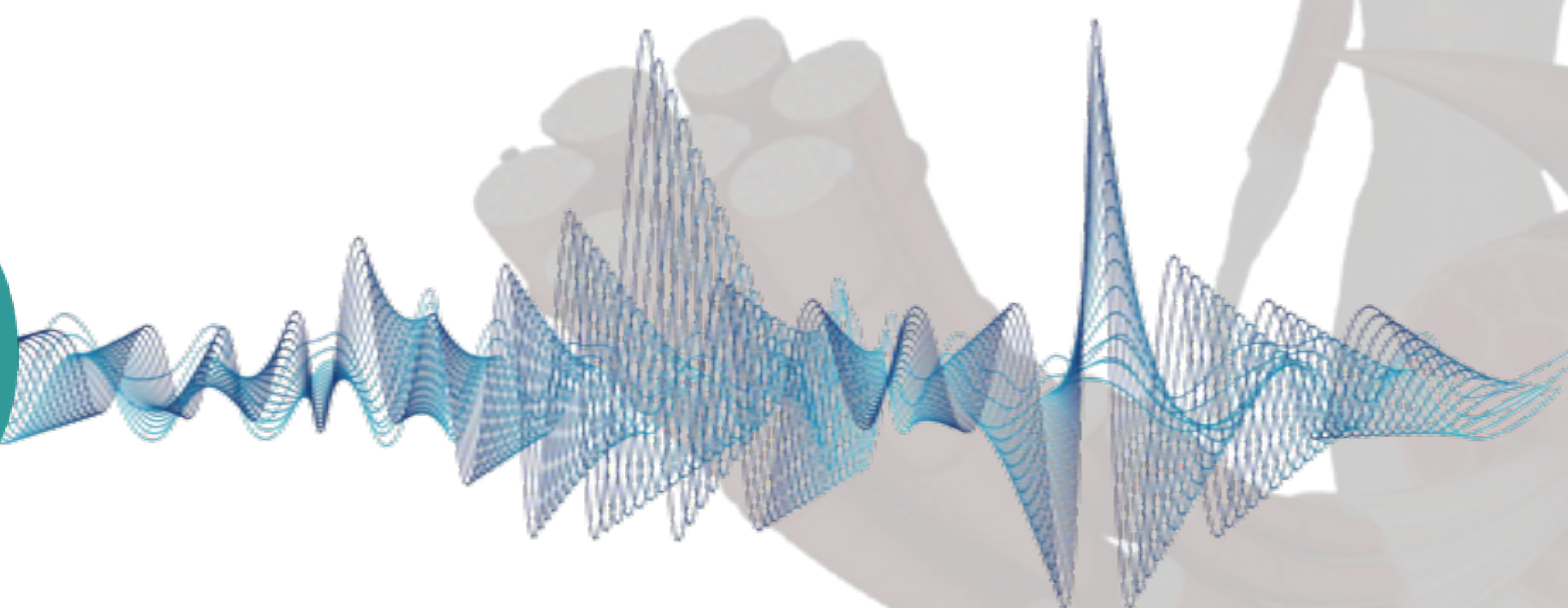




Aplicaciones de la ecografía con elastografía cuantitativa (Shear-Wave) en el diagnóstico y seguimiento de las lesiones musculoesqueléticas



Francisco Javier Mendoza Ferradas¹, Marcos Jiménez¹, Daiana Martín¹, Miguel Barrio Piqueras¹, César Urtasun¹, Alberto Paternain¹, Mariana Elorz¹, Jesús Dámaso¹, Beatriz Álvarez de Sierra García²

¹Clínica Universidad de Navarra, Pamplona.

²Clínica Universidad de Navarra, Madrid.

Contacto: fmendozaf@unav.es



Introducción

La ecografía convencional (**ECO**) con escala de grises y el estudio Doppler color, se han considerado la técnica de elección en la evaluación y seguimiento de las lesiones musculoesqueléticas en el último tiempo, destacando por su accesibilidad, disponibilidad, bajo costo y ausencia de irradiación ionizante para el seguimiento estrecho de estas patologías. Incluso comparado con la resonancia magnética, la ecografía puede considerarse superior en términos de resolución en estructuras superficiales.

El **principal inconveniente** de las técnicas ecográficas convencionales es que permite solo una clasificación semicuantitativa de las lesiones musculares, muchas veces subjetiva, sin poder valorar las propiedades biomecánicas imprescindibles en el correcto funcionamiento de tejido muscular, esto provoca que el **tejido sano sea muchas veces indistinguible del patológico en fases iniciales de la enfermedad**.

En los últimos años se ha introducido una nueva técnica de ecografía, la **elastografía cuantitativa (Shear-Wave: SWE)**, un método cuantitativo que permite caracterizar las propiedades mecánicas e intrínsecas del tejido muscular: edema, atrofia e infiltración grasa. Este método se basa en el estudio de la propagación de ondas de cizallamiento a través de los tejidos. La velocidad de estas ondas de corte se puede cuantificar mediante el uso de algoritmos ultrarrápidos para evaluar la composición y la elasticidad del musculo.

La elastografía con SWE ya ha sido validada como herramienta complementaria en la valoración de muchos otros tejidos (hígado, mama, etc.), siendo determinante en la detección precoz de diferentes patologías [1,2].

Existen resultados prometedores en la literatura reciente sobre la utilidad de SWE en la evaluación de varias condiciones traumáticas y patológicas de varios tejidos blandos musculoesqueléticos, incluidos **tendones** [3-7], **músculos** [8,9], **nervios** [10,11] y **ligamentos** [12,13].

El objetivo principal de esta presentación es ilustrar y describir la valoración mediante ecografía con elastografía cuantitativa (Shear-Wave: SWE) como técnica de imagen adicional para el diagnóstico y seguimiento de las lesiones musculares.

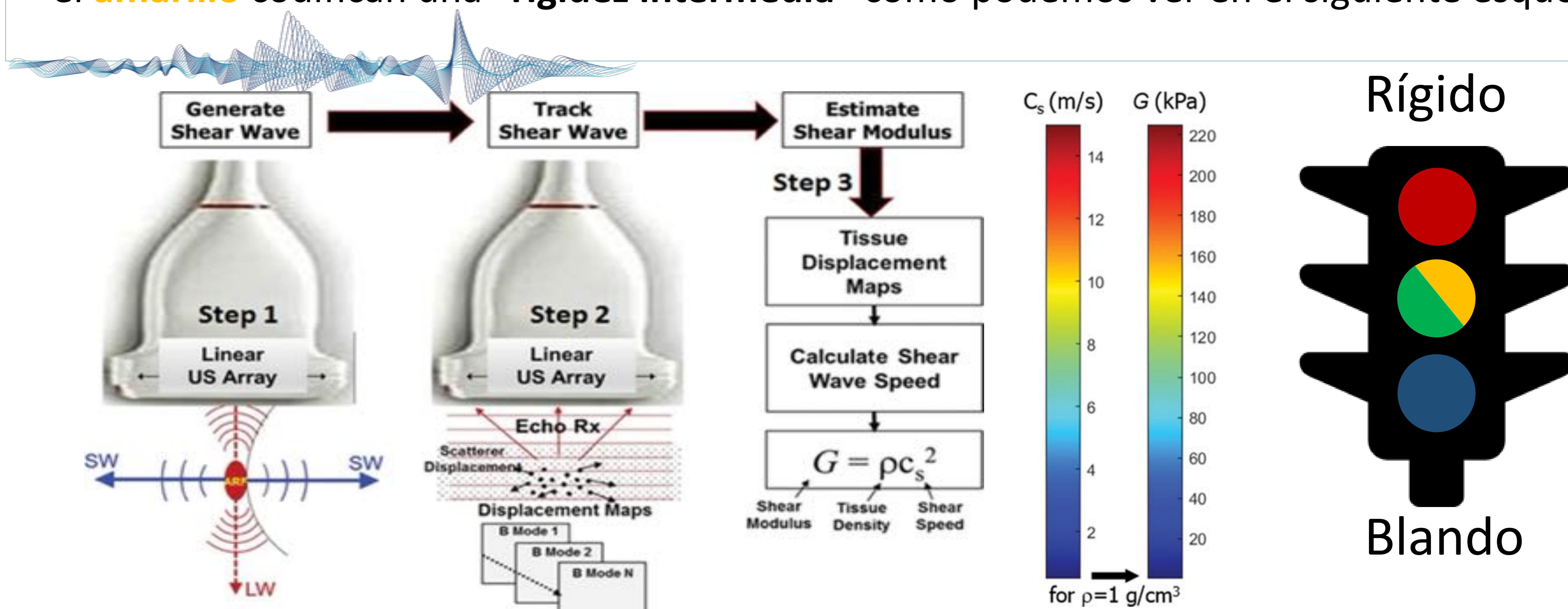


SWE: “bases físicas” en la valoración del tejido musculoesquelético

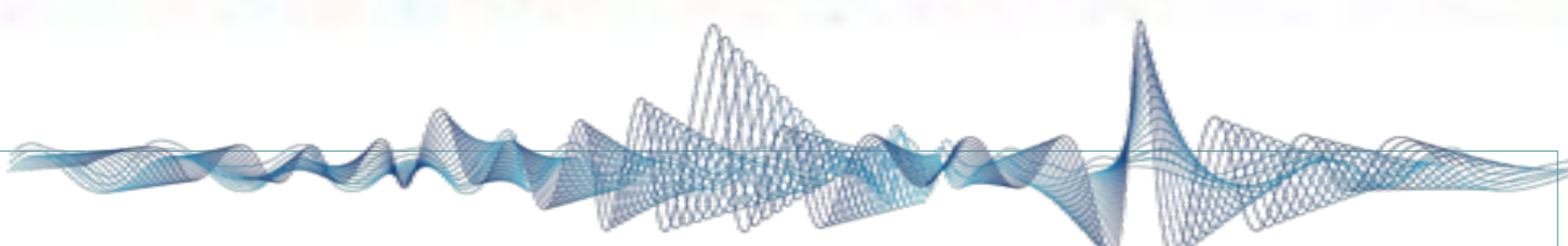
La ecografía con elastografía cuantitativa (Shear-Wave), emplea un dispositivo electrónico para generar un pulso acústico que produzca deformación tisular a través de una onda de corte transversal. El cizallamiento (Shear-wave) se define como el cambio en la forma de una capa del tejido estudiado sin cambio de volumen, producido por un par de fuerzas iguales que actúan en direcciones opuestas a lo largo de los dos lados opuestos de la capa de tejido, permitiendo calcular la resistencia del tejido a la deformación.

De esta forma mide la **velocidad (m/s)** de las ondas generadas por el pulso acústico en todos los puntos del tejido estudiado, que mediante una ecuación matemática sencilla permite expresar **la rigidez y la elasticidad del tejido en unidades de presión (kilopascales)**. La densidad del material para el tejido blando generalmente se estima sobre la base de los valores publicados en la literatura para el tipo de tejido que se examina, o se aproxima a la del agua (1 g/cm³) [13,14].

Finalmente obtendremos un mapa de color que representa **un elastograma codificado**: el **rojo** codifica una **consistencia “dura”**, el **azul** indica una **consistencia “blanda”** y el **verde** y el **amarillo** codifican una **“rigidez intermedia”** como podemos ver en el siguiente esquema.



Física básica de SWE. Paso 1: las ondas transversales se generan utilizando la fuerza de radiación acústica; se propagan perpendicularmente a la onda primaria del ecógrafo a una velocidad más baja. **Paso 2:** se utiliza la excitación de ondas planas rápidas para realizar un seguimiento del desplazamiento y la velocidad a medida que se propagan las ondas transversales, la “deformidad” o desplazamiento del tejido se calcula mediante un algoritmo de dispersión. **Paso 3:** los desplazamientos de tejido se utilizan para calcular la velocidad de onda de corte (C_s) y el módulo de corte (G). Relación entre la velocidad de corte y el módulo de corte expresado como una barra de color, que asume, en este caso, una densidad igual a la del agua (1 g/cm³). Adaptado de Taljanovic, Mihra S et al. “Shear-Wave Elastography: Basic Physics and Musculoskeletal Applications.” *Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc* vol. 37,3 (2017): 855-870.



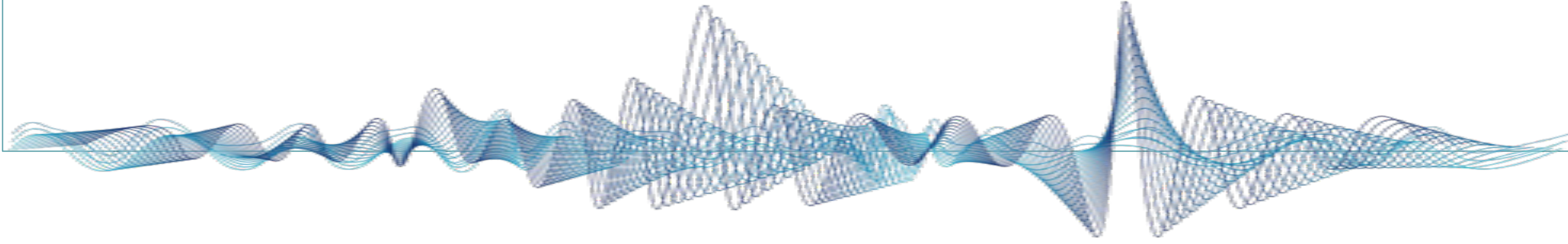
Utilidad del SWE: técnica, diagnóstico y seguimiento en la valoración de diferentes lesiones musculares

En los últimos años, se han publicado varios estudios sobre SWE y su utilidad en la valoración muscular, especialmente sobre su utilidad en la valoración dinámica y en tiempo real de la rigidez muscular en reposo y contracción, pudiendo detectar patologías antes que sean visibles en imagen convencionales, con resultados prometedores.

Es importante tener en consideración que las estructuras musculares destacan por su **heterogeneidad, complejidad histológica y volumen**, dificultan muchas veces la valoración de sus propiedades elásticas. La elasticidad además se verá influenciada por el tipo de músculo, localización, así como características individuales (peso, sexo, edad, etc.) y el eje en el cual se obtienen las mediciones cualitativas (corto o largo). Por ejemplo, a mayor la edad y en las mujeres se obtendrán valores más elevados como demostraron en sus respectivos estudios Wang et al y Eby et al.

Varios estudios han intentado caracterizar los valores normales de cada musculo tanto en contracción y relajación, ya que sabemos que los **músculos contraídos** tienen **mayor rigidez** en SWE que los **relajados** [8,9].

Los músculos sanos normales en relajación muestran velocidades de onda de corte más bajas que las aponeurosis (velocidad intermedia). En el estado contraído, los mismos músculos normales muestran velocidades de onda de corte aumentadas (típicamente intermedias). Es importante destacar que, en comparación con el músculo y la fascia normales, los desgarros musculares y fasciales agudos en la misma ubicación anatómica muestran velocidades de onda de corte más bajas, es este el principio básico para entender el control evolutivo de las lesiones musculares.

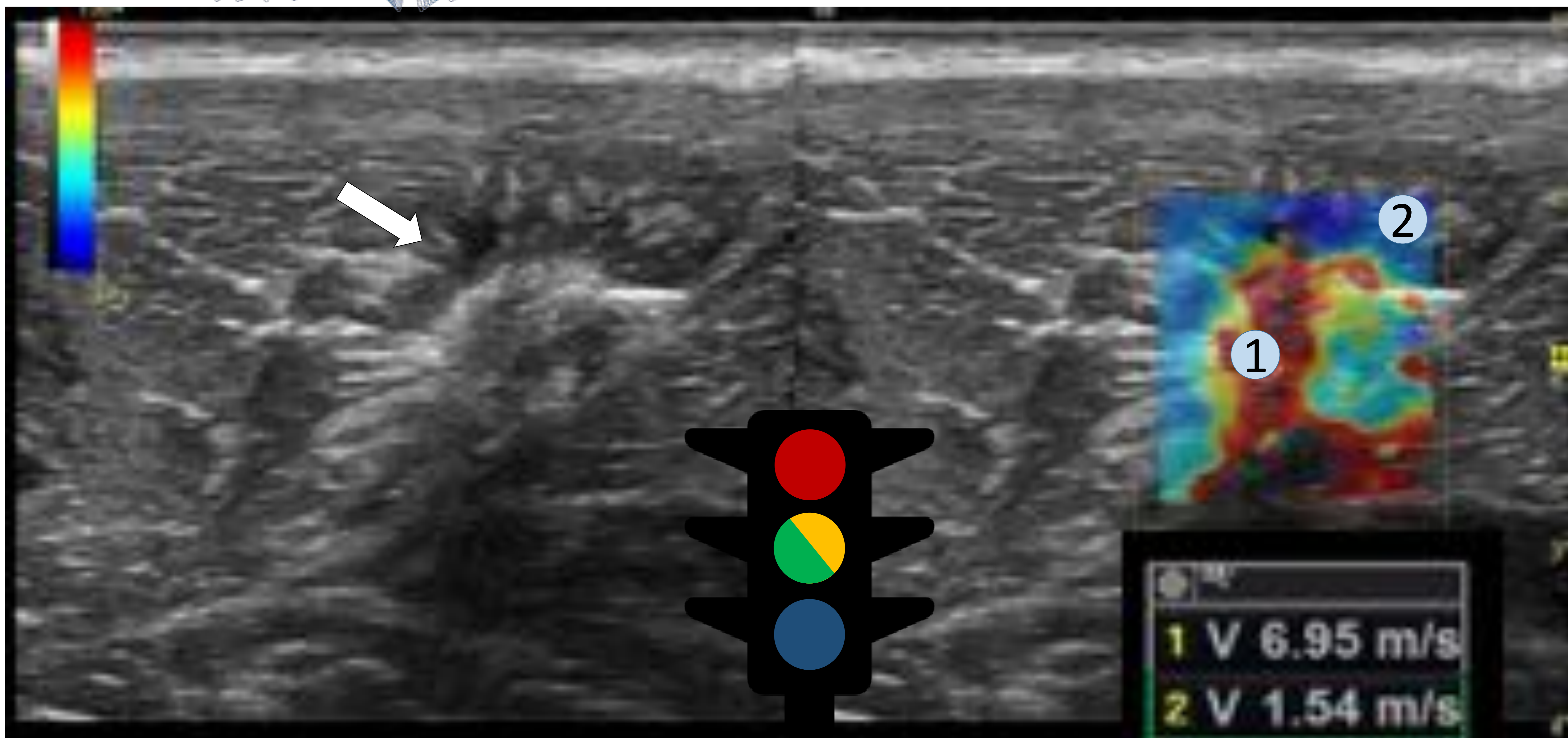


Técnica: hágalo usted mismo

Primero realizamos la valoración de la patología muscular mediante ecografía convencional, identificando si existe o no lesiones objetivables mediante este tipo de estudio (hipo o hiperecogenicidad del tejido muscular o tendinoso) o desestructuración de la ecogenicidad normal.

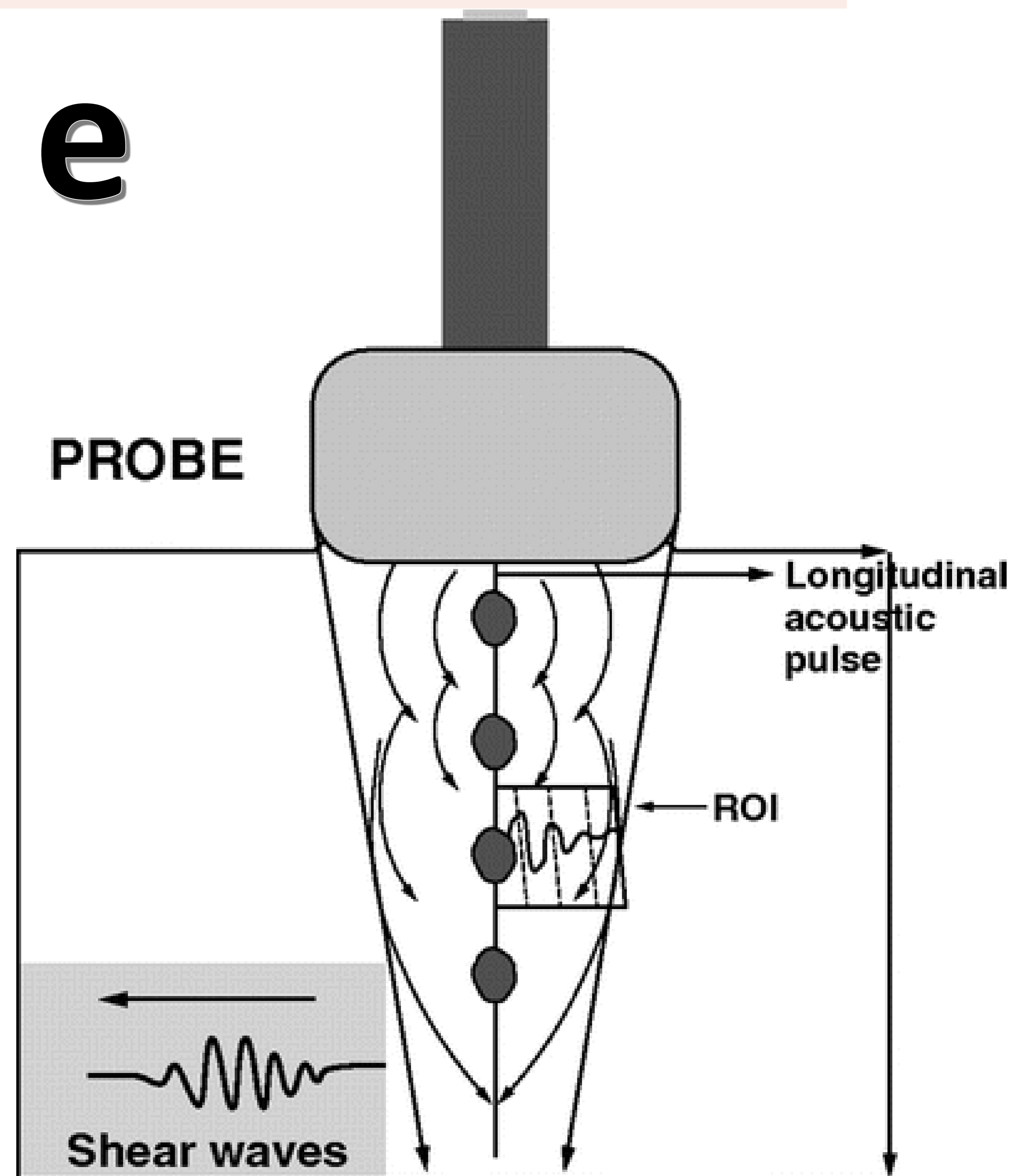
Luego obteniendo valores cuantitativos de SWE tanto en relajación como en contracción, la valoración y seguimiento los realizamos con el **musculo en relajación** (algunos casos en estiramiento pasivo; como puede ser el caso del cuádriceps en flexión de rodilla 90º) y mediante 2-3 ROI del mismo diámetro en la zona que el elastograma que se corresponde con la región de la lesión y tejido muscular adyacente en el área estudiada.

Es fundamental emplear planos perfectamente paralelos o perpendiculares a la estructura muscular que estemos estudiando.



Ejemplo de como realizamos la técnica en paciente con lesión miofascial posterior del recto femoral, donde se identifica en la ecografía convencional una cicatriz con retracción del tejido muscular normal, la evaluación cuantitativa con 2 ROIs representa en la **lesión cicatricial** una **rigidez elevada (v: 6,95 m/S; 48 kPa)** y en el **tejido muscular** algo hipoecogénico alrededor una **rigidez disminuida (v: 1,54 m/s; 2,4 kPa)** que sugiere rotura.

Estructura examinada	SWE (Shear-Wave)	
Tendón normal relajado	Intermedio	
Tendón normal contraído	Elevado	
Tendinopatía	Disminuido	
Musculo normal relajado	Disminuido	
Musculo normal contraído	Elevado	
Miopatía	Variable	
Rotura muscular	Disminuido	
Fascia normal relajado	Intermedio	
Fascia normal contraído	Elevado	
Rotura de fascia	Disminuido	



(a,b,c y d) Representa como se evalúan los diferentes músculos en relajación y estiramiento pasivo en el caso del cuádriceps.

Referencia: Alfuraih, Abdulrahman M et al. "The effect of ageing on shear wave elastography muscle stiffness in adults." *Aging clinical and experimental research* vol. 31,12 (2019): 1755-1763.

(e) La transmisión del pulso acústico longitudinal conduce al desplazamiento del tejido, que también genera ondas transversales lejos de la región de excitación. El valor de la elasticidad de la onda de corte se mide dentro de una región de interés (ROI) definida con haces de seguimiento de ultrasonido laterales al haz de empuje único.

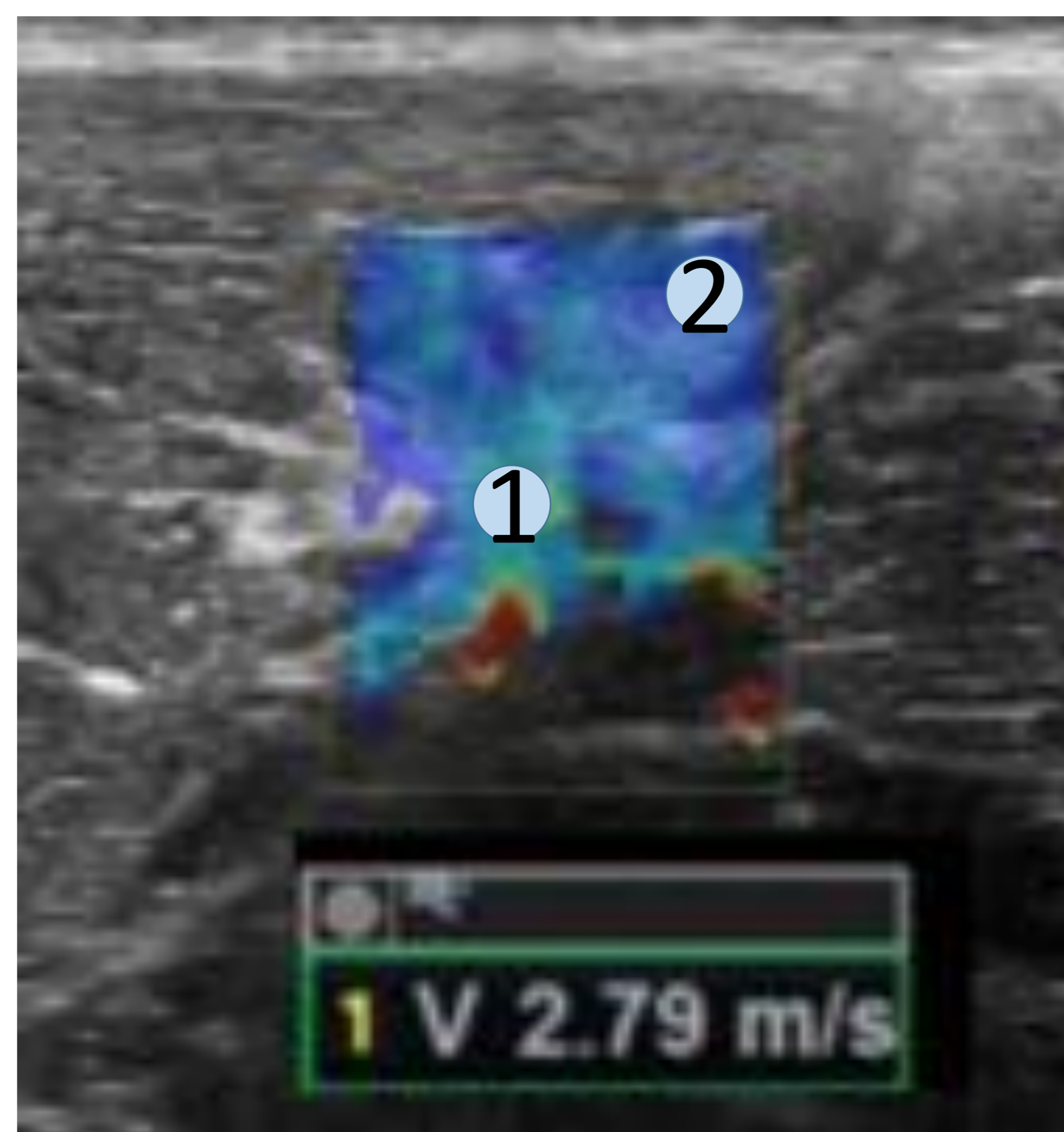
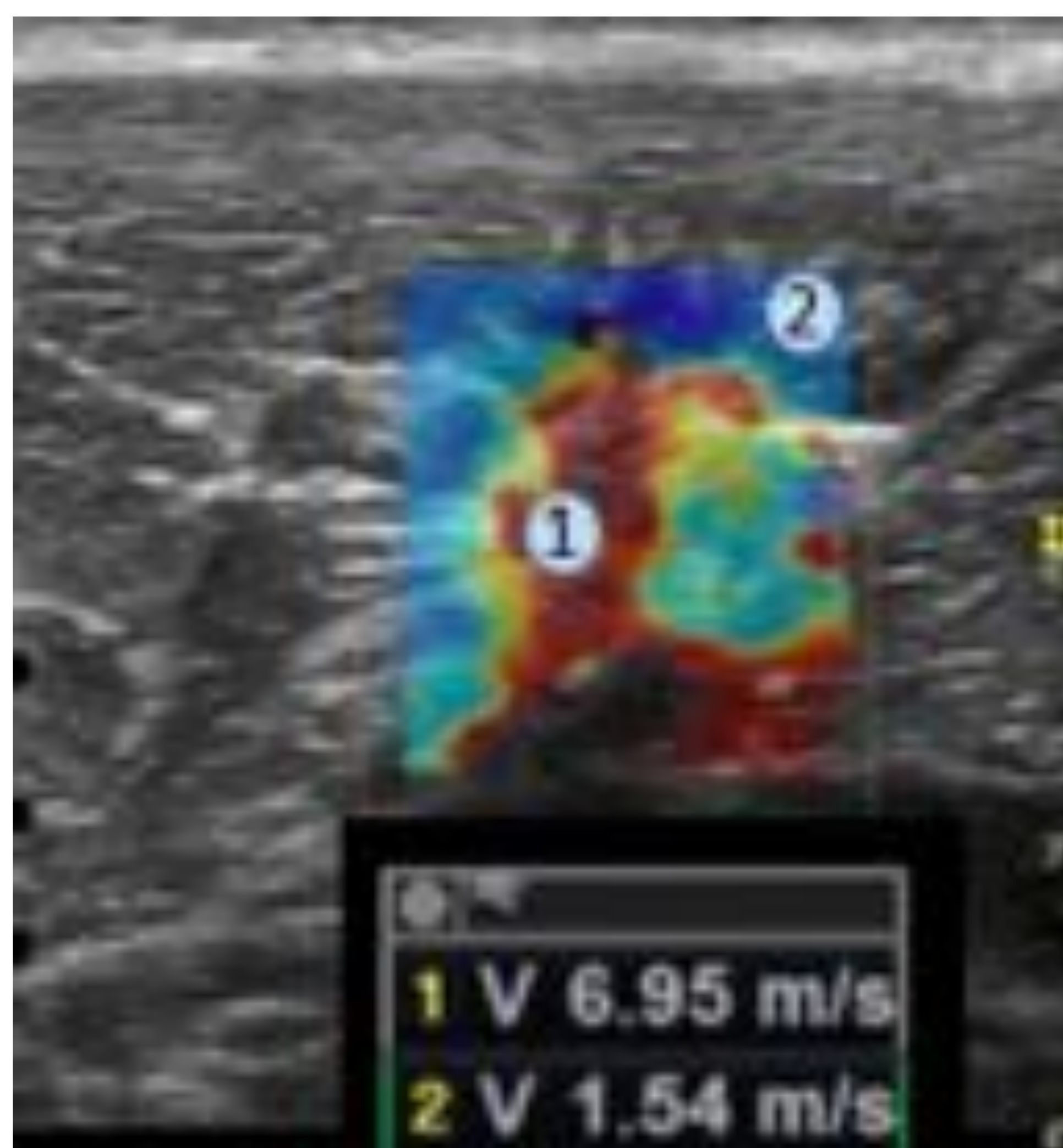
Referencias: Arda, Kemal et al. "Quantitative assessment of normal soft-tissue elasticity using shear-wave ultrasound elastography." *AJR. American journal of roentgenology* vol. 197,3 (2011): 532-6.



Utilidad y seguimiento de lesiones musculares mediante SWE

En la valoración de las roturas musculares mediante SWE se observa una marcada disminución de la rigidez que resulta extremadamente útil para diferenciar o detectar lesiones musculares incipientes que no son claramente visibles en ecografía convencional. Además, esta herramienta permite valorar la evolución y seguimiento de las lesiones musculares mediante valoración cuantitativa, identificándose un aumento progresivo de la rigidez con el proceso de reparación o cicatrización normal o excesiva en el caso de cicatriz patológica residual.

Existen menos estudios que hablen de la utilidad de SWE en el diagnóstico y control evolutivo (reparativo) de las lesiones musculares, en este trabajo se ilustrara su utilidad en la valoración de diferentes lesiones musculares: rotura miofascial del gemelo, lesión del recto femoral, lesión de los isquiotibiales, lesión de abductores, y lesiones del manguito rotador.

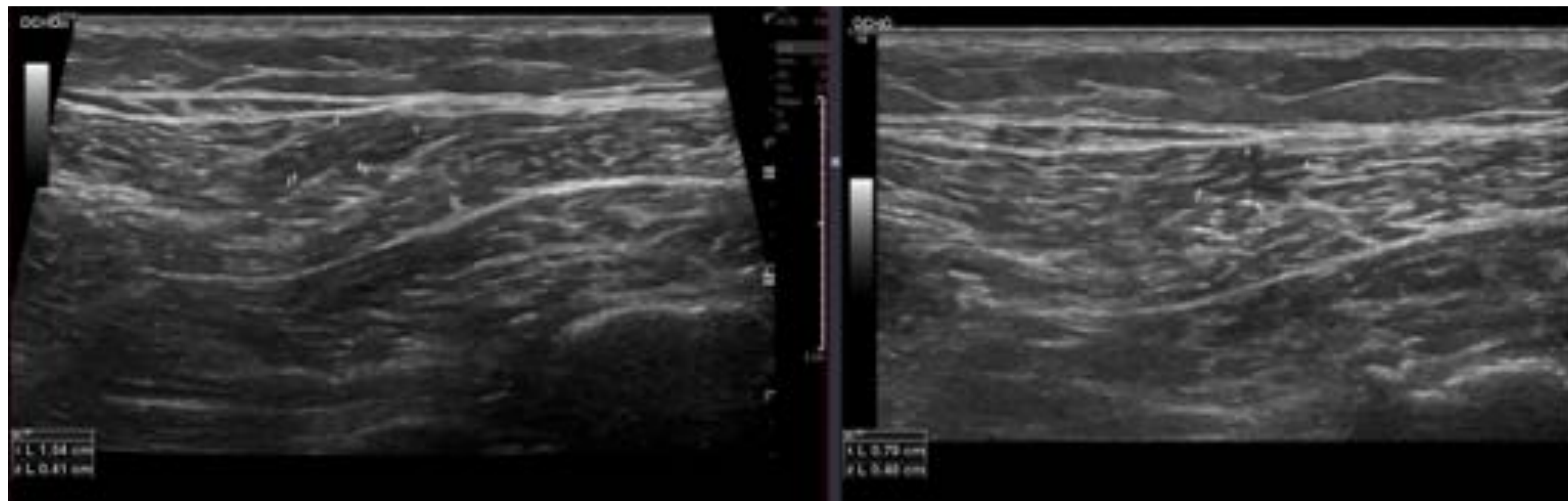




Patología del tríceps sural: rotura miofascial del gemelo

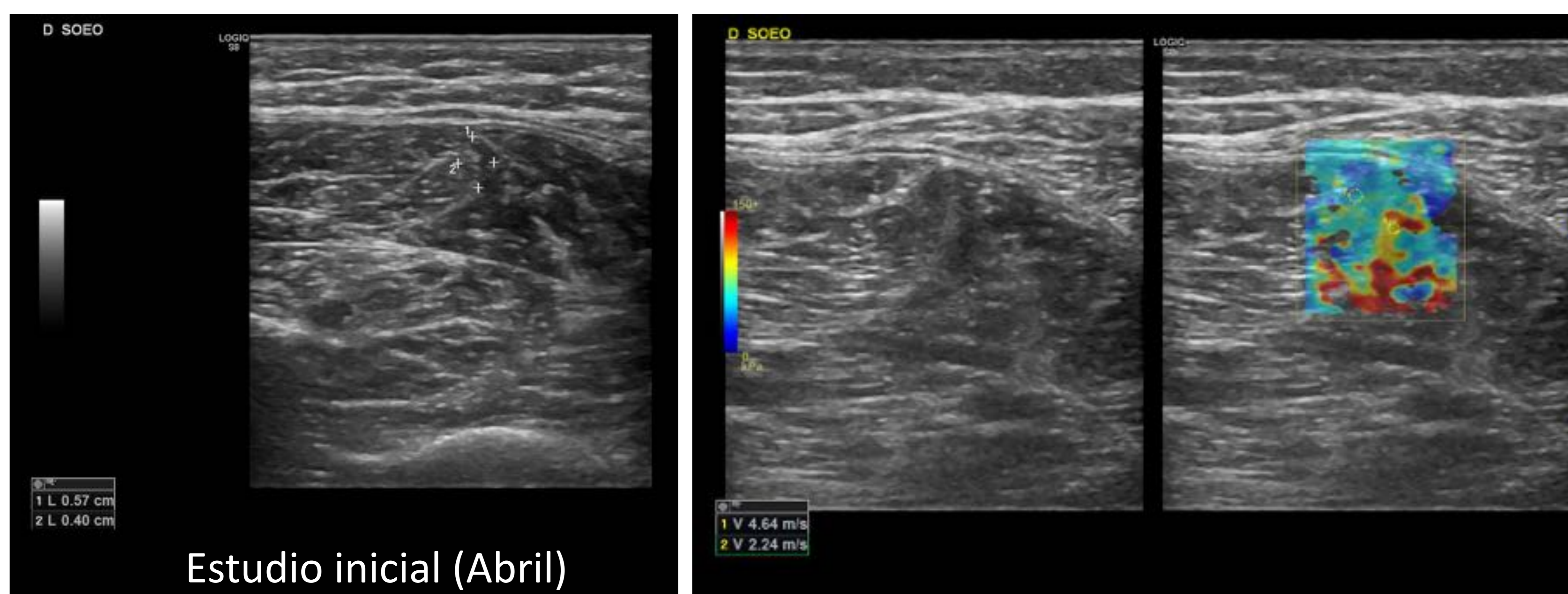
Arda et al realizaron un estudio de SWE que incluía los músculos gastrocnemios con **valores medios de elasticidad** en los planos longitudinal y transversal fueron **11,1 kPa ± 4,1 (rango, 2–28 kPa)** en hombres y **11,1 kPa ± 4,0 (rango, 4–26 kPa)** en mujeres [6].

Músculo gastrocnemio externo



Ecografía convencional musculo-esquelética de la región posterior de la pierna derecha: leve alteración del patrón fibrilar mio fascial superficial del gastrocnemio externo de unos 10 x 4 mm, en relación con lesión grado 1. El mismo paciente sufre lesión del músculo soleo que valoramos evolutivamente con SWE.

Músculo soleo



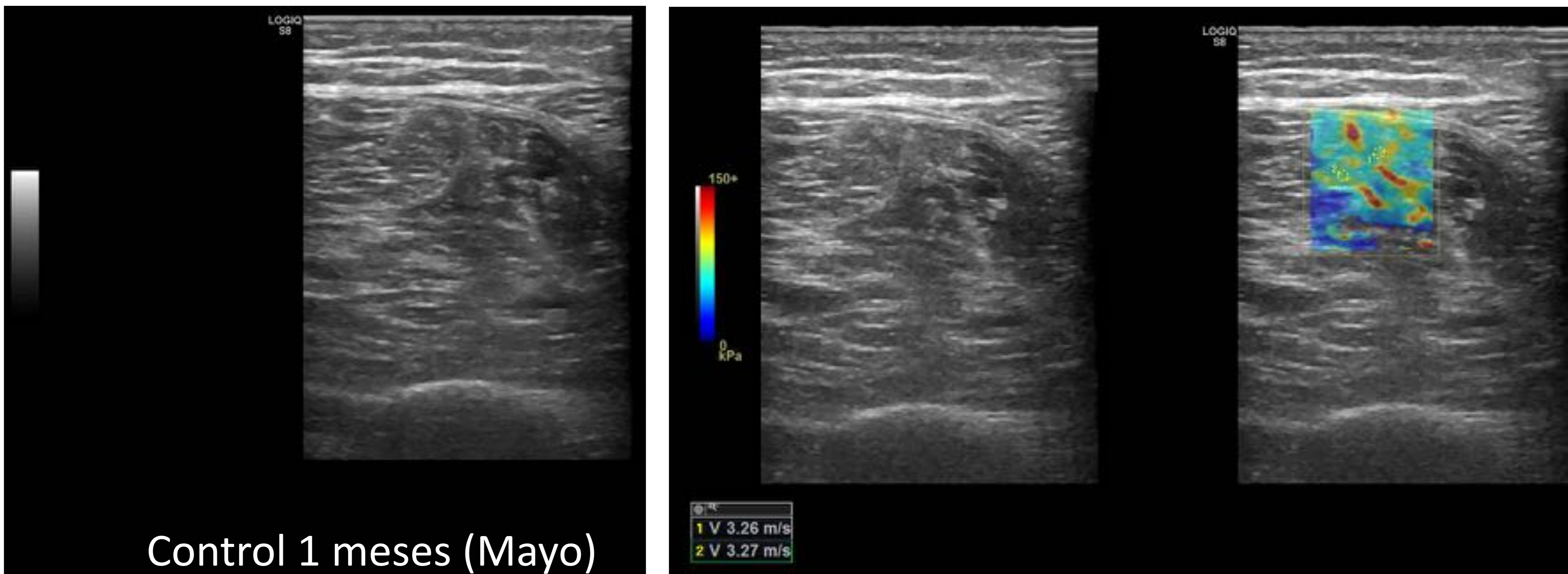
Estudio inicial (Abril)

Paciente consulta por dolor en compartimento posterior de la pierna derecha (Abril), realizamos estudio ecográfico convencional y **elastografía con técnica de SWE** destacando una alteración del patrón fibrilar de la unión miotendinosa del tendón central del sóleo en su porción inferior identificándose discreta hipoecogenicidad fibrilar y **elevación del valor SWE con valor de 4,6m/s** en relación con **lesión del tendón central** y **leve disminución del valor SWE para el tejido muscular adyacente de 2,2 m/s (4,8 kPa)**.



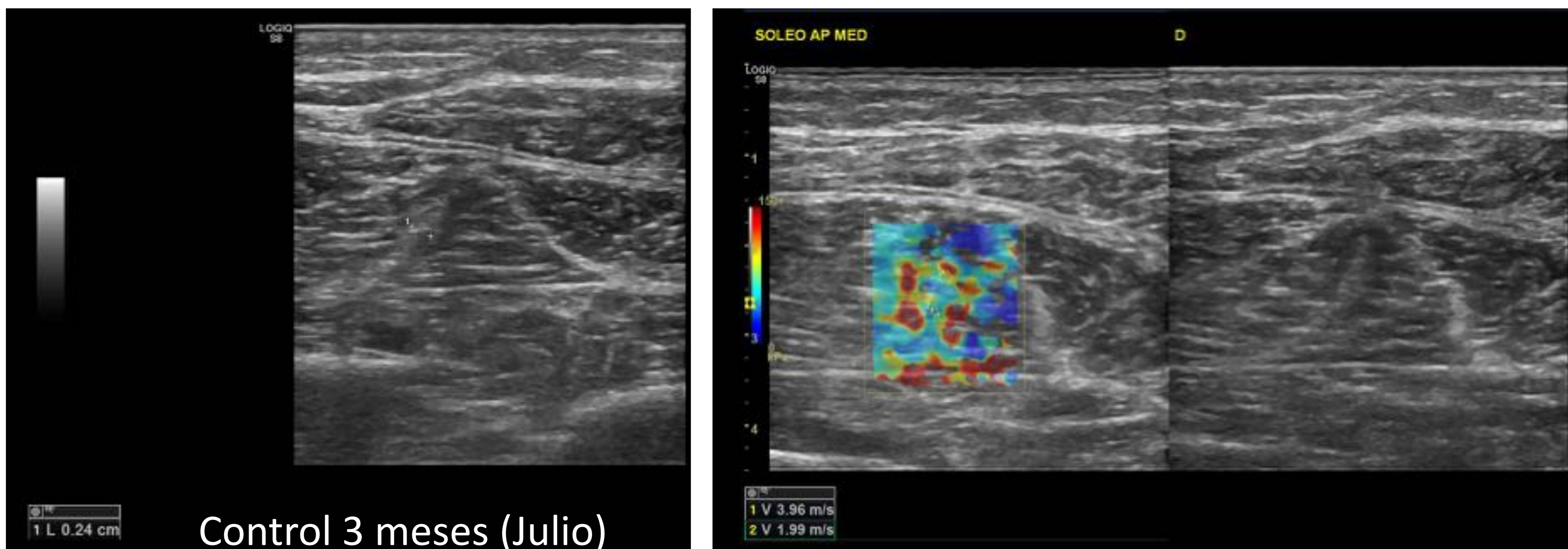
Patología del tríceps sural: rotura miofascial del gemelo

Músculo soleo



Control 1 meses (Mayo)

Controlamos al paciente **al mes**, donde la ecografía convencional muestra un músculo soleo con patrón fibrilar preservado sin presencia de alteración fibrilar en ambas aponeurosis. En el estudio de elastografía cuantitativa presenta valor de **3,2 m/s**, comenzando a presentar signos de reparación también el tejido muscular adyacente.



Control 3 meses (Julio)

Paciente acude a **control 3 meses** después (Julio), se vuelve a identificar una alteración del patrón fibrilar de la aponeurosis medial del sóleo en su porción inferior identificándose discreta hipoecogenicidad fibrilar en el estudio ecográfico convencional y alteración en el estudio de elastografía cuantitativo (SWE) con **valor ligeramente elevado (v: 3,9 m/s)** en relación con **lesión de la aponeurosis medial** y **valores disminuidos del tejido muscular adyacente (v: 1,9 m/s)** en relación con reagudización de la lesión.

Control evolutivo
Valores SWE
Tendón central
y aponeurosis medial

Inicio

4,6 m/s

21,2 kPa

1 mes

3,5 m/s

12,2 kPa

3 meses

3,9 m/s

15,2 kPa



Patología del tríceps sural: rotura miofascial del gemelo

Músculo gastrocnemio medial:

Caso 1: rotura miofascial con compromiso del tendón central

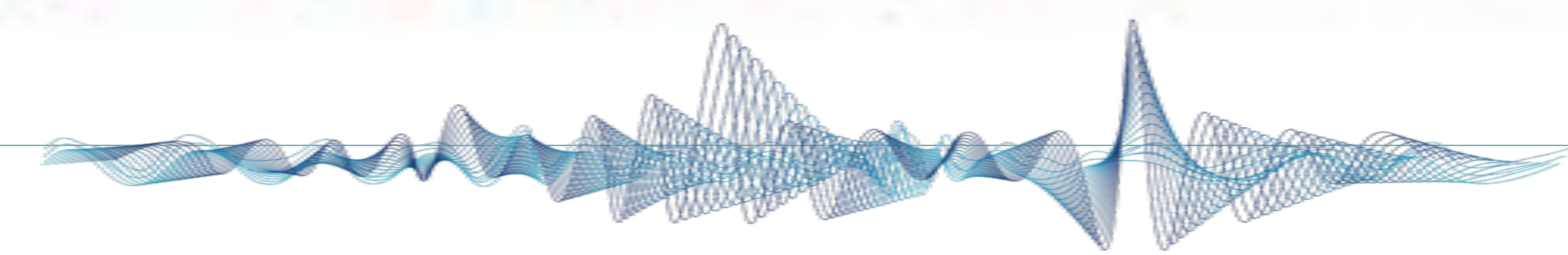


Paciente que consulta por dolor compartimento posterior de la pierna izquierda, en la ecografía convencional muestra una **rotura miofascial del gastrocnemio medial** con **colección laminar** asociada de 14 cm x 0,3 cm. En el espesor del gastrocnemio medial se identifica área hiperecogénica fibrilar de 2,1 cm x 0,8 cm compatible con secuelas de lesión previa.



En la región mas proximal de la lesión miofascial del gastrocnemio medial se realiza cuantificación de SWE, donde destaca **valores muy bajos de rigidez**, con una v: 1,02 (1,04 kPa) **compatible con rotura aguda**.

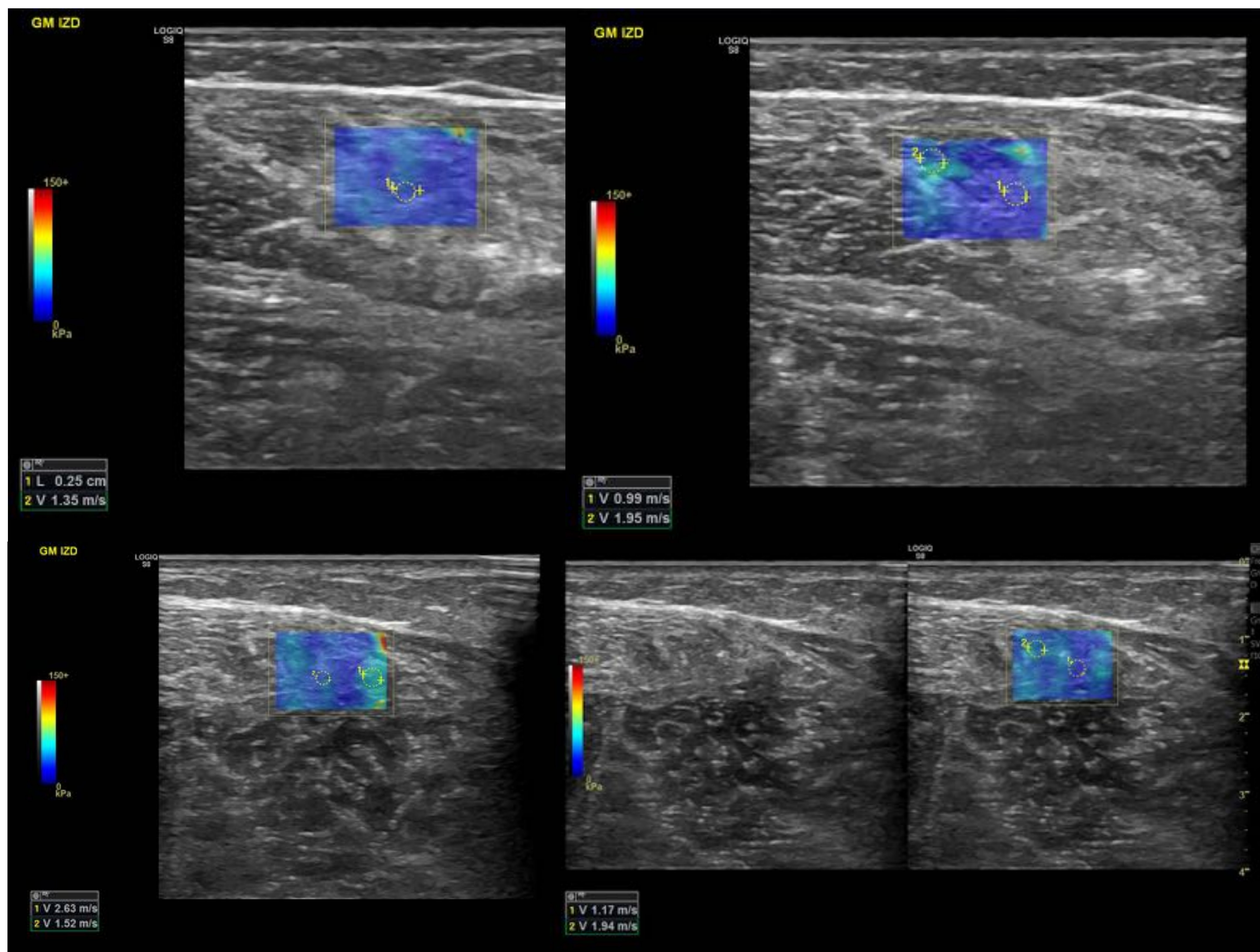




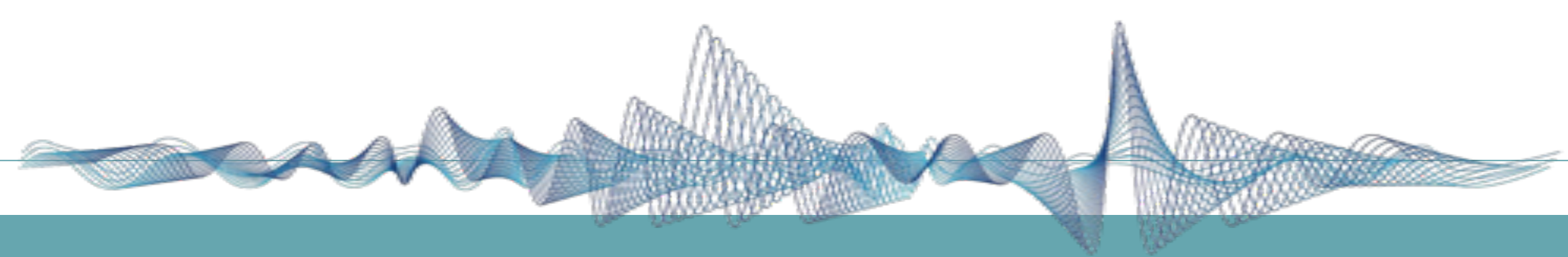
Patología del tríceps sural: rotura miofascial del gemelo

Músculo gastrocnemio medial:

Caso 1: rotura miofascial con compromiso del tendón central



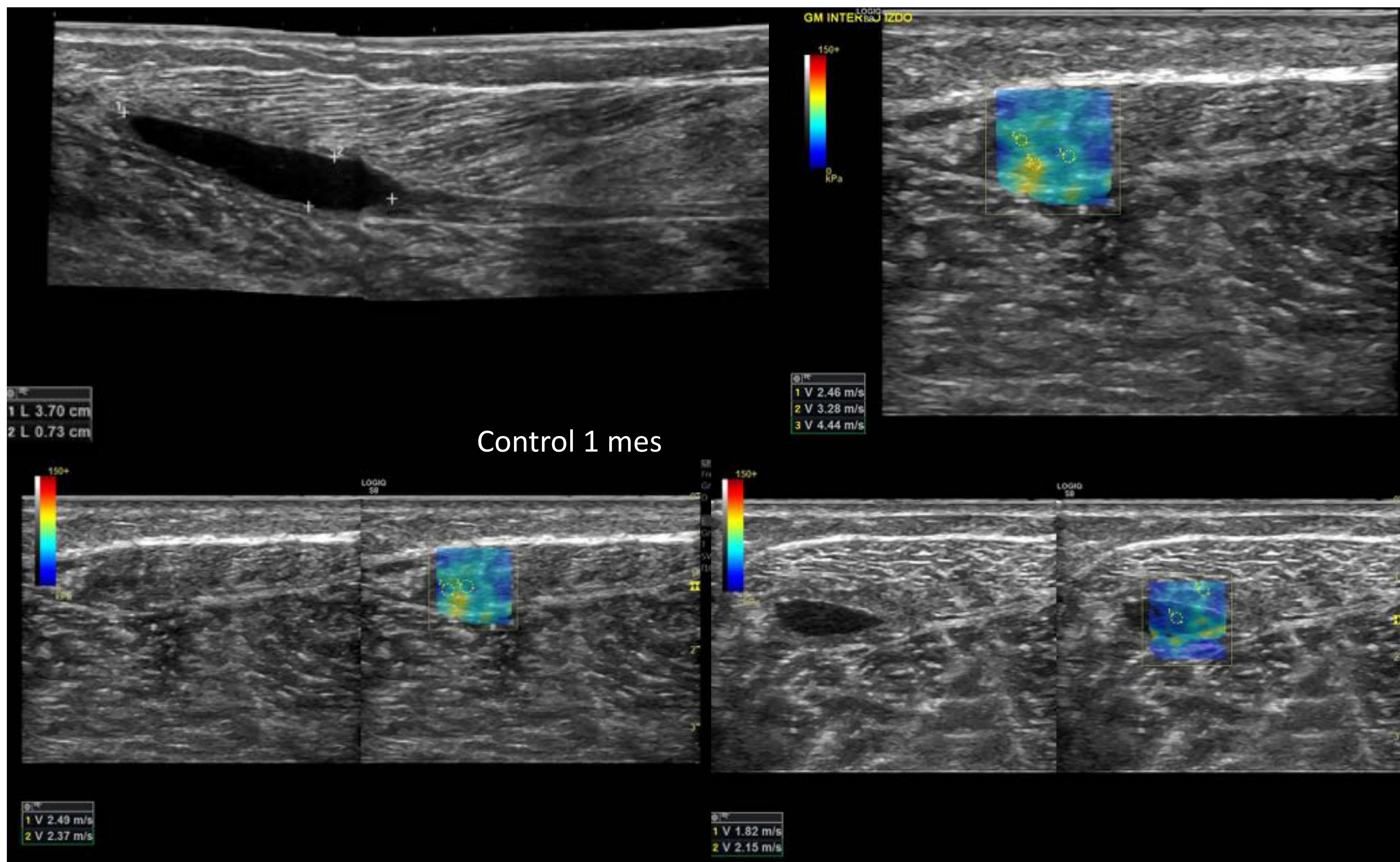
Se realizan mediciones cuantitativas a lo largo de toda la lesión miofascial del gastrocnemio medial izquierdo, de proximal a distal obteniendo en la región proximal **valores muy bajos de rigidez** desde v: 0,99 a 1,35 m/s (0,9-1,82 kPa) **compatible con rotura**.



Patología del tríceps sural: rotura miofascial del gemelo

Músculo gastrocnemio medial:

Caso 1: rotura miofascial con compromiso del tendón central



En el control en 1 mes persiste en la ecografía convencional persisten los signos de rotura miofascial del gastrocnemio medial con colección fluida encapsulada que ha pasado de medir 14 cm x 0,3 cm a 3,7 cm x 0,7 cm. En el espesor del gastrocnemio medial se identifica área hiperecogénica fibrilar de 1,4 cm x 0,6 cm compatible con cambios fibrocicatriciales. Se realizan mediciones cuantitativas a lo largo de toda la lesión miofascial del gastrocnemio medial izquierdo, de proximal a distal obteniendo en la región **valores mayores de rigidez en comparación con el estudio previo** desde v: 2,15 a 2,49 m/s (4,6-6 kPa) **compatible con signos reparativos de la lesión miofascial (cambios fibrocicatriciales)**.

Control evolutivo
Valores SWE

Inicio

0,99 – 1,35 m/s
0,9 – 1,82 kPa



1 mes

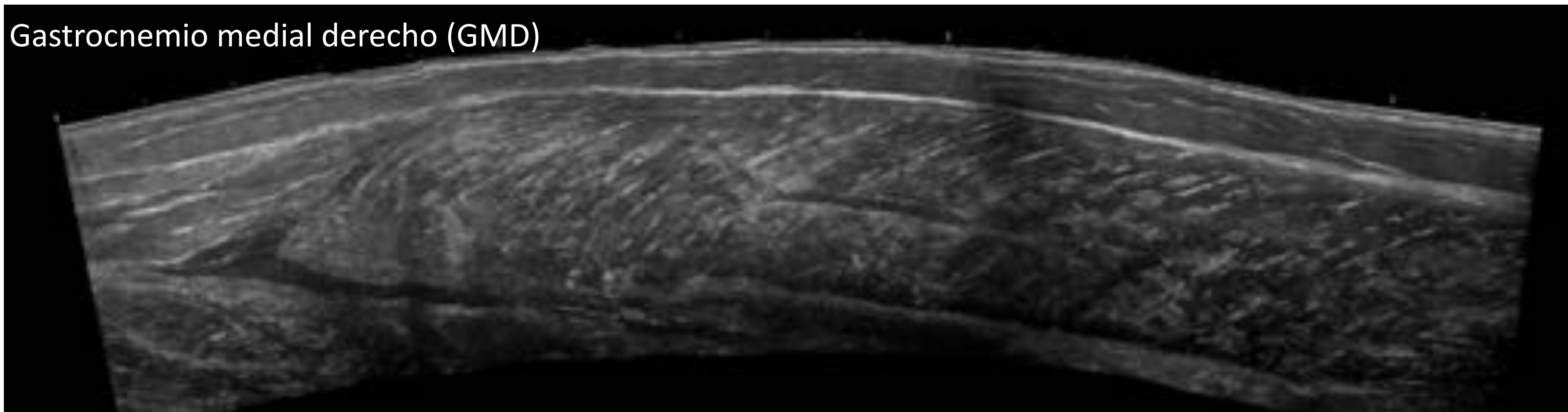
2,15 – 2,49 m/s
4,6 - 6 kPa

Patología del tríceps sural: rotura miofascial del gemelo

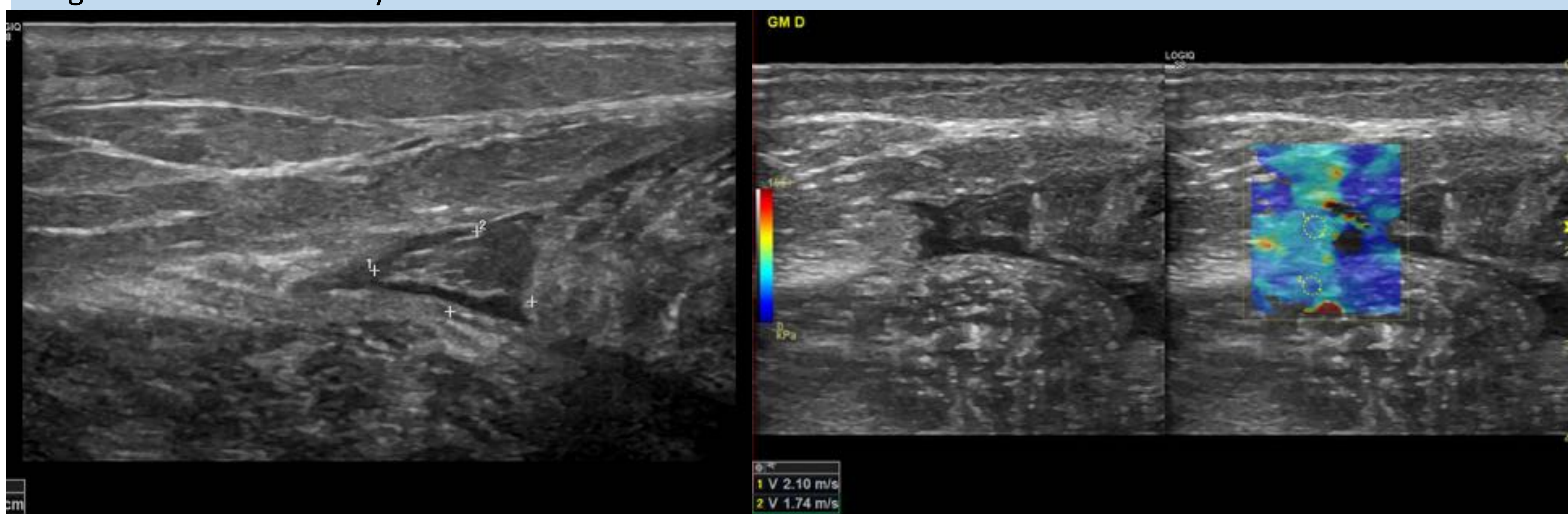
Músculo gastrocnemio medial:

Caso 2: rotura miofascial con compromiso aponeurótico

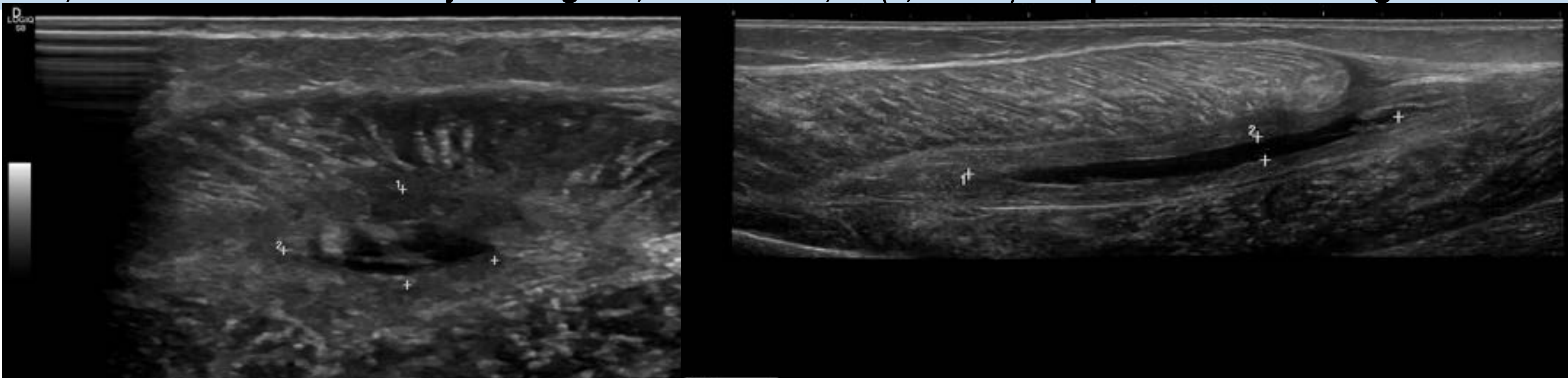
Gastrocnemio medial derecho (GMD)



Paciente que presenta dolor tipo “pedrada” en región ingrapoplitea derecha, hace menos de 24 horas. Se realiza ecografía convencional donde destaca una **rotura miofascial del GMD** de 1,1 cm x 0,5 cm identificándose colección laminar asociada de 7 cm probable a 0,3 cm de espesor entre las fibras profundas del gastrocnemio medial y sóleo.



En la región mas proximal de la lesión miofascial del gastrocnemio medial derecho se realiza cuantificación de SWE, donde destaca **valores bajos de rigidez**, con una v: 1,74 (3,02 kPa) **compatible con rotura aguda**.



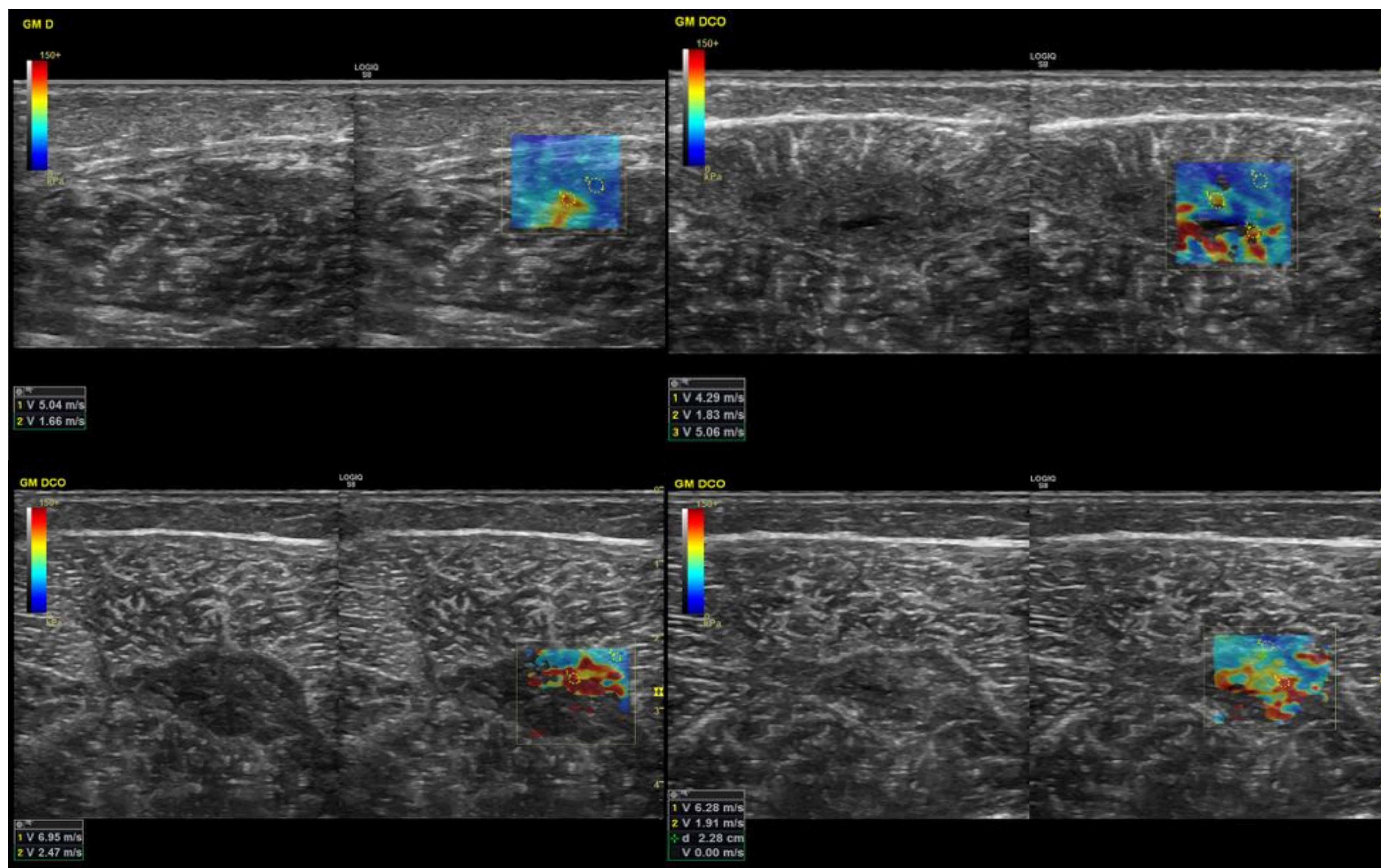
Control a los 3 meses: persiste la rotura miofascial del gastrocnemio medial con presencia de colección asociada de 7,3 cm x 0,4 cm en relación con hematoma encapsulado.

Control a los 4 meses: paciente con secuelas de rotura miofascial del GMD, hallazgo presenta lesión en GMI.

Patología del tríceps sural: rotura miofascial del gemelo

Músculo gastrocnemio medial:

Caso 2: rotura miofascial con compromiso aponeurótico



Control 5 meses + 1 semana: En la región mas proximal de la lesión miofascial del gastrocnemio medial se realiza cuantificación de SWE, donde destaca **valores normales y elevados**, con un rango de v:1,66-6,95 m/s (2,75-48,30 kPa) **identificándose claramente una zona de reparación/cicatrización con rigidez elevada.**

Control evolutivo
Valores SWE

Inicio
1,74 m/s
3,02 kPa



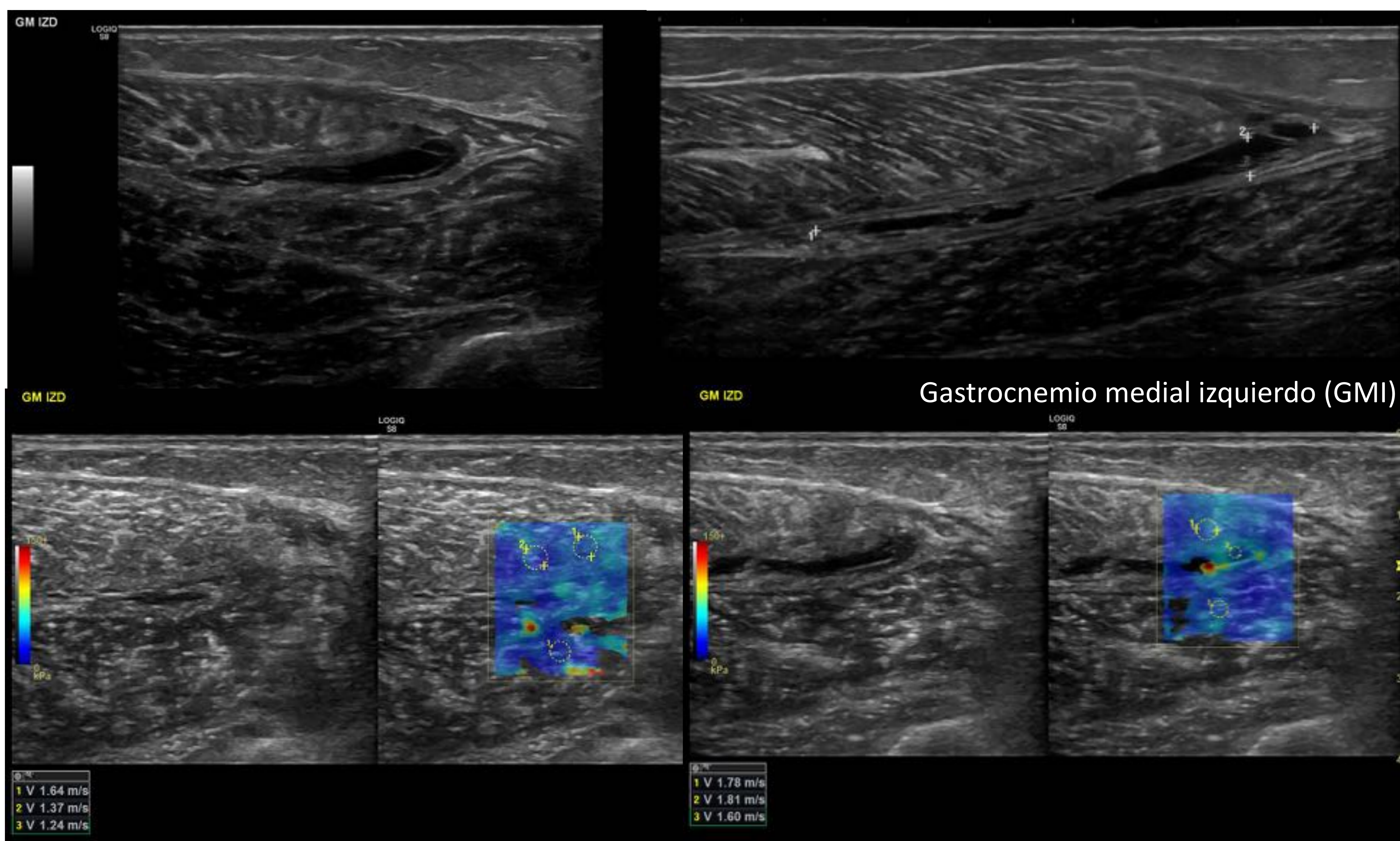
5 meses + 1 semana
6,95 m/s
48,30 kPa



Patología del tríceps sural: rotura miofascial del gemelo

Músculo gastrocnemio medial:

Caso 2: rotura miofascial con compromiso aponeurótico



Estudio inicial (GMI): Actualmente consulta por traumatismo en **gastrocnemio izquierdo**, identificándose en la ecografía convencional una **rotura miofascial** con área de interrupción fibrilar de 8,4 mm x 6,2 mm y colección asociada de 6,1 cm x 0,4 cm entre las fibras del gastrocnemio medial y sóleo. La elastografía cuantitativa muestra **valores disminuidos** del tejido muscular adyacente a la unión miofascial (**rango v:1,24-1,81 m/s**).





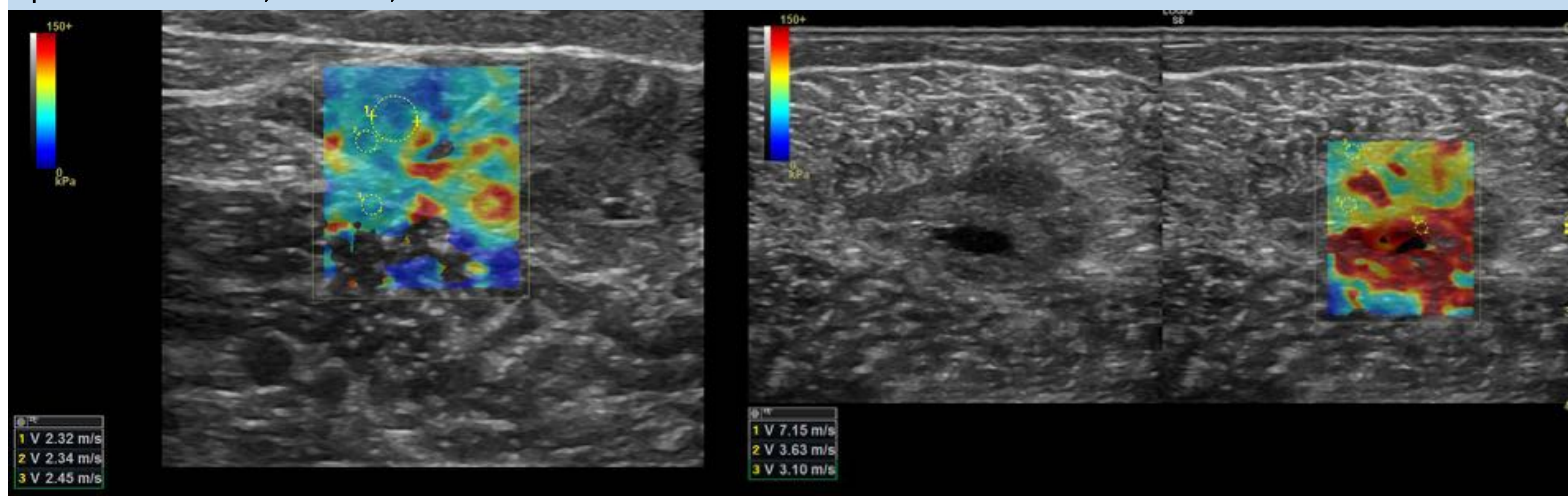
Patología del tríceps sural: rotura miofascial del gemelo

Músculo gastrocnemio medial:

Caso 2: rotura miofascial con compromiso aponeurótico



Control en 1 mes (GMI): en el estudio de ecografía convencional persiste signos de rotura miofascial del gastrocnemio medial izquierdo con colección asociada en el estudio actual presenta unas dimensiones aproximadas de 5,1 cm x 0,5 cm.



La elastografía cuantitativa muestra **valores mas normales** del tejido muscular adyacente a la unión miofascial (**rango v:2,3-7,15 m/s**). Destacando una **clara rigidez** de la región adyacente a la colección, demostrando **proceso cicatricial (mayor rigidez)**.

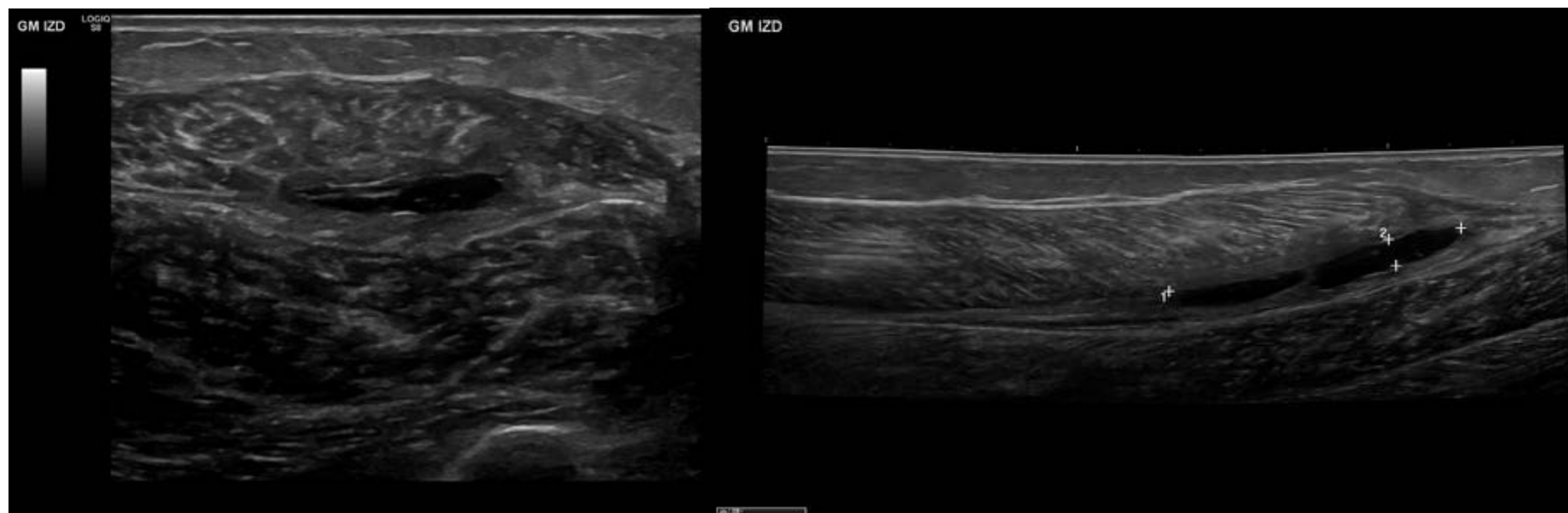




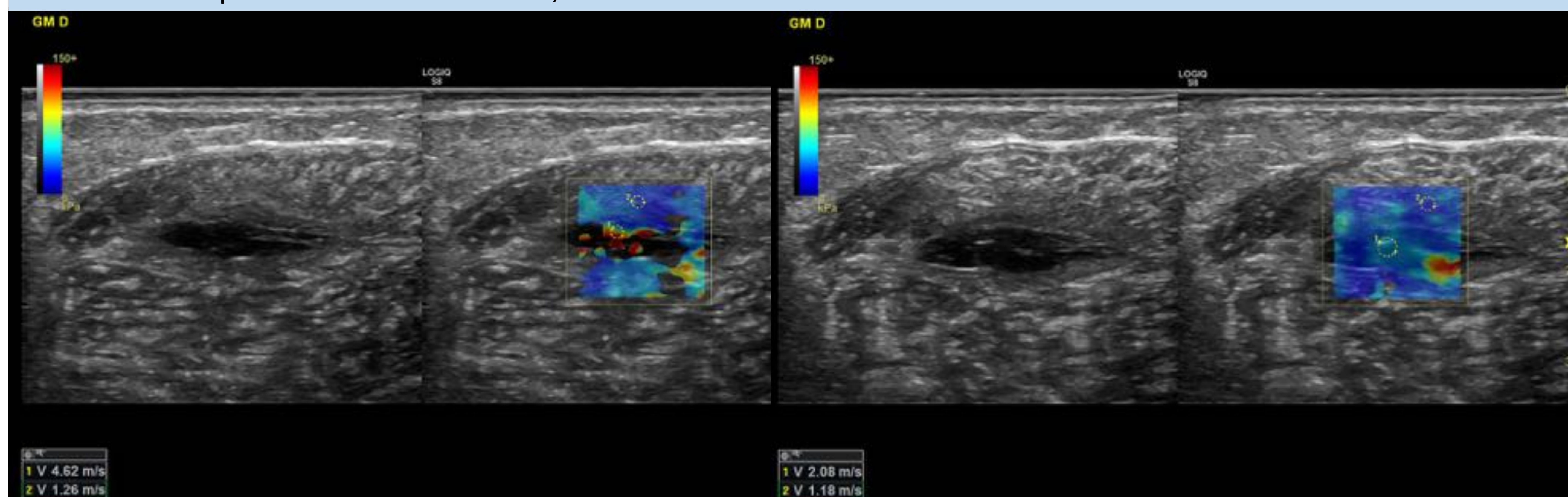
Patología del tríceps sural: rotura miofascial del gemelo

Músculo gastrocnemio medial:

Caso 2: rotura miofascial con compromiso aponeurótico

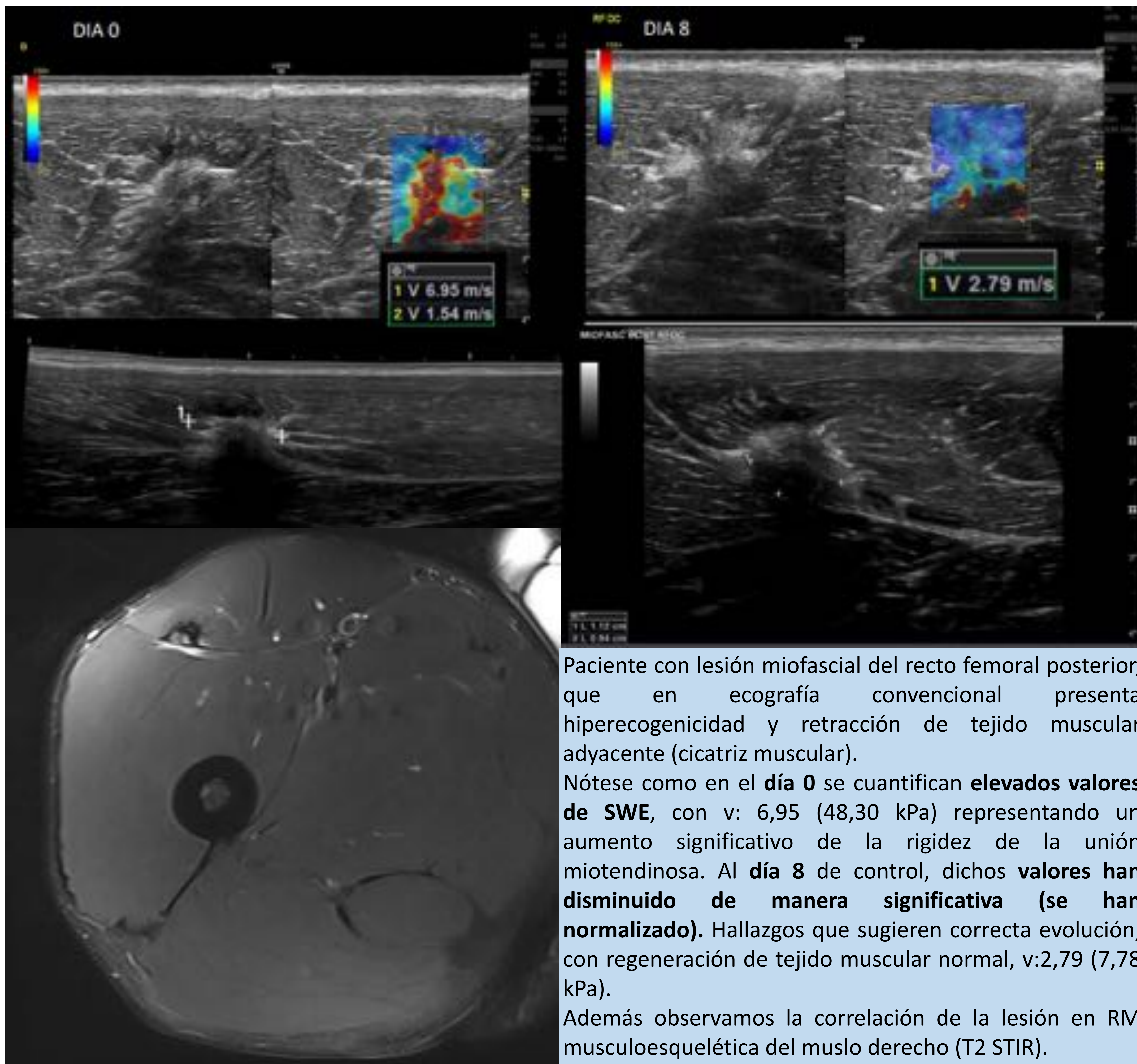


Control en 2 meses + 1 semana (GMI): en el estudio de ecografía convencional persiste signos de rotura miofascial del gastrocnemio medial izquierdo con colección asociada en el estudio actual presenta unas dimensiones aproximadas de 5 cm x 0,4 cm.

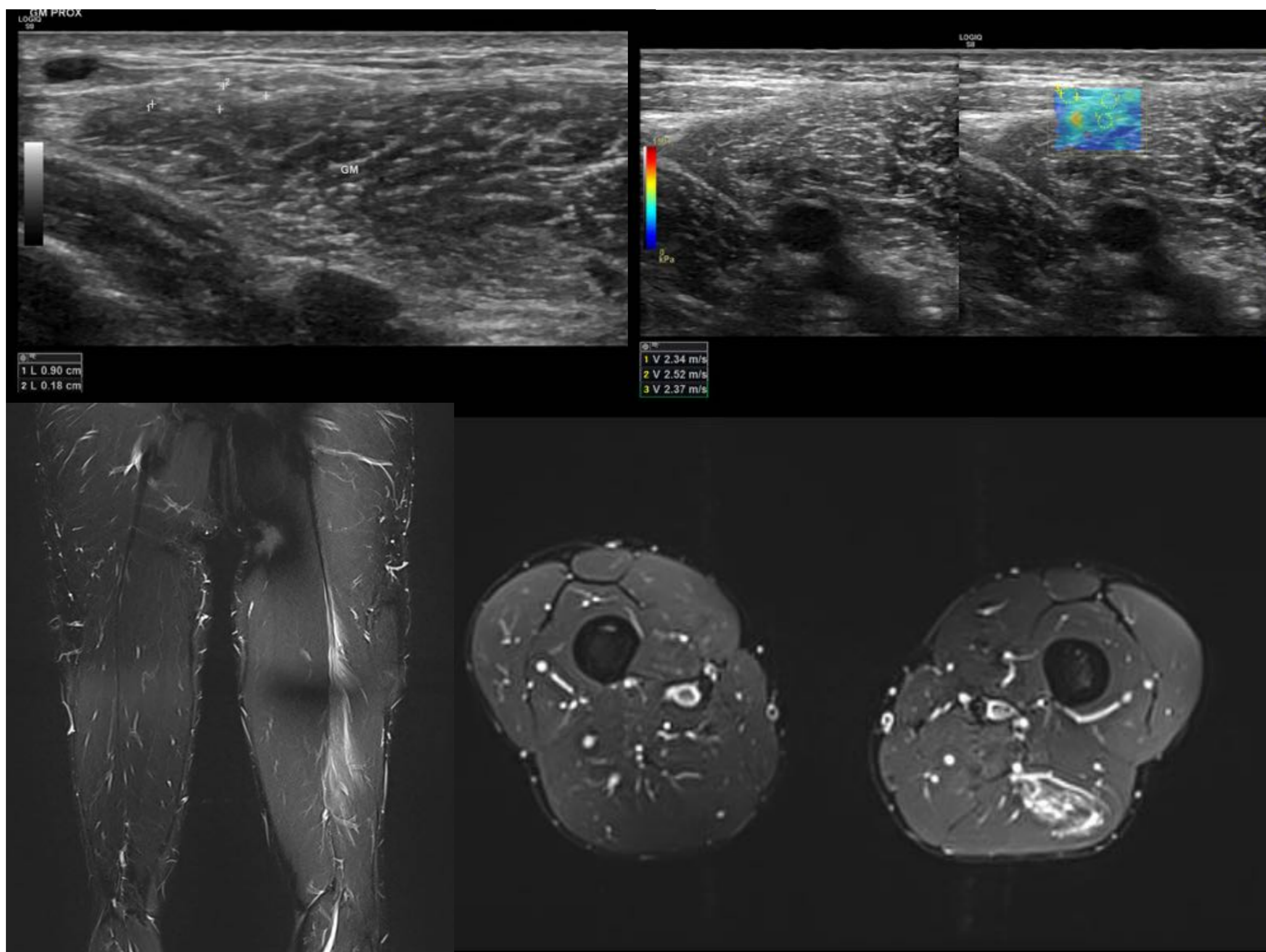


La elastografía cuantitativa muestra **valores normales** del tejido muscular adyacente a la unión miofascial (**rango v:1,28-4,62 m/s**). Ha disminuido de manera significativa la rigidez de la región adyacente a la colección, demostrando **proceso cicatricial maduro**. Estos hallazgos confirman una buena evolución y reparación de la lesión.

Lesión del recto femoral



Lesión de los isquiotibiales

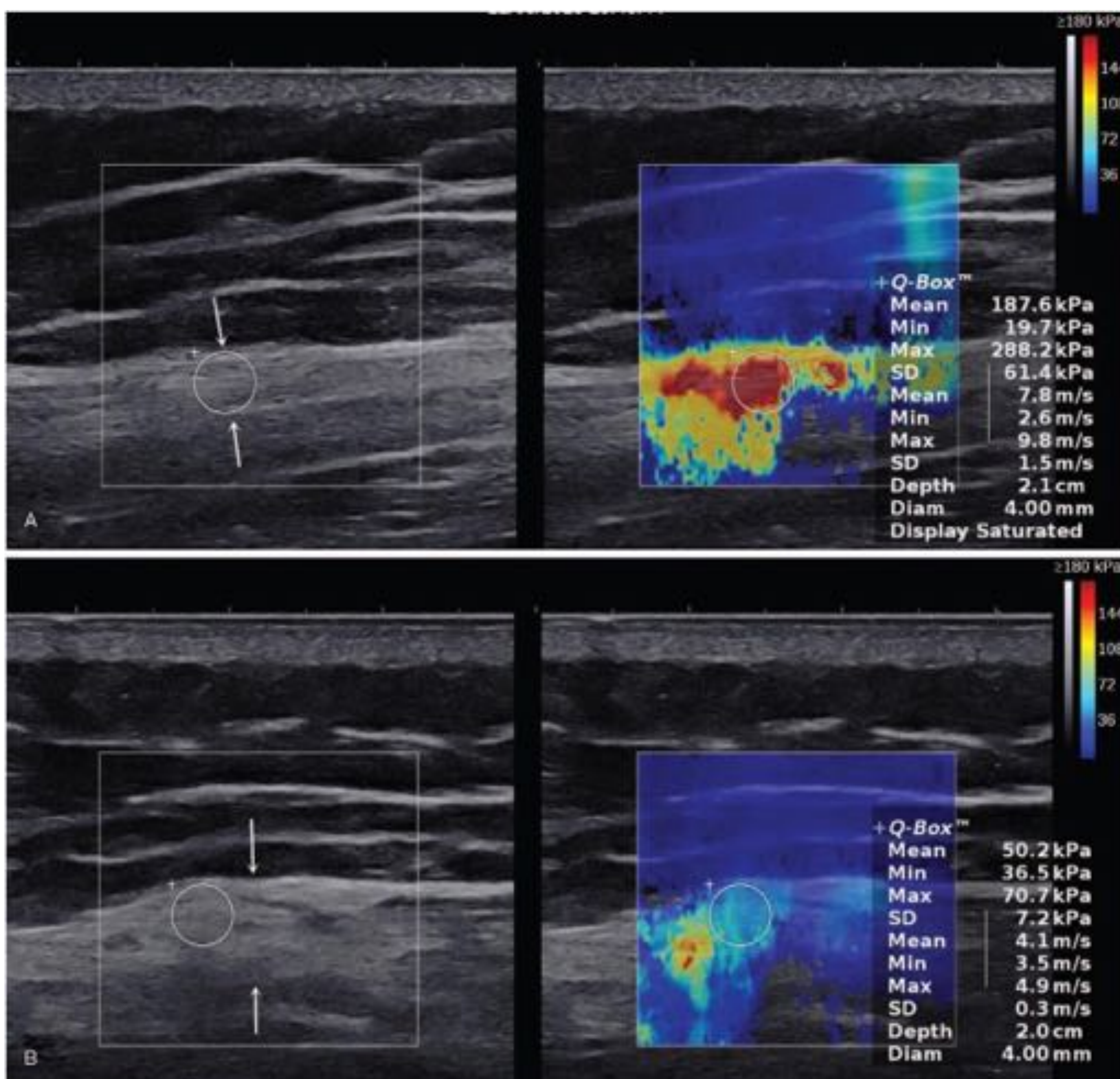


Paciente con signos de secuelas de lesión mio-tendinosa de la cabeza larga del bíceps femoral de la pierna izquierda y su correlación con RM musculoesquelética. La ecografía convencional muestra una zona mínimamente ecogénica adyacente al tendón conjunto de dudoso significado patológico; sin embargo, la elastografía muestra un foco rojo que indica rotura fibrilar.



Lesión de abductores

Presentamos un caso sacado de la literatura. Referencia: **Guo, Ruiqian et al. "Shear-wave elastography assessment of gluteal muscle contracture: Three case reports." *Medicine* vol. 97,44 (2018): e13071.**



Mujer de 28 años con contractura del músculo glúteo. Esta figura muestra la imagen de ultrasonido en escala de grises y el elastograma de onda transversal de la región compatible con contracturas (flechas). (A) Vista longitudinal del músculo glúteo mayor. (B) Vista transversal del músculo glúteo mayor. Nótese los valores elevados de rigidez (rango de 4,1-7,8 m/s (50,2-187,6 kPa).

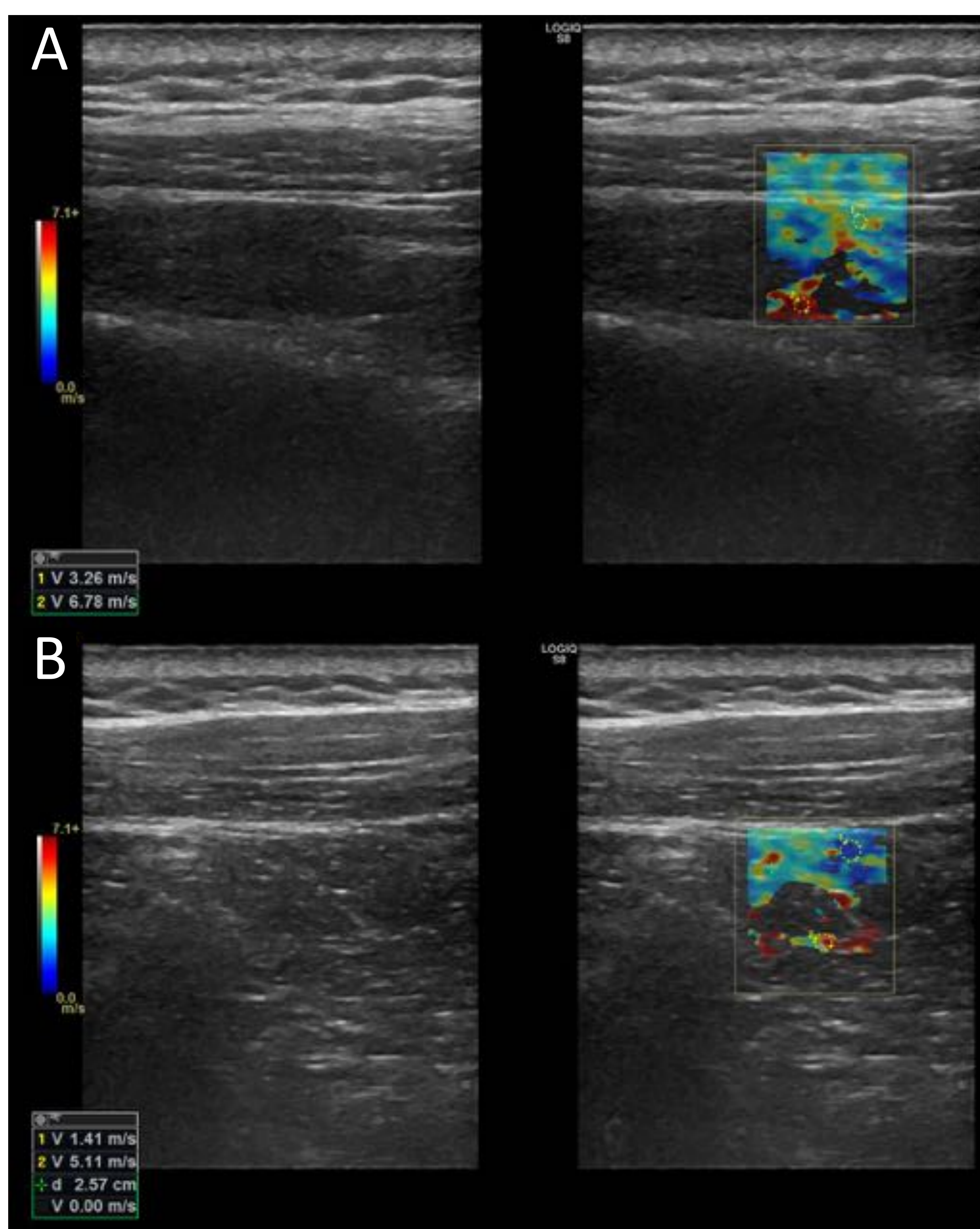




Lesión del manguito rotador

Arda et al realizaron un estudio de SWE que incluía el supraespinoso con **valores medios** de elasticidad en los planos longitudinal y transversal de **36,0 kPa \pm 13,0 (rango, 11–77 kPa) en hombres** y **29,1 kPa \pm 12,4 (rango, 6–90 kPa) en mujeres** [6].

Hay algunos estudios donde se valoró la rigidez del musculo supraespinoso con SWE a lo largo del eje largo de las fibras musculares, obteniendo **valores normales** de SWE del músculo supraespinoso **sano de 3,0 m/seg \pm 0,5**, que fue significativamente mayor que en los pacientes afectados de tendinopatía (**2,5 m/seg \pm 0,5**) [16].



Paciente mujer de 40 años con dolor en ambos hombros. En la ecografía convencional del **hombro derecho (B)** se identifica una articulación acromioclavicular con discreta disminución del espacio articular y formación de osteofitos marginales compatible con cambios degenerativos, así como rotura del espesor completo del supraespinoso e infraespinoso. Mientras en el **hombro izquierdo (A)** el tendón del supraespinoso e infraespinoso se encuentran engrosados con pérdida difusa de la ecogenicidad de sus fibras en relación con tendinosis.

Respecto al estudio cuantitativo de elastografía (SWE), se observan diferencias significativas, en el **lado derecho v: 1,4 m/s compatible con rotura**, en comparación con la **tendinosis del lado izquierdo con v: 3,2 m/s** (que podría considerarse casi normal).



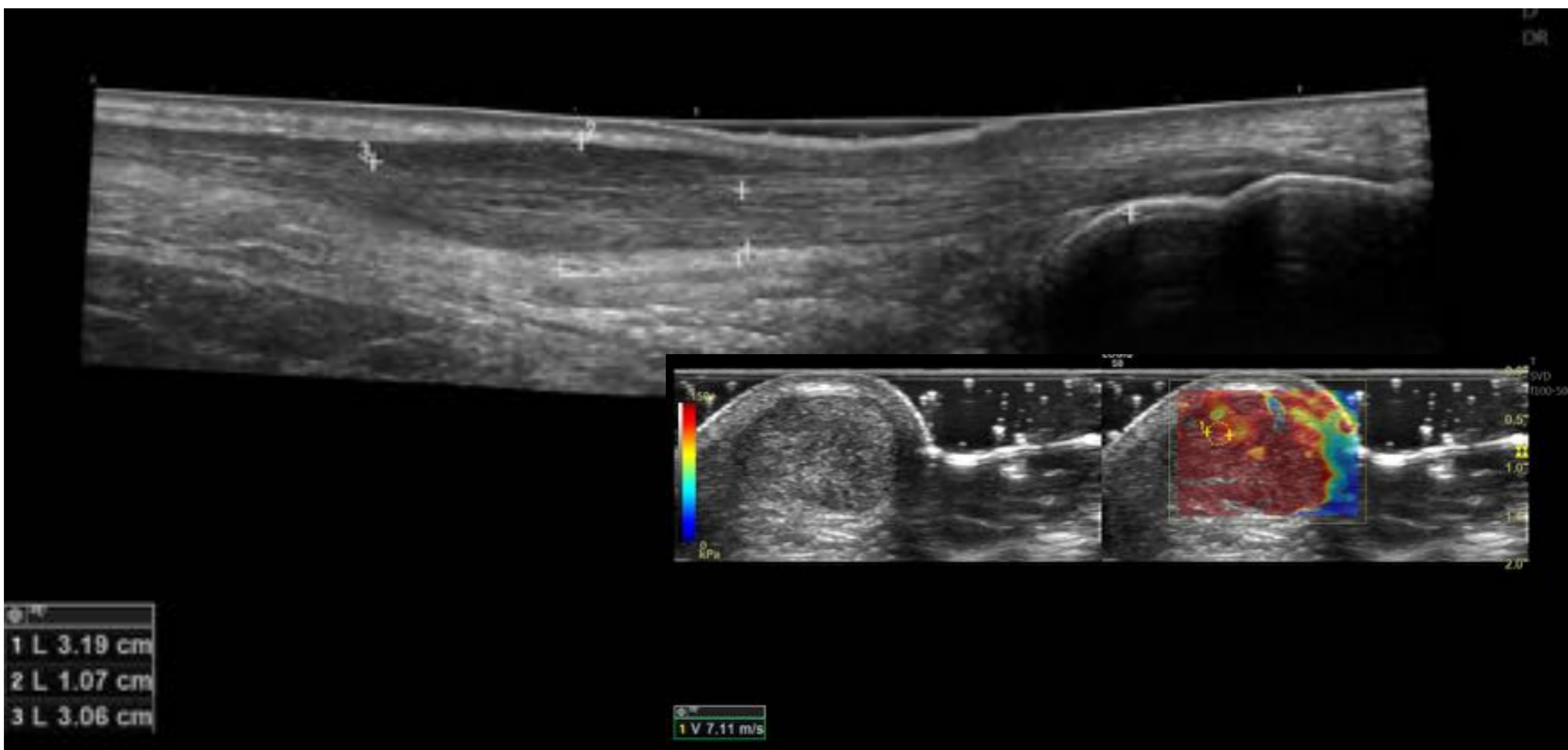


Lesión del tendón de Aquiles

Las medidas normales obtenidas mediante SWE y descritas en estudios recientes para el tendón de Aquiles fueron **98,8 kPa \pm 47,1 (rango, 8–242 kPa)** para el **plano longitudinal** en **hombres** y **62,5 kPa \pm 40,1 (rango, 6–176)** en mujeres, y **51,1 kPa \pm 23,8 (rango, 15–176 kPa)** para el **plano transversal** del tendón de Aquiles en **hombres** y **51,7 kPa \pm 25,7 (rango, 10-111 kPa)** en mujeres.

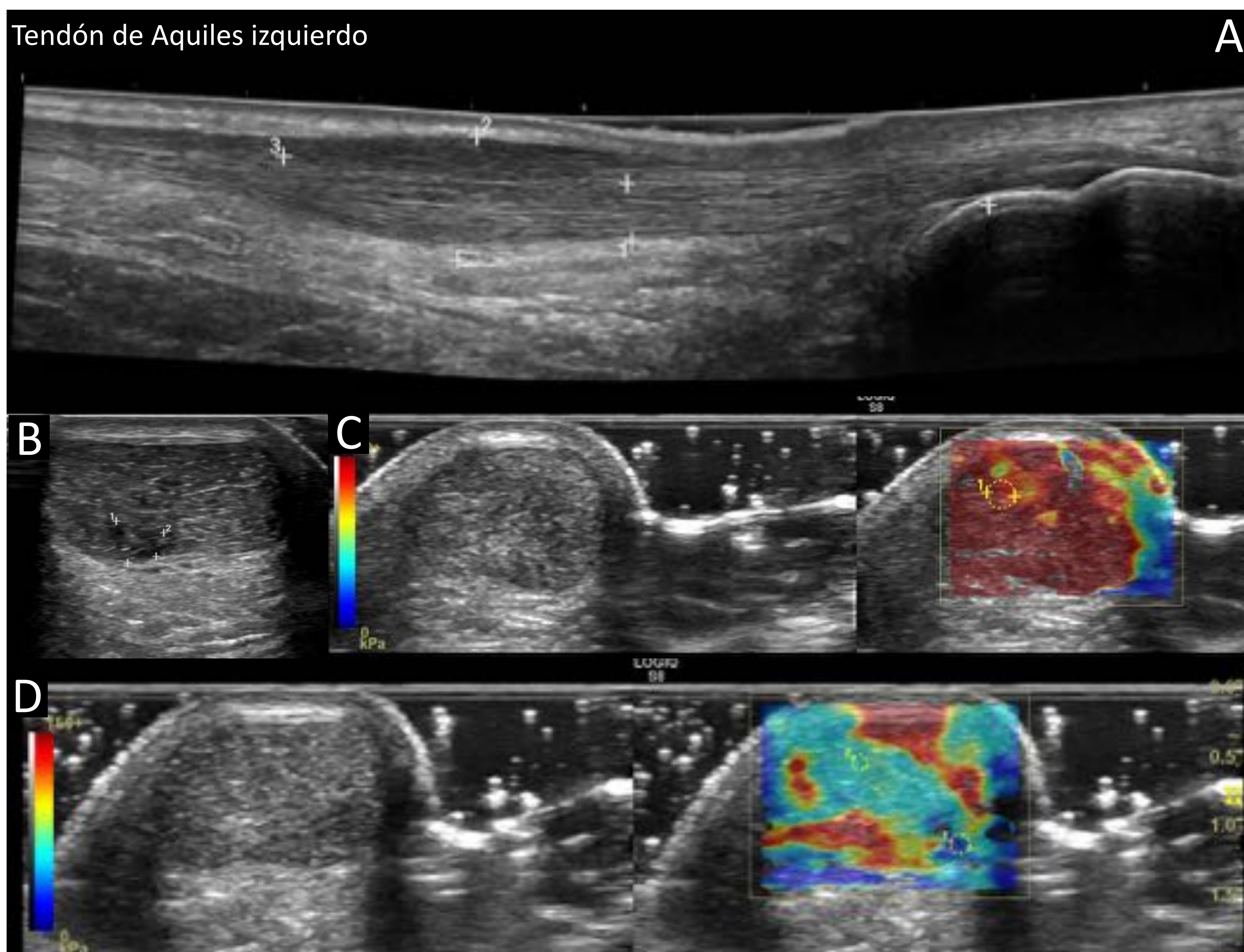
Varios autores refieren la importancia de las diferentes posturas (posición de reposo, flexión plantar, dorsiflexión) en la evaluación tanto del tendón normal como tendinosis, enfatizando la importancia tanto de la ubicación espacial como de la postura del tobillo con SWE para la evaluación de las propiedades viscoelásticas del tendón de Aquiles.

Aubry et al informaron que el tendón de Aquiles en sujetos con **tendinopatía** era significativamente **menos rígido que los tendones normales**. Mientras en un estudio de Chen et al los valores para Aquiles **normales fue de 291,91 kPa \pm 4,38** y para los **tendones de Aquiles rotos fue de 56,48 kPa \pm 68,59**.



Lesión tendinosa

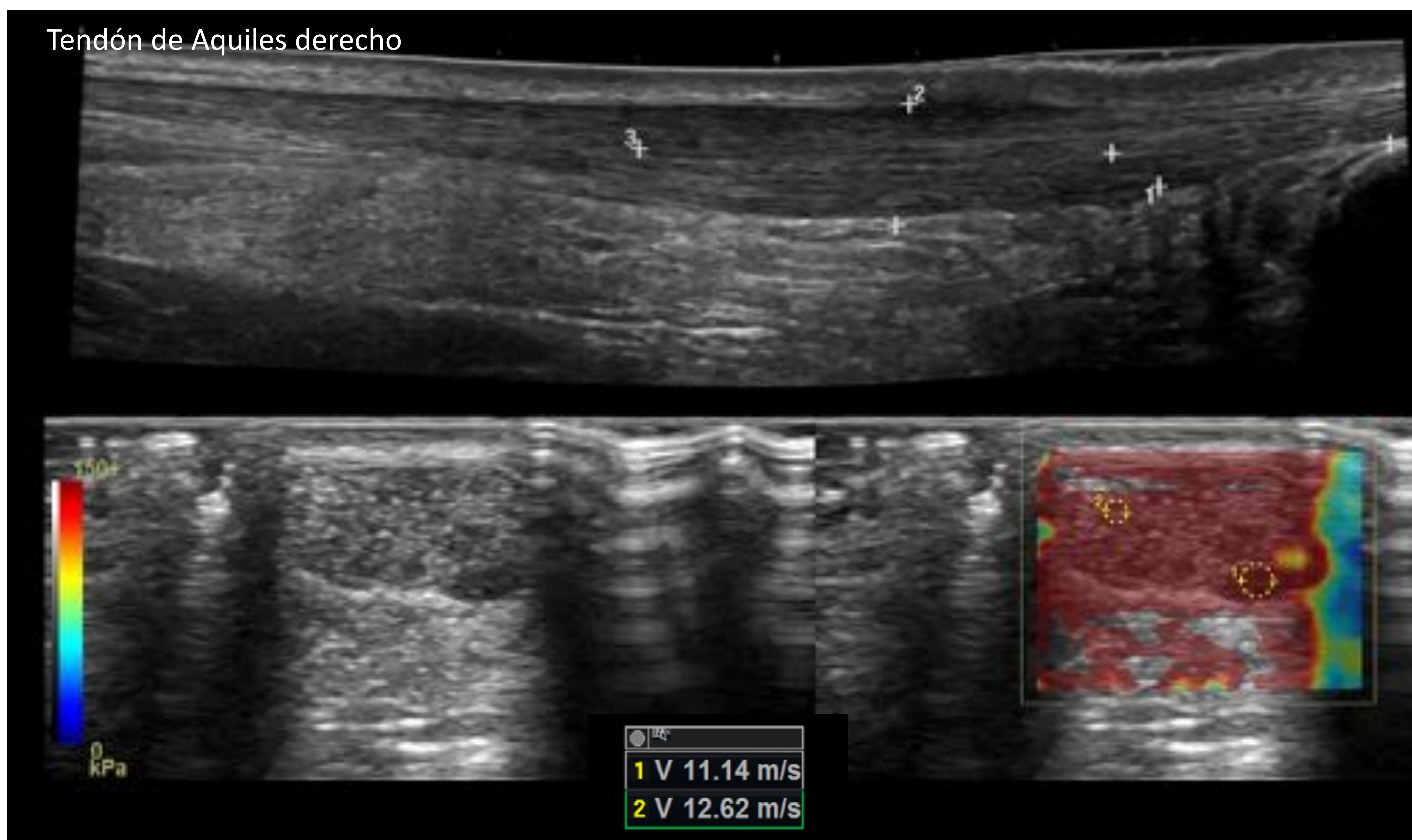
Tendón de Aquiles



Hombre de 40 años con dolor crónico de ambos tendones de Aquiles, de predominio izquierdo. Nótese el engrosamiento fusiforme del tendón de Aquiles izquierdo en el estudio ecográfico convencional (A) a 1,6 cm de su inserción en el margen posterior del calcáneo, presentando un diámetro de 1 cm con pérdida difusa de la ecogenicidad fibrilar en relación con tendinosis no insercional, además de pequeña rotura parcial intrasustancia de 4 mm x 3 mm (B). En la valoración por elastografía cuantitativa (SWE) destaca en la **región de tendinosis un valor intermedio/bajo de v : 7,11 m/s (50,55 kPa)** comparado con la región mas profunda donde se observa **rotura intrasustancia que se corresponde con valor muy disminuido v : 1,59 m/s (2,52 kPa)**.

Lesión tendinosa

Tendón de Aquiles



En el mismo paciente, el **tendón de Aquiles derecho** presenta como hallazgos al estudio de ecografía convencional un engrosamiento fusiforme a 1,6 cm de su inserción en el margen posterior del calcáneo, presentando un diámetro de 0,8 cm con pérdida difusa de la ecogenicidad fibrilar en relación con tendinosis no insercional. En el estudio por elastografía cuantitativa (SWE) destaca un **rango de valores v:11,14-12,62 (124-159 kPa)**, ligeramente disminuidos de manera comparativa en la zona de tendinosis.



Ventajas y limitaciones

Aunque es una técnica relativamente sencilla, es muy importante para su reproducibilidad saber hacerla correctamente, así como conocer muy bien sus ventajas y limitaciones.

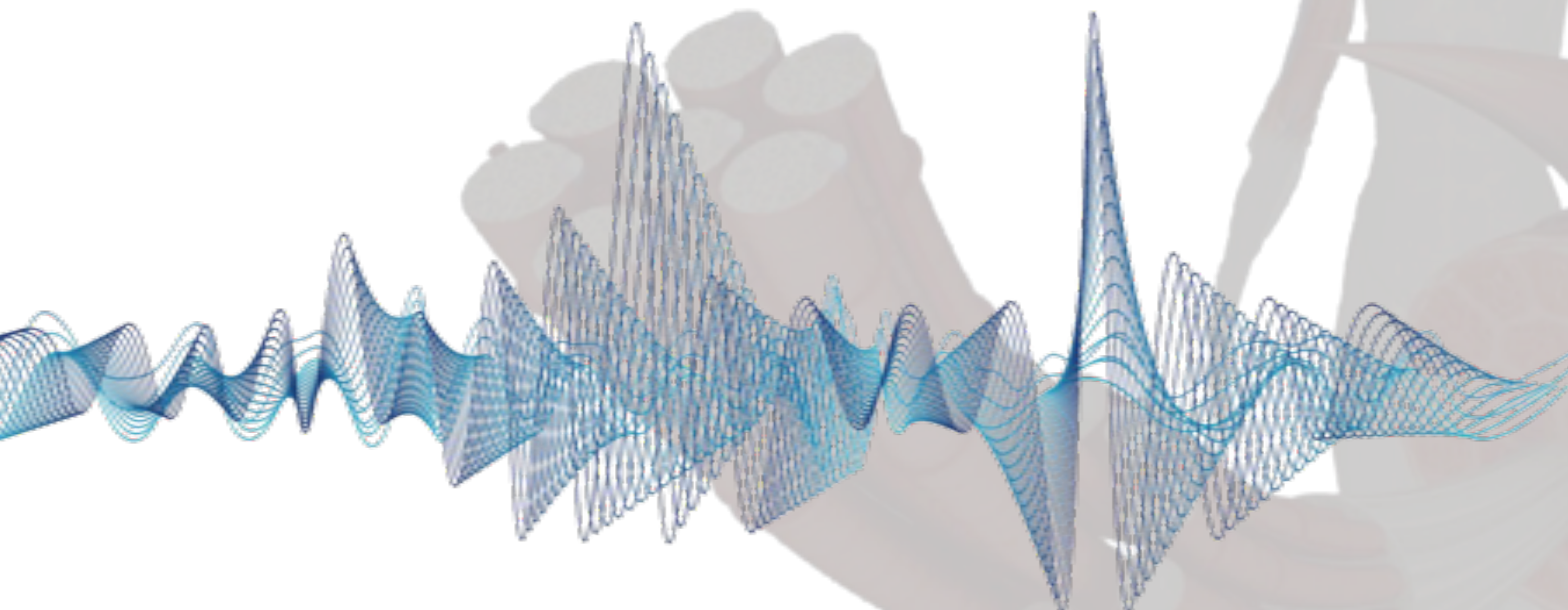
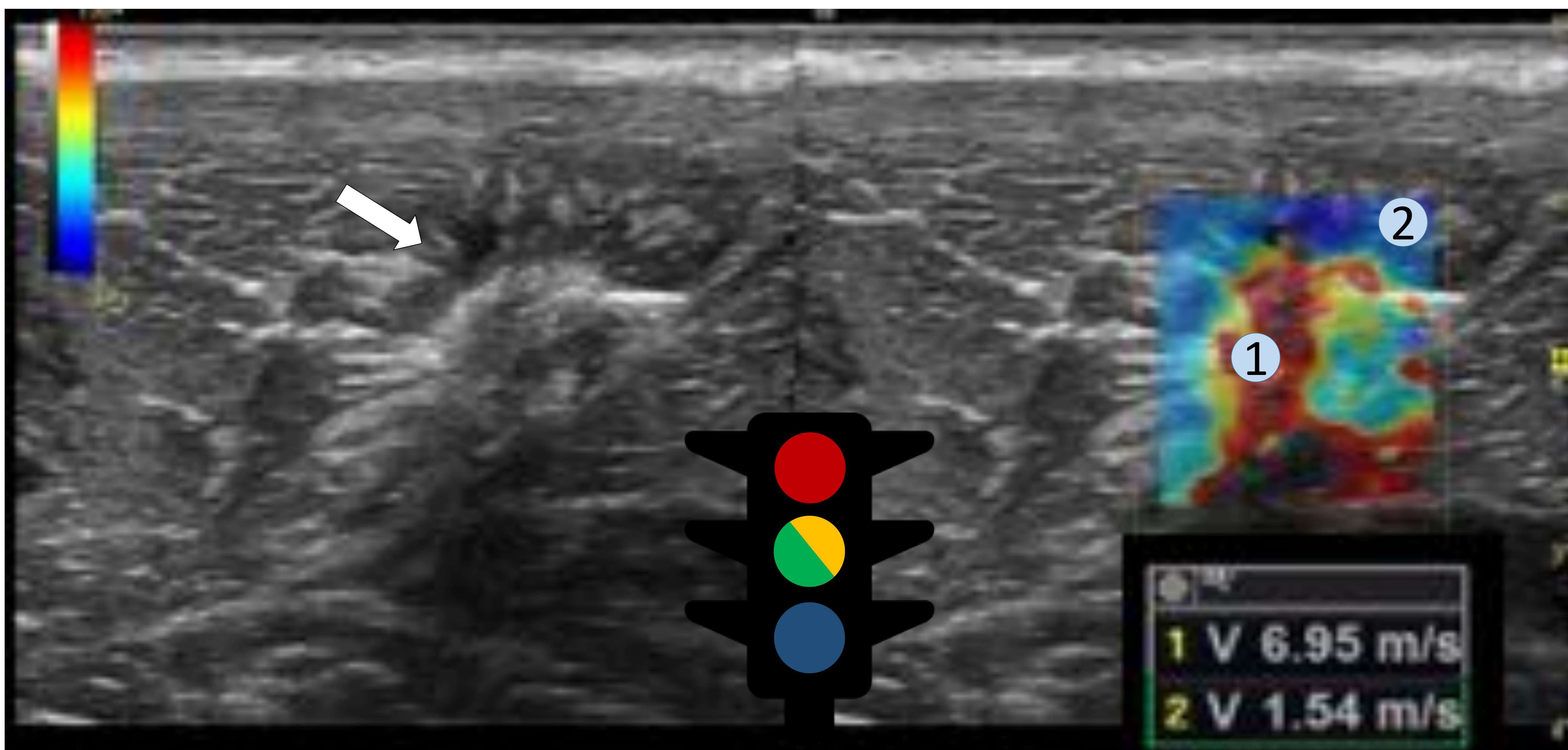
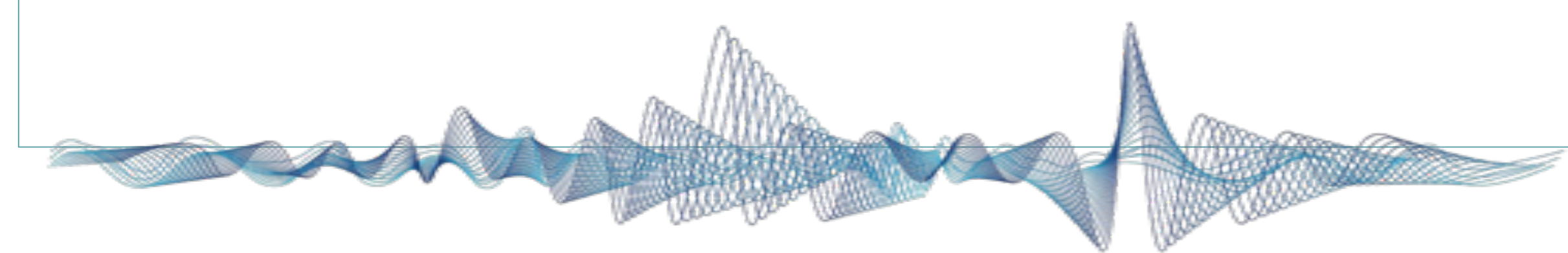
Ventajas	Limitaciones
ROIs cuantitativos (mas objetivos y reproducibles)	Profundidad de la penetración (mucho gel de acoplamiento 5mm)
Evaluación directa de elasticidad (sin compresión manual)	Forma y tamaño de ROIs (difiere de un equipo a otro)
Seguimiento/evolución de patología muscular (cambios leves/incipientes)	Tiempo de espera para adquisición (no permite evaluación dinámica)
	Sensible a presión y ángulo del transductor
	Operador dependiente
	Heterogeneidad del tejido muscular (difícil obtener valores de referencia)





Conclusiones

La elastografía musculoesquelética es una herramienta útil, que puede complementar la ecografía convencional permitiendo cuantificar las propiedades mecánicas y elásticas de los tejidos. Debemos saber utilizarla ya que puede ser especialmente útil en la valoración muy precoz o control evolutivo de la patología musculoesquelética, especialmente la lesión muscular.





Referencias

1. Krouskop TA, Dougherty DR, Vinson FS. A pulsed Doppler ultrasonic system for making noninvasive measurements of the mechanical properties of soft tissue. *J Rehabil Res Dev.* 1987 Spring;24(2):1-8. PMID: 3295197.
2. Lalitha P, Reddy MCh, Reddy KJ. Musculoskeletal applications of elastography: a pictorial essay of our initial experience. *Korean J Radiol.* 2011 May-Jun;12(3):365-75. doi: 10.3348/kjr.2011.12.3.365. Epub 2011 Apr 25. PMID: 21603296; PMCID: PMC3088854.
3. Arda K, Ciledag N, Aktas E, Aribas BK, Köse K. Quantitative assessment of normal soft-tissue elasticity using shear-wave ultrasound elastography. *AJR Am J Roentgenol* 2011;197(3):532–536. Crossref, Medline, Google Scholar
4. Klauser AS, Miyamoto H, Bellmann-Weiler R, Feuchtner GM, Wick MC, Jaschke WR. Sonoelastography: musculoskeletal applications. *Radiology* 2014;272(3):622–633. Link, Google Scholar
5. Drakonaki EE, Allen GM, Wilson DJ. Ultrasound elastography for musculoskeletal applications. *Br J Radiol* 2012;85(1019):1435–1445. Crossref, Medline, Google Scholar
6. Arda K, Ciledag N, Aktas E, Aribas BK, Köse K. Quantitative assessment of normal soft-tissue elasticity using shear-wave ultrasound elastography. *AJR Am J Roentgenol* 2011;197(3):532–536. Crossref, Medline, Google Scholar
7. DeWall RJ, Slane LC, Lee KS, Thelen DG. Spatial variations in Achilles tendon shear wave speed. *J Biomech* 2014;47(11):2685–2692. Crossref, Medline, Google Scholar
8. Shinohara M, Sabra K, Gennisson JL, Fink M, Tanter M. Real-time visualization of muscle stiffness distribution with ultrasound shear wave imaging during muscle contraction. *Muscle Nerve* 2010;42(3):438–441. Crossref, Medline, Google Scholar
9. Wang CZ, Li TJ, Zheng YP. Shear modulus estimation on vastus intermedius of elderly and young females over the entire range of isometric contraction. *PLoS One* 2014;9(7):e101769. Crossref, Medline, Google Scholar
10. Kantarci F, Ustabasioglu FE, Delil S, et al. Median nerve stiffness measurement by shear wave elastography: a potential sonographic method in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *Eur Radiol* 2014; 24(2):434–440. Crossref, Medline, Google Scholar
11. Palmeri ML, Dahl JJ, MacLeod DB, Grant SA, Nightingale KR. On the feasibility of imaging peripheral nerves using acoustic radiation force impulse imaging. *Ultrason Imaging* 2009;31(3):172–182. Crossref, Medline, Google Scholar
12. Shen ZL, Vince DG, Li ZM. In vivo study of transverse carpal ligament stiffness using acoustic radiation force impulse (ARFI) imaging. *PLoS One* 2013;8(7):e68569. Crossref, Medline, Google Scholar
13. Mhanna C, Marquardt TL, Li ZM. Adaptation of the transverse carpal ligament associated with repetitive hand use in pianists. *PLoS One* 2016;11(3):e0150174. Google Scholar
14. Bercoff J, Tanter M, Fink M. Supersonic shear imaging: a new technique for soft tissue elasticity mapping. *IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control* 2004;51(4):396–409. Crossref, Medline, Google Scholar
15. Li Y, Snedeker JG. Elastography: modality-specific approaches, clinical applications, and research horizons. *Skeletal Radiol* 2011;40(4): 389–397. Crossref, Medline, Google Scholar
16. Roskopf AB, Ehrmann C, Buck FM, Gerber C, Flück M, Pfirrmann CW. Quantitative shear-wave US elastography of the supraspinatus muscle: reliability of the method and relation to tendon integrity and muscle quality. *Radiology* 2016;278(2):465–474. Link, Google Scholar

