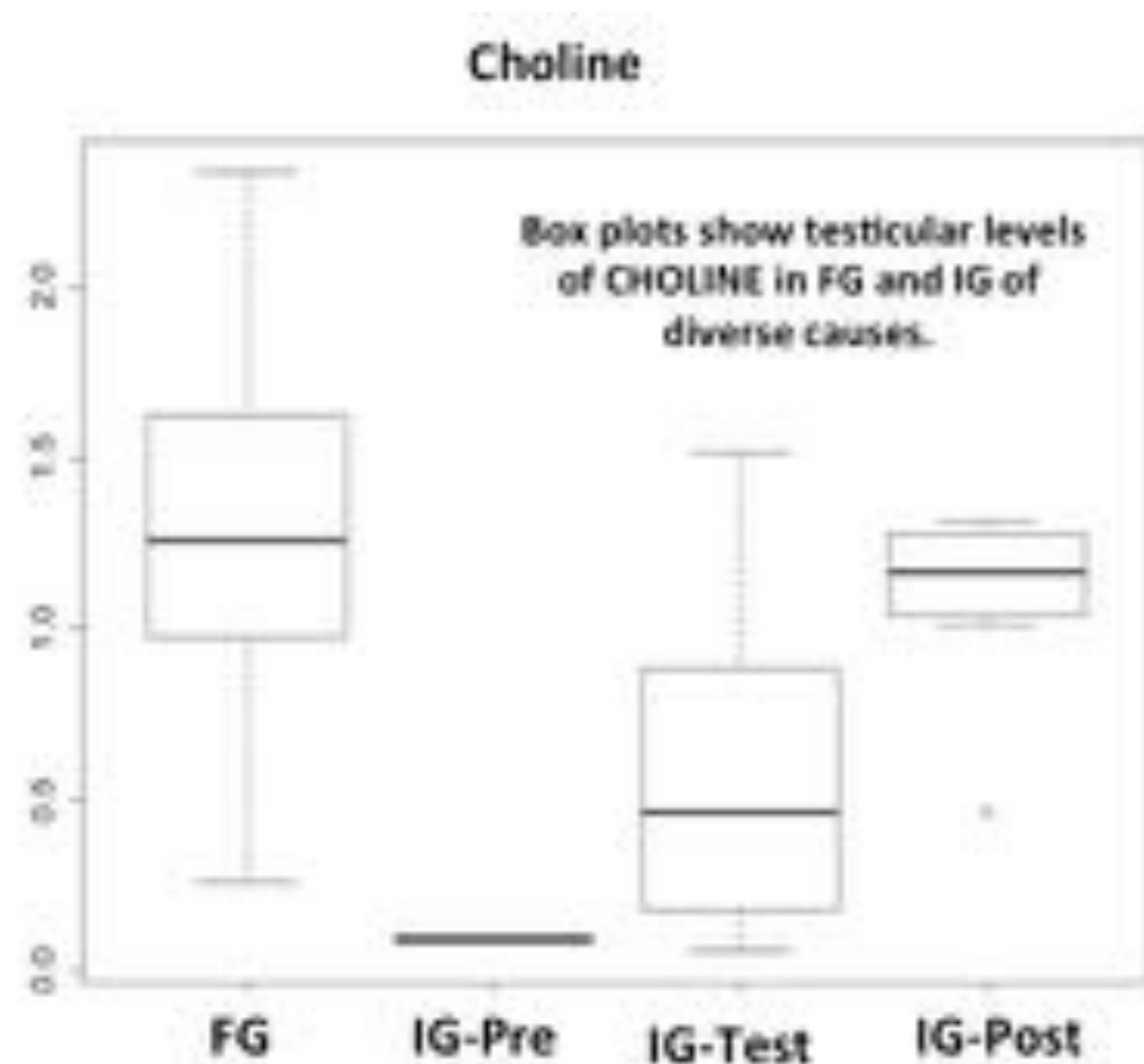
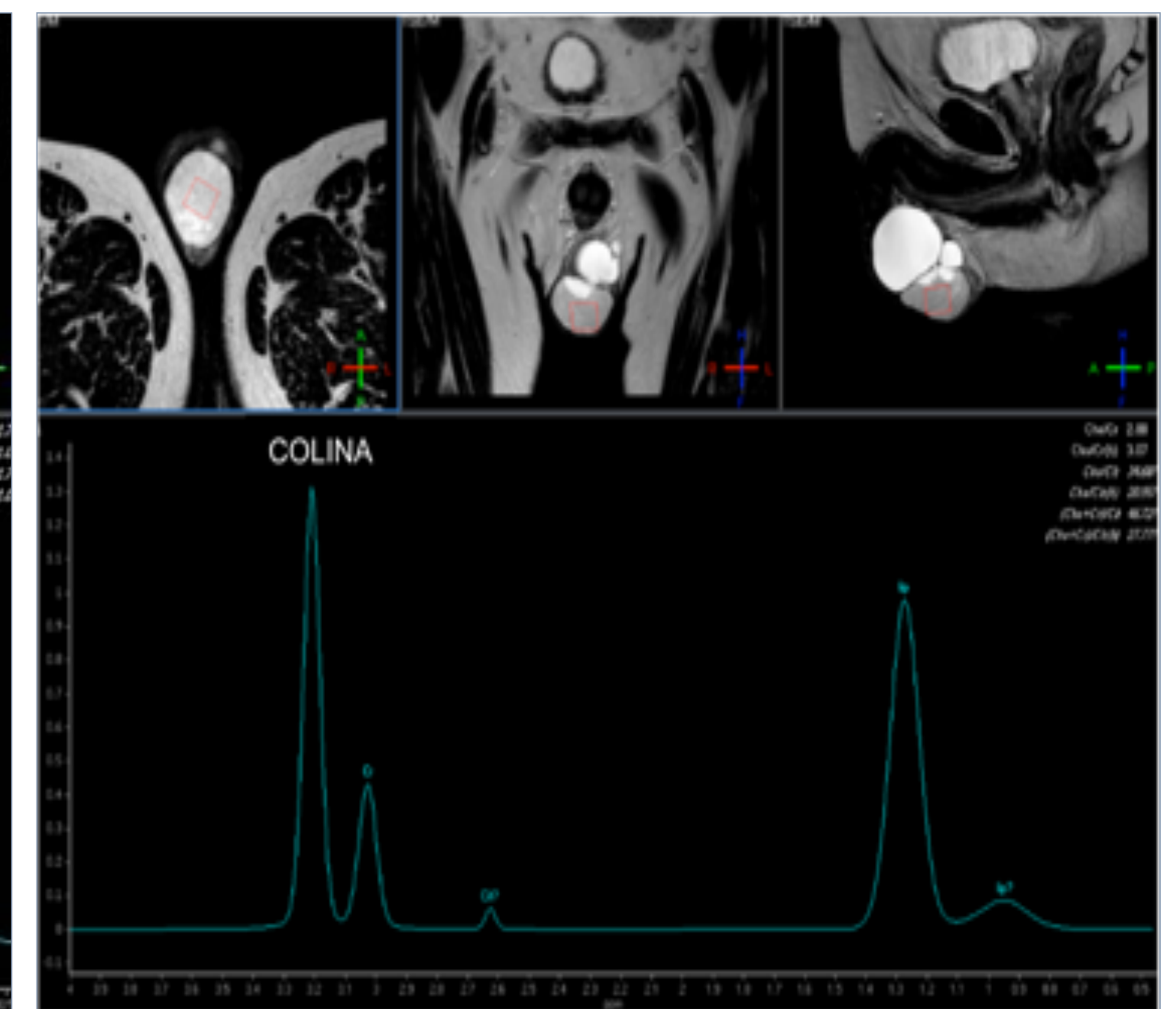
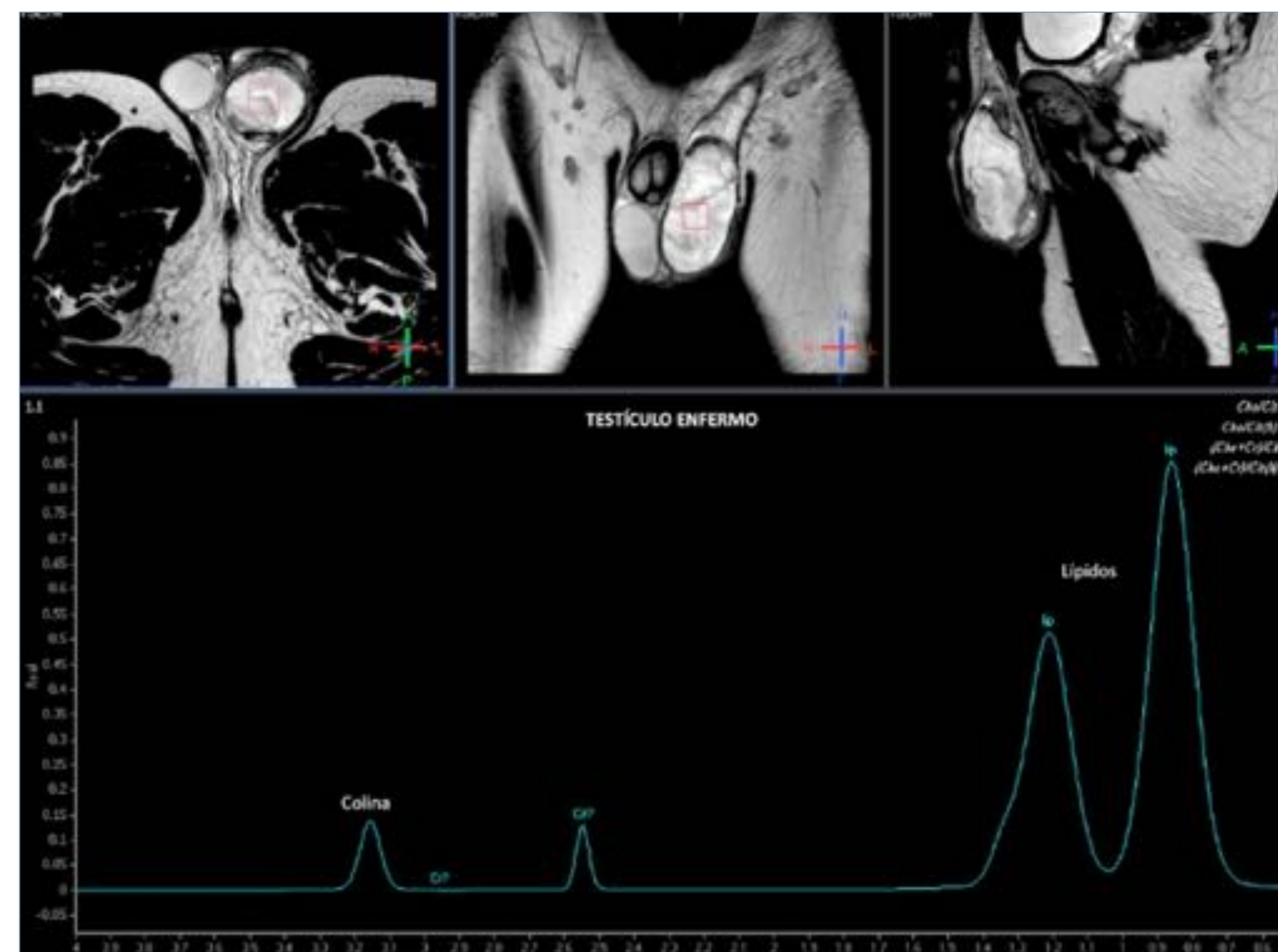
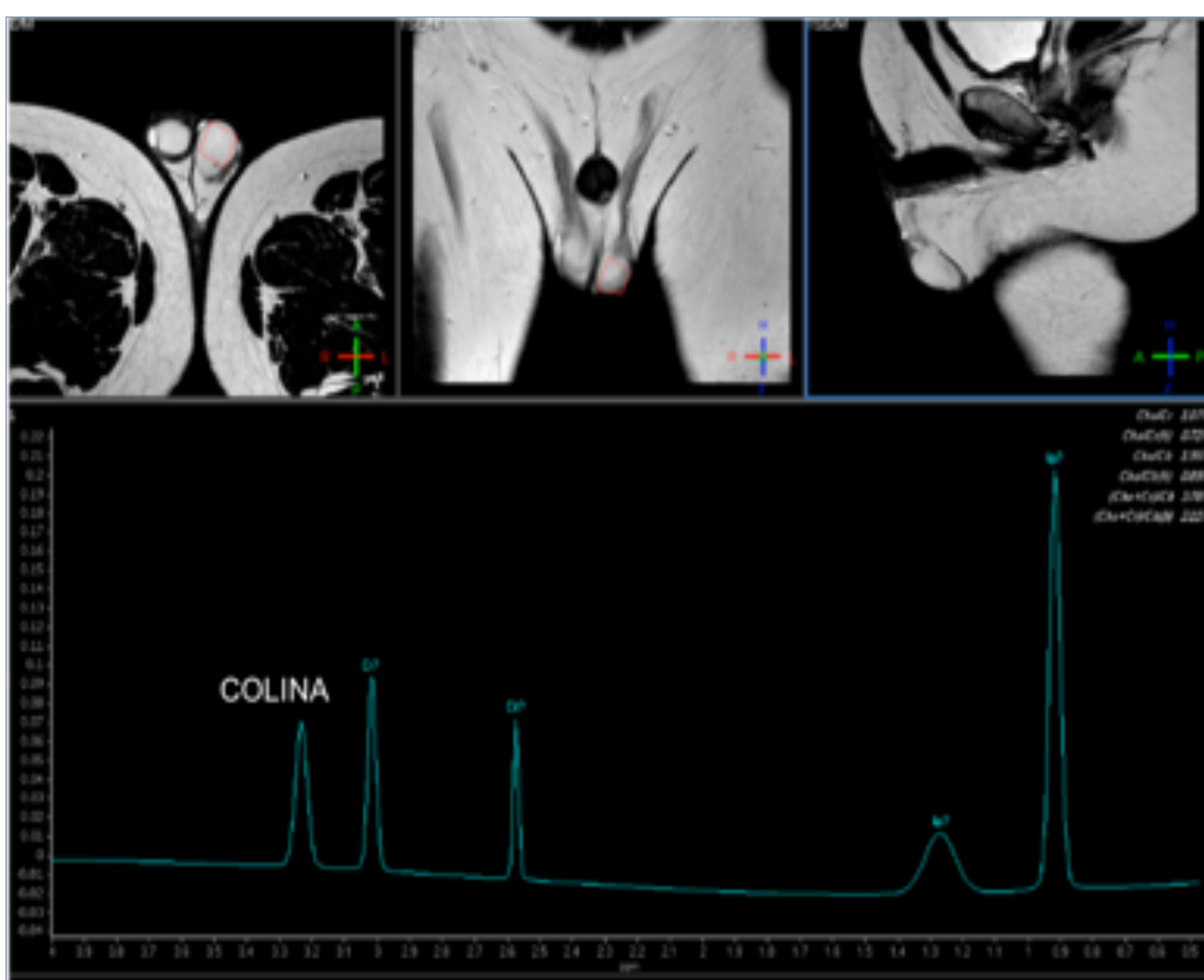
Hombre de 30 años con tumor de células de Leydig de 0,7 cm en testículo derecho. La espectroscopía muestra una disminución del pico de colina secundaria probablemente a fallo de la espermatogénesis.

INFERTILIDAD

CAUSA PRE-TESTICULAR
Hipogonadismo hipogonadotrófico

CAUSA TESTICULAR
Tumores, varicocele, trauma

CAUSA POST-TESTICULAR
Azoospermia obstructiva

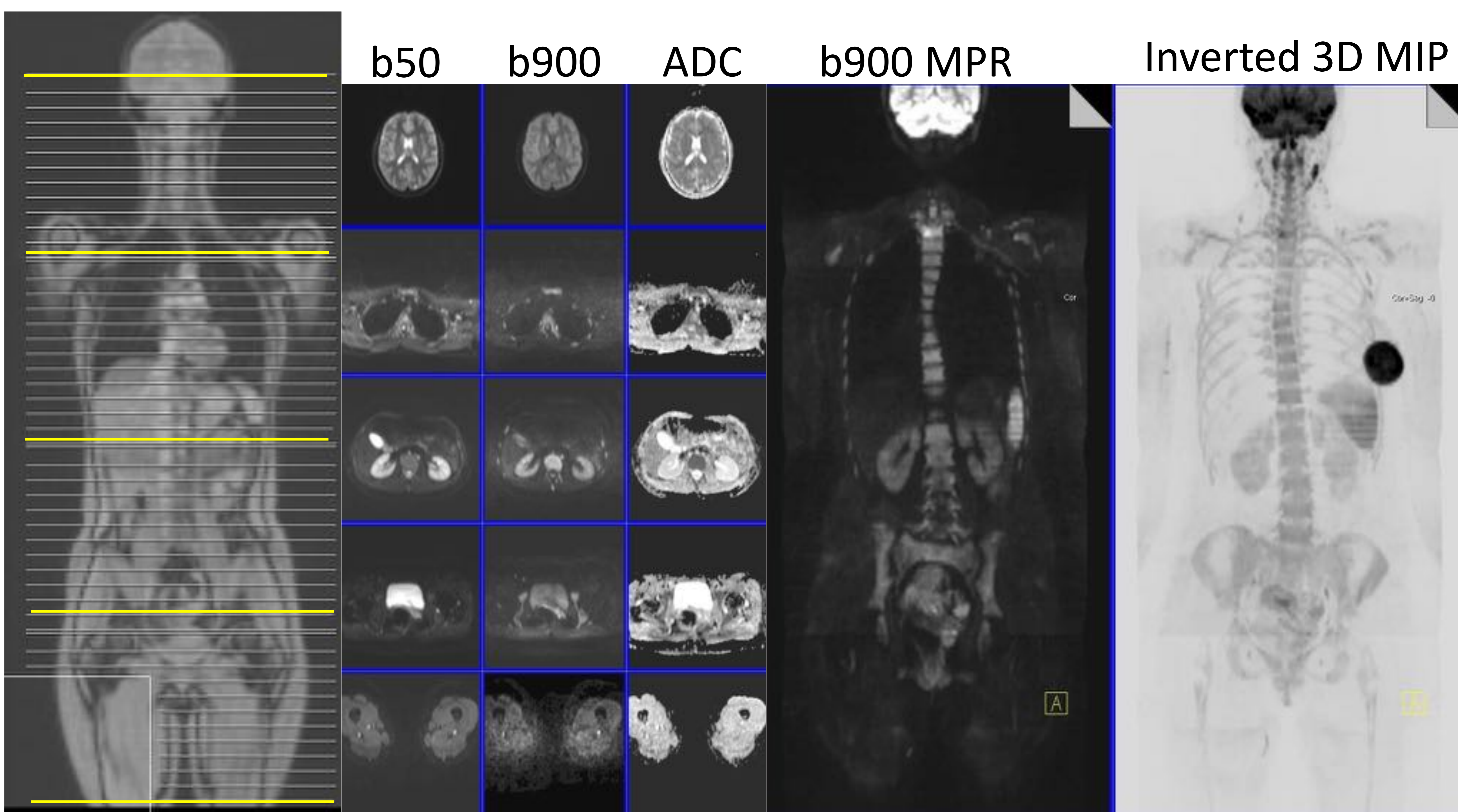


¹H-MRS puede ayudar a distinguir los patrones de infertilidad. Las causas pretesticulares y testiculares muestran niveles más bajos de colina que las causas postestriculares.



6. RM DE CUERPO ENTERO

- La resonancia magnética de cuerpo entero es una modalidad rápida y precisa para la detección de enfermedad en todo el cuerpo.
- Las mejoras técnicas, incluida la disponibilidad de diferentes secuencias de RM de alta calidad de imagen, el movimiento remoto de la mesa y el uso de bobinas de superficie especializadas, han hecho que el screening con RM de cuerpo entero sea un método factible.



Scouts; T1W/STIR
Cuerpo entero

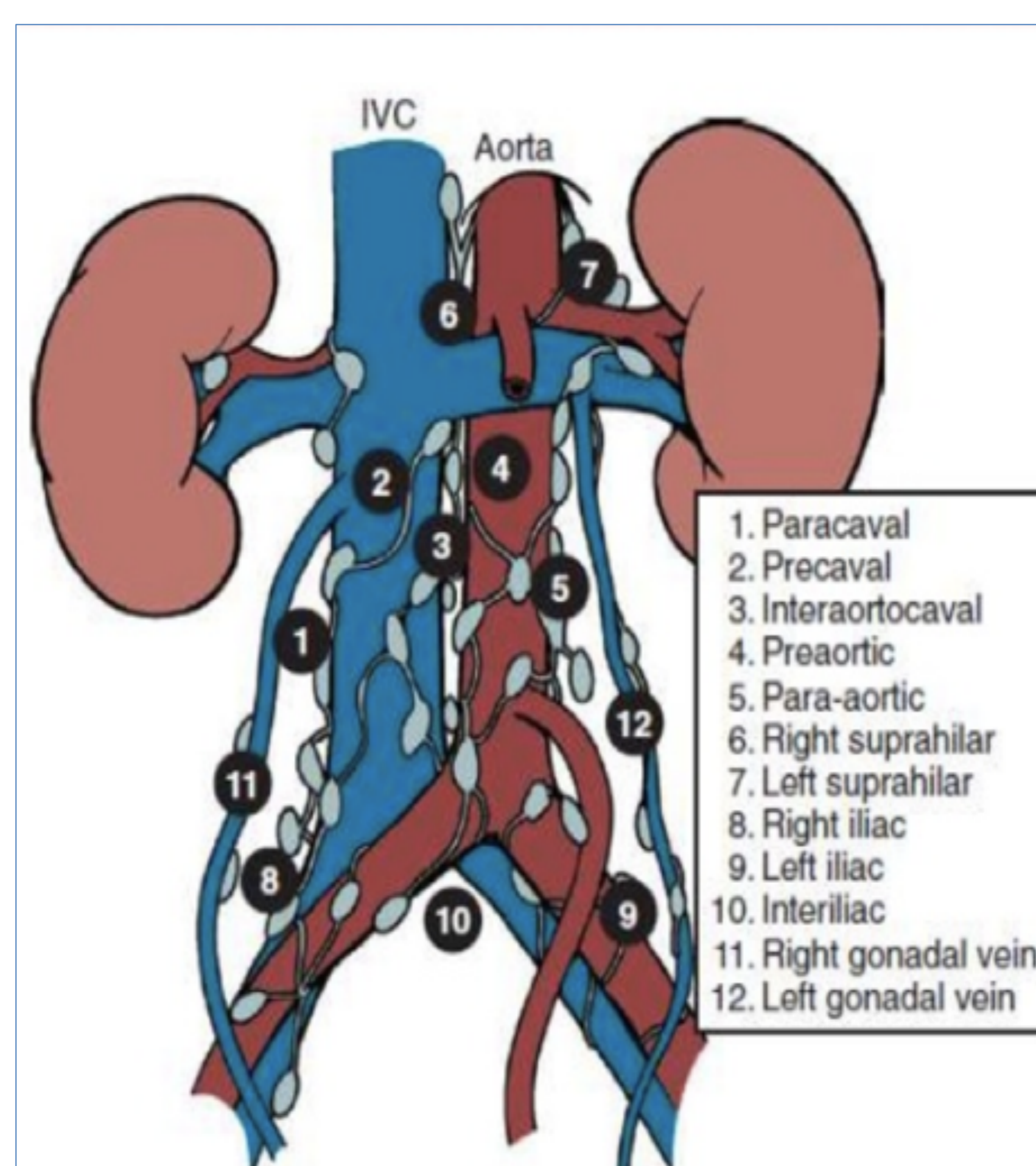
4 estaciones; b50,
b900, ADC

MPR y reconstrucciones 3D



6. RM DE CUERPO ENTERO (ESTADIFICACIÓN)

- Los tumores testiculares se diseminan por invasión vascular o linfática.
- La afectación de los ganglios linfáticos no regionales se considera estadio M1.



- La enfermedad ganglionar por encima del hilio renal se produce por diseminación directa.
- Si el **seminoma** se disemina por encima del diafragma, puede ser que ocurra a través del conducto torácico hacia el mediastino posterior. En los **tumores germinales no seminomatosos (NSGCT)** la diseminación es más aleatoria e involucra el mediastino anterior, la ventana aortopulmonar, los ganglios linfáticos hiliares, supraclaviculares y del cuello, excluyéndose el mediastino posterior y la región subcarinal.
- Las metástasis viscerales se producen por vía hematológica, principalmente a los pulmones. Otros sitios de enfermedad metastásica incluyen el cerebro (más común en los teratomas trofoblásticos), el hígado y los huesos.
- La TC es actualmente la técnica de elección utilizada para la estadificación de los tumores testiculares. Su precisión general se acerca al 80%. La resonancia magnética cerebral no se realiza como parte de la estadificación de rutina en todos los pacientes, pero está indicada en aquellos con factores de alto riesgo (múltiples metástasis pulmonares, HCG > 10,000) y en pacientes con sospecha de enfermedad metastásica por la presencia de motivos clínicos.
- Está por determinar el papel de las nuevas técnicas funcionales como DW-MRI de cuerpo entero, aunque ésta **puede representar una alternativa libre de radiación ionizante en este contexto**.



6. RM DE CUERPO ENTERO (ESTADIFICACIÓN)



Tumor testicular derecho metastásico “quemado” en un hombre de 46 años. La imagen ecográfica longitudinal muestra una arquitectura heterogénea en el testículo (**flecha roja**) que se corresponde con lesiones cicatriciales bien delimitadas con atrofia del túbulo seminífero en el estudio histopatológico. La WBMRI muestra ganglios linfáticos retroperitoneales metastásicos (**flecha verde**) con hipointensidad de señal en T1, hiperintensidad en STIR y con marcada restricción en la difusión ($b = 800$). Posteriormente, se realizó a una biopsia guiada por TC de una adenopatía retroperitoneal que confirmó un tumor metastásico de células germinales compatible con un seminoma.

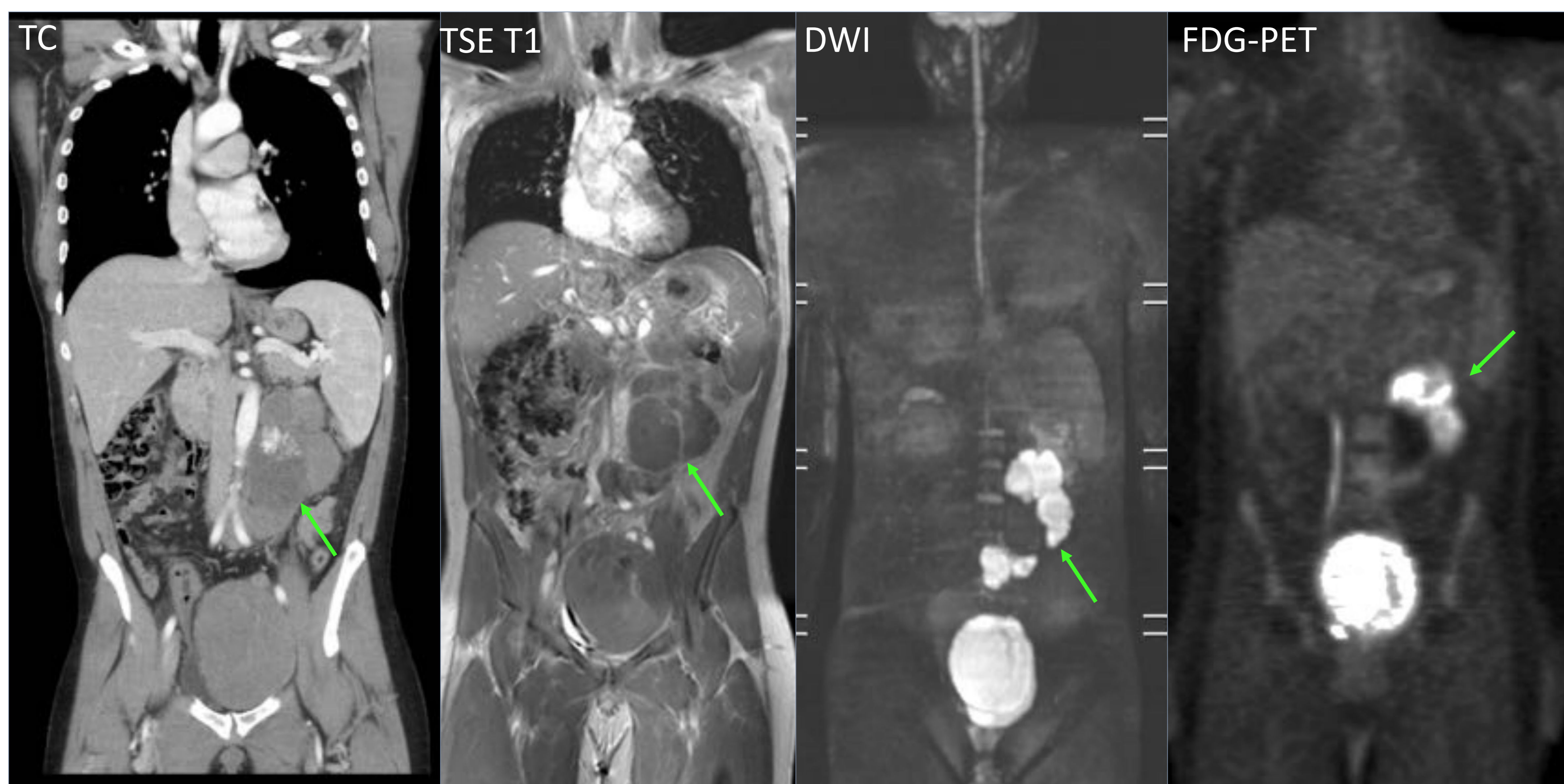


6. RM DE CUERPO ENTERO (MONITORIZACIÓN)

- La evaluación de la respuesta al tratamiento se realiza mediante examen físico, marcadores tumorales e imagen. La TC sigue siendo la principal técnica de imagen para evaluar la respuesta del tumor.
- El seguimiento se centra en la mayoría de los casos en conglomerados adenopáticos retroperitoneales y/o nódulos pulmonares secundarios. Por lo general, la reducción del tamaño de las metástasis en los exámenes de TC se acompaña de una disminución de los marcadores tumorales y se correlaciona con la eficacia de la quimioterapia. Por el contrario, el incremento del marcador después de dos ciclos de quimioterapia indica la necesidad de un cruce temprano de la terapia.
- La decisión de extirpar quirúrgicamente una masa residual depende de dos factores: el tipo histológico del tumor y el tamaño de las medidas de la masa residual en el eje longitudinal. La pregunta fundamental es si persisten células malignas dentro del tejido residual y el TC no puede contestar esta pregunta. No obstante, **nuevas técnicas funcionales** como DWI, PET-MRI o PET pueden tener un papel en la **valoración de masas residuales tras quimioterapia**.
- El **PET-FDG** tiene un **alto valor predictivo negativo** en pacientes con masas residuales después del tratamiento del seminoma, mientras que un FDG-PET positivo no se traduce en una probabilidad alta similar de seminoma persistente.
- En pacientes con masa residual > 3 cm, se debe realizar FDG-PET para determinar enfermedad activa. En pacientes con masa residual menor de 3 cm, el uso de FDG-PET es opcional, recomendándose un control estrecho. Sin embargo, en pacientes con TCGNS con masas residuales, el PET- FDG es menos útil. Por tanto, aunque haya normalización de los marcadores, los pacientes con PET negativo deberían ser operados.



6. RM DE CUERPO ENTERO (MONITORIZACIÓN)



Hombre de 39 años con seminoma estado II por presencia de adenopatías retroperitoneales (flechas verdes). El TC e imágenes coronales T1 de RM de cuerpo entero muestran una masa paraaórtica izquierda. Nótese que los ganglios linfáticos metastásicos tienen una fuerte señal a en la imagen potenciada en difusión ($b = 800$). El PET demuestra un mayor consumo glicídico de FDG.



Evaluación postquimioterapia tras 3 ciclos de bleomicina etopósido cisplatino (BEP). Las imágenes de TC y T1 coronal de cuerpo entero muestran múltiples masas retroperitoneales residuales compatibles con adenopatías necróticas (flecha roja). La imagen de difusión de cuerpo entero demuestra una respuesta completa. Ninguno de los ganglios linfáticos demuestra restricción en $b = 800$. El PET-FDG no muestra focos hipermetabólicos patológicos.



CONCLUSIONES

- La **imagen convencional** se utiliza de forma rutinaria para diagnosticar entidades patológicas en el escroto pero presenta ciertas limitaciones.
- Las **técnicas de imágenes molecular y funcional**, que incluyen elastografía, ecografía con contraste, imágenes ponderadas en difusión (DWI), espectroscopia de resonancia magnética (MRS), RM dinámica con contraste pueden representar un **nuevo paradigma en la imagen del testículo** dado que nos puede aportar **información biológica** tanto de los tejidos normales como patológicos en base a la medición de diferentes parámetros.
- La **RM de cuerpo entero** es una alternativa a la TC en la evaluación de la enfermedad metastásica de los tumores testiculares.
- La comprensión del **significado biológico** de los hallazgos por imagen es un punto clave en el manejo de la imagen funcional y molecular.
- Es importante conocer las **características técnicas, los diferentes modelos de análisis**, así como la **estandarización** de la adquisición para mejorar la reproducibilidad de la imagen funcional.



REFERENCIAS

1. Pallwein L, Steiner H, Akkad T, Bartsch G, Frauscher F. Real-time elastography for evaluation of testicular masses: initial experience. *Eur Urol Suppl* 2006;5(2):96.
2. Marsaud A, Durand M, Raffaelli C, Carpentier X, Rouscuff Y, Tibi B et al. Elastography shows promise in testicular cancer detection. *Prog Urol*. 2015 Feb;25(2):75-82.
3. Kantarci F, Cebi Olgun D, Mihmanli I. Shear-wave elastography of segmental infarction of the testis. *Korean J Radiol*. 2012 Nov-Dec;13(6):820-2.
4. Aigner F, De Zordo T, Pallwein-Prettner L, Junker D, Schäfer G, Pichler R et al. Real-time sonoelastography for the evaluation of testicular lesions. *Radiology*. 2012 May;263(2):584-9.
5. Goddi A, Sacchi A, Magistretti G, Almolla J, Salvatore M. Real-time tissue elastography for testicular lesion assessment. *Eur Radiol*. 2012 Apr;22(4):721-30.
6. A.M. Isidori, C. Pozza, D. Gianfrilli, et al., Differential diagnosis of nonpalpable testicular lesions: qualitative and quantitative contrast-enhanced US of benign and malignant testicular tumors. *Radiology*. 2014 Nov;273(2):606-18.
7. Lock, C. Schroder, C. Schmidt, P. Anheuser, T. Loening, K.P. Dieckmann. Contrast-enhanced ultrasound and real-time elastography for the diagnosis of benign Leydig cell tumors of the testis—a single center report on 13 cases. *Ultraschall Med* 35 (2014) 534–539.
8. Cantisani V, Bertolotto M, Weskott HP, Romanini L, Grazhdani H, Passamonti M et al. Growing indications for CEUS: The kidney, testis, lymph nodes, thyroid, prostate, and small bowel. *Eur J Radiol*. 2015 Sep;84(9):1675-84.
9. Valentino M, Bertolotto M, Derchi L, Bertaccini A, Pavlica P, Martorana G, Barozzi L. Role of contrast enhanced ultrasound in acute scrotal diseases. *Eur Radiol*. 2011 Sep;21(9):1831-40.
10. Moschouris H, Stamatiou K, Lampropoulou E, Kalikis D, Matsaidonis D. Imaging of the acute scrotum: is there a place for contrast-enhanced ultrasonography? *Int Braz J Urol*. 2009 Nov-Dec;35(6):692-702.
11. Lobianco R, Regine R, De Siero M, Catalano O, Caiazzo C, Ragozzino A. Contrast-enhanced sonography in blunt scrotal trauma. *J Ultrasound*. 2011 Dec;14(4):188-95.
12. Watanabe Y, Dohke M, Ohkubo K et al (2000) Scrotal disorders: evaluation of testicular enhancement patterns at dynamic contrast-enhanced subtraction MR imaging. *Radiology* 217 (1): 219-227.
13. Tsili AC, Argyropoulou MI, Astrakas LG, Ntoulia EA, Giannakis D, Sofikitis N, Tsampoulas K. Dynamic contrast-enhanced subtraction MRI for characterizing intratesticular mass lesions. *AJR Am J Roentgenol*. 2013 Mar;200(3):578-85.
14. Terai A, Yoshimura K, Ichioka K, Ueda N, Utsunomiya N, Kohei N, Arai Y, Watanabe Y. Dynamic contrast-enhanced subtraction magnetic resonance imaging in diagnostics of testicular torsion. *Urology*. 2006 Jun;67(6):1278-82.
15. Tsili AC, Giannakis D, Sylakos A, Ntorkou A, Astrakas LG, Sofikitis N, Argyropoulou MI. Apparent diffusion coefficient values of normal testis and variations with age. *Asian J Androl*. 2014 May-Jun;16(3):493-7.
16. Kantarci M, Doganay S, Yalcin A, Aksoy Y, Yilmaz-Cankaya B, Salman B. Diagnostic performance of diffusion-weighted MRI in the detection of nonpalpable undescended testes: comparison with conventional MRI and surgical findings. *AJR Am J Roentgenol*. 2010; 195 (4): 268-273.
17. Maki D, Watanabe Y, Nagayama M, Ishimori T et al. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging in the detection of testicular torsion: feasibility study. *J Magn Reson Imaging* 2011; 34 (5): 1137-42.
18. Tsili AC, Argyropoulou MI, Giannakis D, Tsampalass S, Sofikitis N, Tsampoulas K. Diffusion-weighted MR imaging of normal and abnormal scrotum: preliminary results. *Asian J Androl* .2012;14 (4): 649-54.
19. Firat AK, Uğraş M, Karakaş HM et al. 1H magnetic resonance spectroscopy of the normal testis: preliminary findings. *Magn Reson Imaging* 2008; 26 (2): 215-20.
20. Baleato-González S, García-Figueiras R, Santiago-Pérez MI, Requejo-Isidro I, Vilanova JC. Usefulness of 1H magnetic resonance spectroscopy in human testes: preliminary study. *Clin Radiol*. 2015 Sep;70(9):1026-31.
21. Mosavi F1, Laurell A, Ahlström H.. Whole body MRI, including diffusion-weighted imaging in follow-up of patients with testicular cancer. *Acta Oncol*. 2015 May 15:1-7.