

Avances técnicos aplicados a la ecografía musculoesquelética de la lesión deportiva

JOSÉ FERNANDO JIMÉNEZ DÍAZ^a, GUILLERMO ÁLVAREZ REY^b, RAMON BALIUS MATAS^{c,d}
Y JOSÉ GERARDO VILLA VICENTE^e

^aCátedra de Traumatología del Deporte, UCAM. Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Castilla-La Mancha. Toledo. España.

^bUniversidad de Málaga. Málaga. España.

^cConsell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Barcelona. España.

^dClínica Fiatc. Barcelona. España.

^eUniversidad de León. León. España.

RESUMEN

Métodos: Se comparan dos equipos portátiles de ultrasonografía de alta definición (E-A y E-B). Uno de ellos (E-B) integra en su sistema la imagen armónica, la ecografía compuesta en tiempo real, la visión panorámica, la imagen en 3D y el convex virtual. Se comparan 5 tipos de lesiones: contusión muscular, lesión muscular intrínseca, tendinosis rotuliana, tendinosis calcificante del tendón rotuliano y rotura parcial del ligamento lateral interno de la rodilla. Criterios de valoración: grado de ecogenicidad, tamaño del área de lesión, aspecto, forma, bordes, visualización global.

Resultados: Contusión muscular: con el E-B se visualizan más las zonas anecoicas e hipoeoicas. Lesión muscular intrínseca: con el E-B se detecta el área hipoeoica de rotura 4 semanas después de la lesión y se observan vasos sanguíneos en este territorio. Tendinosis rotuliana: con el E-B se reduce el efecto anisotrópico y mejoran la definición y los límites de lesión. Tendinosis calcificante del tendón rotuliano: el sistema 3D del E-B permite una mejor valoración de la disposición de la calcificación. Rotura parcial del ligamento lateral interno de la rodilla: con el E-B se localiza tejido fibroso de reparación en el fascículo profundo del ligamento.

Conclusiones: Los nuevos sistemas integrados en los equipos de ultrasonografía portátil mejoran la visualización de los tejidos lesionados. En las lesiones musculares se incrementa la definición de las áreas de sangrado y de su contenido. En las lesiones musculares por distracción, se prolonga en el tiempo de visualización de la lesión y la hipervascularización. En las lesiones tendinosas se delimitan mejor los bordes de degeneración tendinosa y su extensión lesional. El sistema 3D define con gran exactitud la invasión del depósito cálcico del interior de las fibras tendinosas. En la lesión del ligamento se visualizan las zonas cicatriciales.

PALABRAS CLAVE: Lesión deportiva. Ecografía. Parámetros de imagen lesional.

ABSTRACT

Methods: Two high-definition portable ultrasound devices (U-A and U-B) were compared. One of these devices (U-B) includes harmonic imaging, real-time compound ultrasound imaging, panoramic view, 3D and virtual convex imaging. Five types of lesions were compared: muscle contusions, muscle strain, patellar tendinosis, calcific patellar tendinosis, and partial rupture of the internal lateral ligament of the knee. The evaluation criteria were echogenicity, lesion size, appearance, form, borders, and overall visualization.

Results: Muscle contusion: visualization of anechoic and hypoechoic areas was better with U-B. Muscle strain: U-B was able to show an area of hypoechogenicity in a rupture 4 weeks after the lesion occurred, as well as blood vessels in the area. Patellar tendinosis: U-B reduced the anisotropic effect and improved definition of the lesion and its borders. Calcific patellar tendinosis: the 3D system of the U-B device allowed better evaluation of the calcification pattern. Partial rupture of the internal lateral ligament of the knee: with U-B, fibrous repair tissue was identified in the deep fasciculus of the ligament.

Conclusions: The new systems integrated into portable ultrasound devices improve visualization of injured tissue. In muscle lesions, definition of areas of bleeding and their contents is improved. In torn muscles, visualization of the injury and hypervascularization is prolonged. In tendon injuries, the size of the lesion and the borders of tendon degeneration are better delineated. The 3D system is able to define calcific deposits inside the tendon fibers with high precision. Scar areas can be seen in ligament lesions.

KEY WORDS: Sport injury. Ultrasound. Injury image parameters.

Correspondencia: Dr. José Fernando Jiménez Díaz. Campus Tecnológico. Avda. Carlos III, s/n. 45071 Toledo. España.
Correo electrónico: josefernando.jimenez@uclm.es

INTRODUCCIÓN

La utilización de la ecografía en el estudio del sistema musculoesquelético es una realidad tal, que la precisión en el diagnóstico de lesiones que afectan a estos tejidos blandos requiere la utilización de técnicas de imagen aplicadas a la ultrasonografía cada vez más sensibles. Entre estos sistemas cabe resaltar la utilidad de la imagen armónica o THI (*tissue harmonic image*), que permite mejorar ampliamente la calidad de las imágenes obtenidas en el estudio de los músculos, de los tendones y de los ligamentos. Estas señales armónicas pueden alcanzar diferentes lugares anatómicos con impedancias similares y así producir un mayor contraste de resolución, especialmente en la superficie del tendón y de la articulación. Estudios recientes comparan la visibilidad entre el armónico y el ultrasonido convencional, demostrando que el THI supera en el diagnóstico de lesiones de hombro como las que afectan al tendón subescapular^{1,2}.

Otra aplicación incluida en los nuevos equipos compactos es la técnica de imagen ampliada, que permite obtener una visión panorámica de los tejidos, muy útil en el caso de lesiones muy amplias, como las que afectan al aparato extensor de la rodilla o a grupos musculares³. Finalmente, la inclusión de un sistema de ecografía compuesta en tiempo real que aumenta notablemente la resolución lateral de la imagen (sistema Compound) mejora la capacidad de estos aparatos compactos, especialmente en las lesiones que afectan a los planos más profundos⁴.

Con el objetivo permanente de mejorar la precisión y el rigor en el diagnóstico, en la evolución y en el tratamiento de las lesiones musculoesqueléticas, especialmente en el ámbito del deporte profesional, es imprescindible la introducción de nuevas aplicaciones tecnológicas de la ultrasonografía para que, con carácter portátil, el paciente pueda en todo momento y lugar (imprescindible en el ámbito de traumatología del deporte) ser valorado con la precisión y la sensibilidad diagnóstica que su proceso lesional requiera. En resumen, se trata de mejorar las ventajas ya conocidas de la sonografía como son la accesibilidad, el bajo coste, la capacidad multiplanar, la posibilidad de realizar una exploración dinámica en tiempo real y la opción de realizar un estudio comparativo con la extremidad contralateral sana.

OBJETIVOS

Comparar el estudio ecográfico de diferentes lesiones de tejidos blandos mediante las imágenes obtenidas con un equipo

portátil de ultrasonografía, implantado desde hace un año en el mercado, con otro equipo compacto de reciente aparición que aporta como novedades tecnológicas la inclusión de imagen armónica, sistema de ecografía compuesta en tiempo real, sistema de visión panorámica, imagen en 3 dimensiones o 3D y, finalmente, sistema de convex virtual. Con este estudio se pretende analizar si las diferentes prestaciones conllevan diferencias en la eficacia y la sensibilidad de estos sistemas aplicados al diagnóstico y al seguimiento evolutivo de las lesiones musculoesqueléticas mediante la ecografía portátil, en el mundo de la traumatología del deporte.

MATERIAL Y MÉTODOS

En este trabajo se compara la visualización de tejidos blandos con 2 equipos portátiles de ecografía y se describen las diferencias en las imágenes obtenidas con cada uno de estos sistemas.

El equipo convencional de ultrasonidos A, que llamamos E-A, es un dispositivo portátil de ecografía controlado por software y utiliza un sistema completamente digital. Dicho equipo permite obtener y visualizar imágenes ecográficas de alta resolución en tiempo real, bidimensionales, que integran Doppler de potencia color, Doppler color, Doppler en modo M, Doppler pulsado y Doppler continuo. Para ello utiliza un transductor lineal multifrecuencia de 6 a 13 megahertzios de 25 mm que produce una resolución en plano de 200 μm por 450 μm y sección de un grosor de 0,5-1 mm. La resolución espacial del ultrasonido excede a la obtenida con resonancia magnética.

La introducción del Power Doppler o Doppler energía y la utilización conjunta del Doppler pulsado permite captar flujos de muy baja velocidad en tendones normales de individuos asintomáticos⁵. Por otra parte, en tendinopatías dolorosas se obtienen importantes hallazgos que van a permitir una correlación con las imágenes obtenidas por resonancia magnética². El otro equipo utilizado para este trabajo, al que llamamos E-B, es un aparato compacto incorporado al mercado en agosto de 2006 y que posee varias mejoras técnicas sobre el equipo convencional anteriormente citado.

Quizá su aplicación técnica más relevante es el THI, que emplea transductores que emiten a 7,5 MHz y recogen la información con el doble de frecuencia (14 MHz), permitiendo realizar exploraciones a mayor profundidad pero con una resolución mucho mayor. Además, permite aumentar la definición de la imagen y reducir el ruido, alcanzando un efecto superior en las interfases. Finalmente, con la utilización del THI se re-

ducen la mayoría de los artefactos que se producen con otros equipos, como la reverberación, y mejora la relación ruido-senal. La eficacia ha quedado demostrada en otras especialidades, como en cardiología⁶, y en la exploración del abdomen, de la mama y de los vasos⁷⁻¹¹.

Este equipo E-B incluye otra novedad en exclusiva respecto a otros equipos portátiles: la técnica de visión panorámica. Con ella se obtiene una imagen resultante de un barrido de longitud superior al tamaño de la sonda, en el cual los puntos mantienen la distancia relativa. De esta forma se pueden visualizar en una pantalla áreas de exploración de hasta 60 cm con muy buena resolución espacial. Por ejemplo, se pueden obtener imágenes de toda la longitud del aparato extensor de la rodilla, del tendón de Aquiles o de los músculos de la pantorrilla³.

Otra novedad técnica que incluye el equipo E-B es la ecografía compuesta en tiempo real (Compound), que es una imagen compuesta que se produce al enviar haces de ultrasonidos desde varios ángulos, aumentando la resolución lateral de la imagen^{2,4,11}.

La imagen en 3D es otra innovación técnica dentro de un equipo portátil. En ella se realiza un barrido transversal con acumulación de imágenes sucesivas que forman un cubo o volumen de imagen ecográfica, en el que posteriormente se puede entrar y visualizar cualquier plano y estructura¹².

Finalmente, el equipo E-B dispone de un sistema convex virtual. Con esta técnica se origina una imagen en la que los cristales de una sonda lineal emiten en abanico controlados electrónicamente, aumentando hasta en un 40% el campo de visión y facilitando la exploración^{13,14}.

Con el objeto de analizar las imágenes obtenidas con estos 2 equipos, las exploraciones fueron realizadas por el mismo técnico (médico especialista), con más de 8 años de experiencia en ultrasonografía, siguiendo el protocolo que se describe a continuación. Tras realizar la anamnesis y la exploración física del paciente lesionado, inicialmente se hace la palpación anatómica para identificar, localizar y marcar puntos y zonas lesionales con un lápiz dermatográfico. Más tarde, con el transductor del equipo E-A se hace un barrido sobre el área lesional, localizando y guardando la imagen patológica. Posteriormente se marca el punto medio y los extremos del transductor de E-A, en la posición de captura de imágenes. A continuación se repite la exploración con el otro equipo (E-B), de forma que el centro del transductor de E-B coincida con el punto medio marcado con la sonda del E-A. De esta forma se consigue realizar la exploración situando la sonda de ambos equipos ecográficos en el mismo punto anatómico, sin que el paciente haya modificado la posición del miembro o de la zona lesional.

A fin de poder unificar los criterios de valoración de la imagen, en el presente trabajo, atendiendo a los criterios clásicos de estudios ecográficos¹⁵, se han propuesto unos indicadores y parámetros cuantitativos de calidad ecográfica en la zona de la lesión, que son los siguientes:

– *Grado de ecogenicidad*. La imagen se considera hiperecoica (de 1 a 3 puntos), hipoeicoica (de 1 a 3 puntos) o anecoica (de 1 a 3 puntos).

– *Tamaño del área de la lesión*. Debido a la distribución irregular de algunas lesiones, simplemente se considerará de mayor, menor o similar tamaño.

– *Aspecto*. Se considera de tipo homoeicoico o heteroeicoico, según la zona de la lesión tenga o no un carácter homogéneo.

– *Forma*. La zona de la lesión puede ser, en cuanto a su forma, lineal, oval, fusiforme, lobulada o finalmente irregular, cuando no tiene una forma concreta.

– *Bordes*. La mejor o peor visualización de los bordes que delimitan la lesión puede ser cuantificada (de 1 a 3 puntos).

– *Visualización global*. La definición global de la imagen lesional estudiada se cuantifica de 1 a 3 puntos.

Finalmente, para efectuar el estudio comparativo de las imágenes obtenidas con ambos equipos de ecografía (E-A y E-B), metodológicamente se ha procedido a la valoración de 3 tipos de tejido blando (músculo, tendón y ligamento), considerando los aspectos ecográficos específicos que se exponen a continuación:

Ecografía del músculo

Zona de estudio. En la lesión traumática se ha elegido la zona de contusión donde se producía el fenómeno de ecopalmación positiva (área dolorosa a la presión con el transductor) delimitando el área concreta de la lesión, a partir del territorio más amplio de desestructuración^{16,17}.

Proyecciones para realizar. Se realizan cortes longitudinales, transversos y a veces oblicuos en la zona lesional, colocando la sonda completamente perpendicular a la superficie muscular.

Ecografía del tendón

El estudio se lleva a cabo con transductores de alta frecuencia que permiten valorar en cortes longitudinales las fibras de colágeno que le dan el aspecto de haces paralelos hipoeicoicos y homogéneos separados por espacios hipereicoicos, que se mezclan de forma sinusoidal y que corresponden a interdigitaciones de tejido conjuntivo por donde pasan los vasos formando el endotendón^{18,19}.

En el corte transversal aparece un patrón moteado fino con alternancia de zonas puntiformes hipo e hiperecoicas, de predominio altamente refringente o ecoico y de morfología redondeada u oval^{20,21}.

Ecografía del ligamento

Los ligamentos tienen un aspecto similar a los tendones, es decir, presentan un aspecto hiperecoico, pero más heterogéneo debido al mayor entrecruzamiento de sus fibras de colágeno^{22,23}.

RESULTADOS

Para demostrar la mejor calidad de imagen que supone la inclusión de nuevas tecnologías en los equipos portátiles y a fin de realizar un análisis diferencial comparativo, en este trabajo se han utilizado imágenes ecográficas obtenidas en 5 diferentes lesiones que afectan a tejidos blandos (músculo, tendón y ligamento).

Contusión muscular

Se explora una lesión por contusión de 5 días de evolución que afecta al músculo gastrocnemio interno. Las imágenes de-

muestran que no hay afectación del tejido celular subcutáneo y que el daño fibrilar se manifiesta por el aumento generalizado de la ecogenicidad debido a la presencia de edema y por la formación de una o varias cavidades de contenido anecoico y bordes irregulares. Estas cavidades están ocupadas por imágenes hiperecoicas en su interior, que corresponden a zonas de desorganización en la estructura muscular y a pequeños hematomas asociados²⁴.

Utilizando el equipo E-A, mediante corte transversal sobre el músculo contusionado se observa (fig. 1A) la imagen de predominio hiperecoico y en su interior la zona oval hipoeicoica con mala delimitación de los bordes y con mala definición del contenido, lo que la hace compatible con un lesión muscular por mecanismo extrínseco. La imagen del equipo E-B presenta también un aspecto hiperecoico, si bien la zona oval hipoeicoica/aneicoica presenta bordes muy bien marcados y se observa con detalle que en el interior existe un contenido heteroeicoico que corresponde a las zonas de reabsorción del hematoma (fig. 1B). Todos estos signos permiten el diagnóstico preciso de la lesión muscular extrínseca.

Los resultados del análisis comparativo de las imágenes obtenidas con los indicadores y parámetros cuantitativos propuestos de calidad de imagen lesional se exponen en la tabla I.

Figura 1

A) En el corte transversal con E-A se observan imágenes hipoeicoicas en el vientre del músculo gastrocnemio interno. B) En el mismo corte, con el equipo E-B se delimita exactamente la zona lesionada del área muscular indemne que lo rodea.

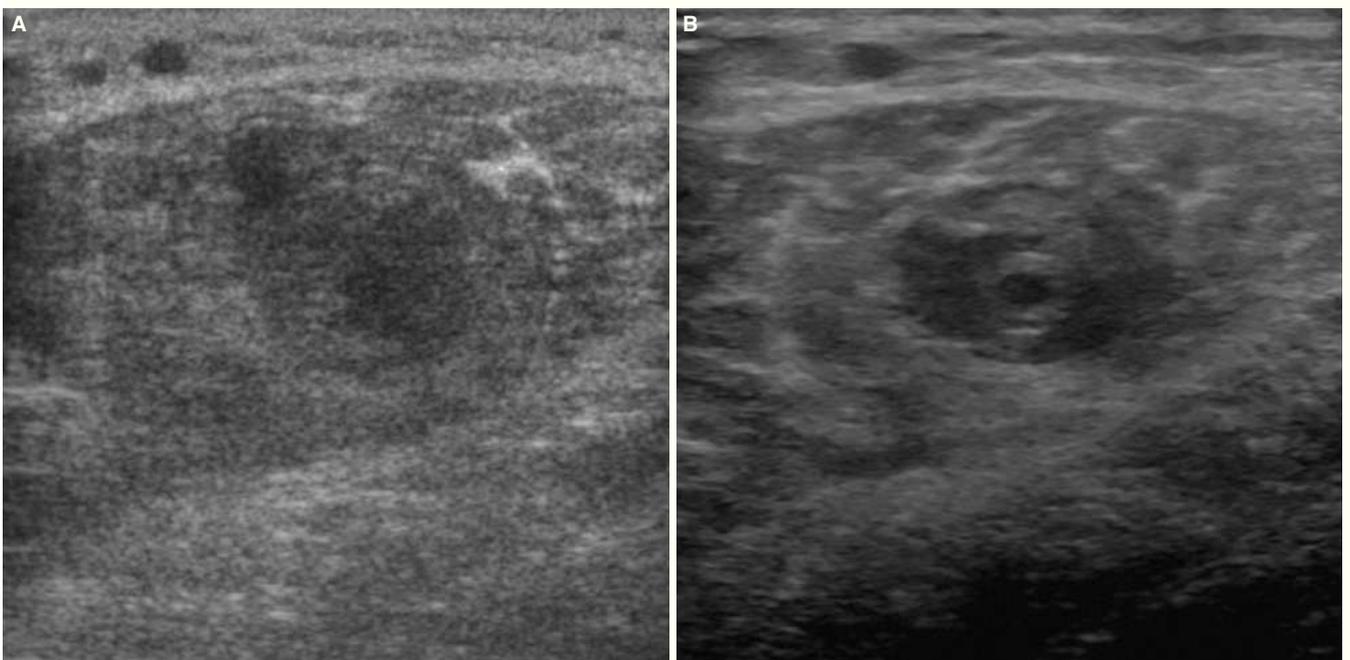


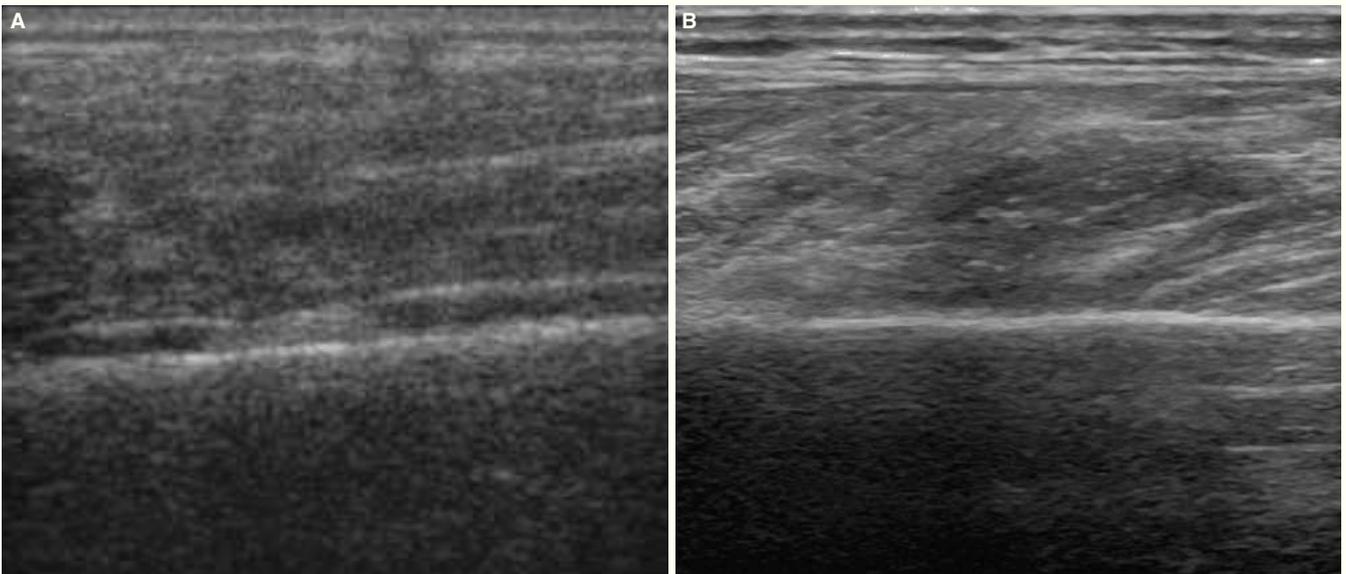
Tabla I

Indicadores y parámetros cuantitativos de calidad de imagen lesional en una contusión muscular de 5 días de evolución, estudiada con ambos equipos. En el E-B destaca la presencia de zonas anecoicas e hipoecoicas no visualizables con el E-A

Equipo	Hipereco	Hipoeco	Anecoico	Tamaño	Aspecto	Forma	Bordes	Visualización global
E-A	No	+	No	Similar	Heteroeoico	Oval	+	+
E-B	No	++	++	Similar	Heteroeoico	Oval	+++	+++

Figura 2

A) Aspecto fibrilar normal en un corte longitudinal del músculo gastrocnemio externo sobre el peroné en una imagen de E-A. B) En un corte longitudinal con E-B se observa el área hipoecoica en el vientre del gemelo externo.



Lesión muscular intrínseca

Los traumatismos intrínsecos del músculo son lesiones por distensión, secundarias a movimientos violentos, donde se produce una brusca tensión de los grupos musculares. La elasticidad del músculo puede ser superada durante una activación muscular excéntrica, lo que puede originar diferentes tipos de rotura fibrilar²⁵⁻²⁸. En este caso comparamos una rotura fibrilar parcial de 4 semanas de evolución –y, por tanto, en fase de resolución– que afecta a la inserción proximal del músculo gastrocnemio externo.

Utilizando el equipo E-A, en un corte longitudinal sobre el músculo gemelo externo a la altura del tercio superior (fig. 2A) se observa la referencia ósea que corresponde a la cortical del peroné, y en un plano superior no se aprecia discontinuidad focal de las fibras ni la presencia de un hematoma intramuscular, debido posiblemente al prolongado tiempo de evolución (1 mes). Por el contrario, con E-B se aprecia una zona hipoecoica en el vientre muscular del gemelo ex-

terno (fig. 2B), de aspecto irregular y lineal no visualizable con el E-A, lo cual facilita la confirmación ecográfica de la sospecha clínica.

En la tabla II se comparan los indicadores de calidad con ambos equipos.

Tendinosis rotuliana

Este paciente refería dolor relacionado con el esfuerzo durante el ejercicio de carrera y salto desde hacía 3 semanas. Con el equipo E-A se observa una mínima predominancia hipoecoica en la unión hueso-tendón (fig. 3A); sin embargo, con el equipo E-B y ampliando la imagen se aprecia un claro predominio hipoecoico, lo que permite confirmar el diagnóstico de tendinosis degenerativa (fig. 3B)^{29,30}.

Los resultados del análisis comparativo de las imágenes obtenidas con los indicadores y parámetros cuantitativos de calidad de imagen lesional se exponen en la tabla III.

Tabla II Indicadores y parámetros cuantitativos de calidad de imagen lesional de una rotura fibrilar de 4 semanas de evolución, estudiada con ambos equipos

Equipo	Hipereco	Hipoeco	Anecoico	Tamaño	Aspecto	Forma	Bordes	Visualización global
E-A	No	No	No	Incuantificable	Homoecoico	No visible	No	No
E-B	No	++	No	Cuantificable	Heteroecoico	Lineal	+	++

Figura 3 A) La observación en corte longitudinal permite con el equipo E-A observar una zona hipoecoica de pequeño tamaño en la unión del tendón rotuliano al polo inferior de la rótula. B) En el mismo corte con el equipo E-B la zona hipoecoica afecta a los dos tercios superiores del tendón rotuliano.

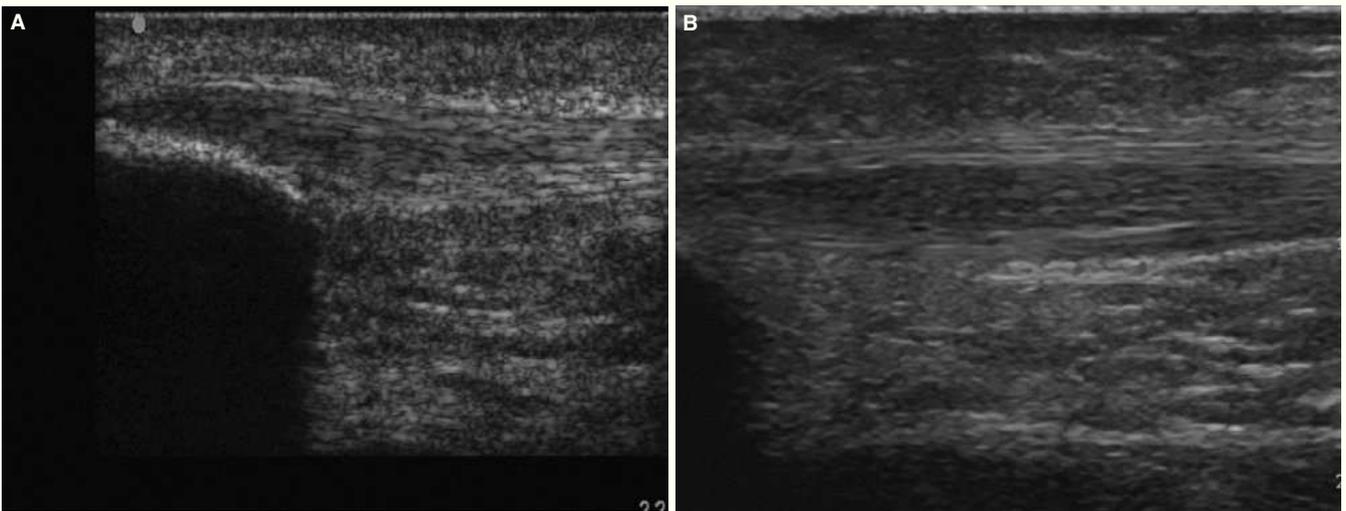


Tabla III Indicadores y parámetros cuantitativos de calidad de imagen de una tendinosis rotuliana. En el E-B destaca la presencia de una zona hipoecoica amplia apenas visualizable con el E-A

Equipo	Hipereco	Hipoeco	Anecoico	Tamaño	Aspecto	Forma	Bordes	Visualización global
E-A	No	+	No	Menor	Homoecoico	Lineal	No	+
E-B	No	+++	No	Mayor	Heteroecoico	Lineal	++	+++

Pero la aplicación de visión panorámica del equipo E-B nos permite precisar la amplitud de la lesión, confirmando que ésta ocupa los dos tercios proximales del tendón rotuliano (fig. 4).

Tendinosis calcificante del rotuliano

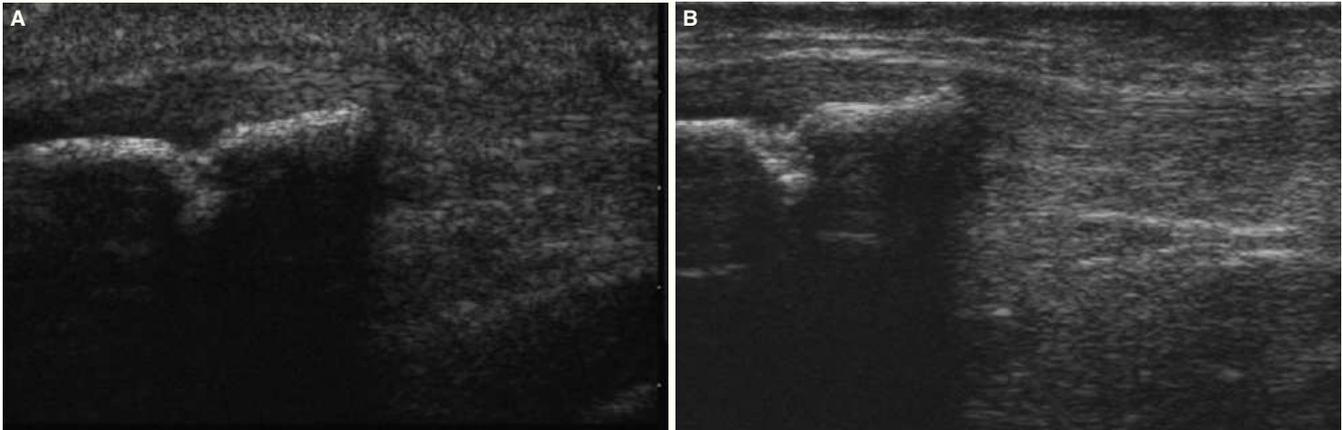
Este paciente presentaba dolor rotuliano crónico en relación con el ejercicio físico desde hacía varios años. El estudio longitudinal realizado con ambos equipos (E-A y E-B) permite observar una gran calcificación que invade la porción proximal del tendón³¹⁻³⁴. Dicha calcificación produce una sombra

Figura 4 La zona hipoecoica queda ampliamente delimitada en los dos tercios superiores del tendón rotuliano utilizando el equipo E-B en un corte longitudinal panorámico.



Figura 5

A) y B) La calcificación es fácilmente visualizable con ambos equipos, y se comprueba la sombra acústica posterior.



acústica posterior (fig. 5A) visualizable de modo similar con ambos equipos (fig. 5B), aunque con el equipo E-B se observa la presencia de una zona hipoeoica amplia, próxima a la calcificación. Además, el E-B permite el estudio en 3D (fig. 6).

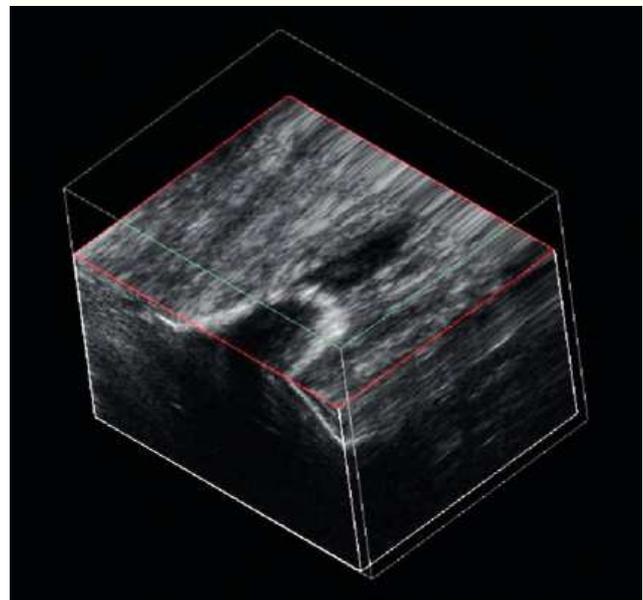
Los resultados del análisis comparativo de las imágenes obtenidas con los indicadores y parámetros cuantitativos propuestos de calidad de imagen lesional se exponen en la tabla IV.

Ligamento lateral interno de la rodilla

La rotura parcial reciente de las fibras del ligamento lateral de la rodilla (esguince de grado II) origina dolor intenso e incapacidad para conseguir la extensión articular completa. Pero cuando se trata –como en este caso– de una rotura ligamentosa producida 3 meses antes de la exploración, la sintomatología desaparece. Mediante exploración ecográfica, el equipo E-A permite valorar la integridad de los 2 fascículos del ligamento (fig. 7A) aunque detecta una pequeña imagen hipoeoica en un área del fascículo profundo^{22,35,36}. Sin embargo, la exploración con el E-B permite observar una amplia zona hipoeoica de aspecto heterogéneo en el fascículo profundo del ligamento lateral interno, justo por encima de la cortical del cóndilo femoral. (fig. 7B)

Figura 6

La imagen en 3 dimensiones del equipo E-B se obtiene mediante un barrido transversal con acumulación de imágenes sucesivas que permiten observar la calcificación en todos los planos.

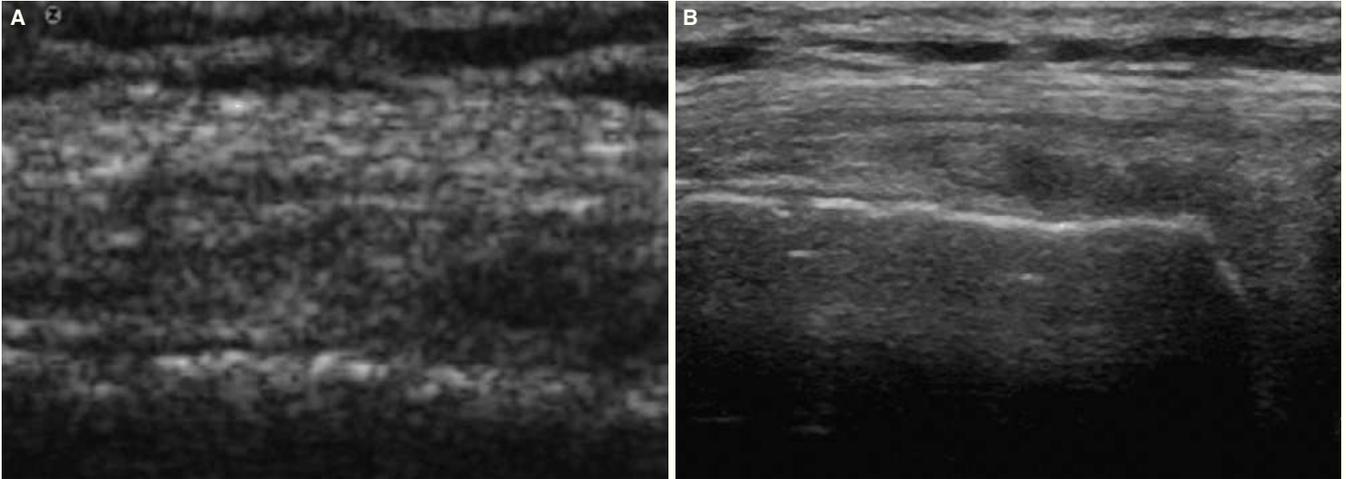
**Tabla IV**

Indicadores y parámetros cuantitativos de calidad de imagen lesional de una tendinosis rotuliana donde se observa una gran calcificación

Equipo	Hipereco	Hipoeco	Anecoico	Tamaño	Aspecto	Forma	Bordes	Visualización global
E-A	+++	++	No	Similar	Homoecoico	Lineal	++	++
E-B	+++	++	No	Similar	Heteroecoico	Lineal	++	+++

Figura 7

A) Con el equipo E-A se observa la integridad del ligamento lateral interno con una pequeña imagen hipoeoica en el fascículo profundo, mientras que con el equipo E-B (B) se observa el fascículo profundo del mismo ligamento con un aspecto heteroeoico que corresponde a la zona de reparación justo por encima de la cortical ósea del fémur.

**Tabla V**

Indicadores y parámetros cuantitativos de calidad de imagen lesional de una lesión del ligamento lateral interno de la rodilla

Equipo	Hipereco	Hipoeco	Anecoico	Tamaño	Aspecto	Forma	Bordes	Visualización global
E-A	No	+	No	Menor	Homoecoico	No visible	No	+
E-B	No	+++	+	Mayor	Heteroeoico	Lineal	++	+++

Los resultados del análisis comparativo de las imágenes obtenidas con los indicadores y parámetros cuantitativos de calidad de imagen lesional propuestos se exponen en la tabla V.

DISCUSIÓN

En el caso de la contusión muscular (caso 1), la comparación de las imágenes obtenidas con ambos equipos indica que con el E-B se visualizan zonas anecoicas e hipoeoicas no objetivables con el E-A, por lo que se obtiene una mayor definición de imagen.

De acuerdo con la tabla I, el equipo E-B es más sensible para detectar zonas hipoeoicas y anecoicas y para definir el proceso de sangrado muscular que se produce como consecuencia de la contusión. Por tanto, en el caso de la contusión muscular, la aplicación de nuevas técnicas de ultrasonografía—como las que aporta el portátil E-B—permite en el estudio de las lesiones musculares extrínsecas la mejor visualización del área de edema interfibrilar, así como la mayor definición de los bordes de la lesión, generalmente irregulares en este tipo de accidente muscular. Por otra parte, la visualización del contenido

de las zonas hipoeoicas permite contemplar el aspecto heteroeoico del tejido hemático en fase de reabsorción^{22,24,26,27}.

En cuanto a la lesión muscular intrínseca (caso 2), la utilidad del E-B se basa en la detección del área hipoeoica de la lesión que corresponde a la rotura fibrilar. A diferencia del equipo convencional, esta zona incluso se hace visible 4 semanas después de producida la lesión, y además permite observar con detalle los vasos sanguíneos en el territorio lesional. Con estas mejoras técnicas, en definitiva, se están prolongando los períodos visibles de la lesión, especialmente en los traumatismos musculares intrínsecos de pequeño tamaño^{22,24,26,36}.

En el tercer caso analizado, referente a una tendinosis rotuliana, el estudio con ambos equipos deja clara la ausencia de engrosamiento del tendón y la no presencia de calcificaciones ni vasos neoformados. Sin embargo, dado que el equipo E-B incluye un sistema de ecografía compuesta en tiempo real, en el estudio de una tendinosis, al incidir sobre el tejido desde varios ángulos de insonación se reduce el efecto anisotrópico y se consigue una mayor definición del tendón degenerado. Además, con la incorporación del sistema de visión panorámica se

obtiene una delimitación exacta de la amplitud de la lesión, que en este paciente alcanzaba dos tercios de la longitud del tendón^{19,20,22,24}.

El caso de la tendinosis calcificante del tendón rotuliano (caso 4), las imágenes obtenidas con ambos equipos (E-A y E-B) demuestran con nitidez la presencia de una gran calcificación que surge del polo inferior de la patela. Sin embargo, la utilización del sistema 3D en el equipo E-B supone una ventaja, pues permite visualizar en 3D la disposición de la calcificación^{29,30-32,36}.

Finalmente, en el caso correspondiente a una rotura parcial del ligamento lateral interno de la rodilla (caso 5), el equipo E-B permite visualizar una zona de lesión en el fascículo profundo del ligamento que corresponde al tejido fibroso de reparación que se origina como consecuencia de la disrupción parcial de las fibras. Las imágenes del E-A descartaban cualquier sospecha de lesión anterior. Este aspecto es de gran utilidad en los pacientes con antecedentes de lesiones ligamentosas aquejados de dolor crónico articular^{24,36,37}.

CONCLUSIONES

De forma general, parece evidente la mejora de la visualización de los tejidos blandos lesionados con los nuevos sistemas

integrados en los equipos de ultrasonografía portátil, y en este trabajo se han propuesto indicadores y parámetros cuantitativos de calidad de la imagen ante ciertos modelos lesionales frecuentes en la traumatología del deporte, con objeto de evidenciar las diferencias.

En las lesiones musculares por contusión se mejora la visualización del área edematosa, pero sobre todo se incrementa la definición de los bordes de las áreas de sangrado, así como de su contenido.

En las lesiones musculares por distracción se observa una prolongación en el tiempo de visualización de la lesión tanto en la persistencia de la hipoeogenicidad de la zona lesional, como en el mantenimiento de la hipervascularización.

En las lesiones tendinosas hay una mejor delimitación de los bordes del área hipoeoica de degeneración tendinosa y un perfecto conocimiento de la extensión de la zona lesional a través del estudio de visión panorámica.

Con el sistema 3D se define con gran exactitud el alcance de la invasión del depósito cálcico sobre las fibras tendinosas que lo rodean.

El estudio ecográfico del ligamento con lesiones crónicas permite su visualización, especialmente de las zonas cicatriciales en una lesión ligamentosa de 3 meses de evolución.

Bibliografía

1. Strobel K, Zanetti M, Nagy L, Hodler J. Suspected rotator cuff lesions: tissue harmonic imaging versus conventional US of the shoulder. *Radiology*. 2004;230:243-9.
2. Suna Özhan O, Cem Y, Hakan O, Asl U, Sedat I. Comparison of conventional sonography, real-time compound sonography, tissue harmonic sonography, and tissue harmonic compound sonography of abdominal and pelvic lesions. *AJR Am J Roentgenol*. 2003;181:1341-7.
3. Barberie J, Wong A, Cooperberg P, et al. Extended field-of-view sonography in musculoskeletal disorders. *AJR Am J Roentgenol*. 1998;171:751-7.
4. Weng L, Tirumalai AP. Method and apparatus for generating large compound ultrasound images. U.S. Patent 5,565,286, 1996.
5. Álvarez G, Álvarez I, Jiménez F, Cobián C. El Power Doppler como ayuda en el diagnóstico ecográfico de lesiones musculoesqueléticas. En: Ponencias del III Curso Internacional de Medicina y Traumatología del Deporte y II Jornadas Regionales de Promoción de la Salud y Ejercicio Físico. Toledo: Consejería de Sanidad de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha; 2003. p. 195-200.
6. Laraudogoitia E. Ecocardiografía. Impacto de las nuevas tecnologías. *Rev Esp Cardiol*. 2005;5:45-54.
7. Stiskal M, Steinbach R, Obholzer G, Frank W, Fischer H, Czembirek H. Tissue harmonic imaging sonography: is the image quality in routine abdominal ultrasound improved? *Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahr*. 2000;172:1006-10.
8. Tranquart F, Grenier N, Eder V, Pourcelot L. Clinical use of ultrasound tissue harmonic imaging. *Ultrasound Med Biol*. 1999;25:889-94.
9. Rosenthal SJ, Jones PH, Wetzel LH. Phase inversion tissue harmonic sonographic imaging: a clinical utility study. *AJR Am J Roentgenol*. 2001;176:1393-8.
10. Shapiro RS, Wagreich J, Parsons RB, Stancato-Pasik A, Yeh HC, Lao R. Tissue harmonic imaging sonography: evaluation of image quality compared with conventional sonography. *AJR Am J Roentgenol*. 1998;171:1203-6.

11. Lin DC, Nazarian LN, O'Kane PL, McShane JM, Parker L, Christopher RB. Merritt advantages of real-time spatial compound sonography of the musculoskeletal system versus conventional sonography. *AJR Am J Roentgenol.* 2002;179:1629-31.
12. Carroll BA. Three-dimensional ultrasound. *AJR Am J Roentgenol.* 2000;175:666.
13. Harcke HT, Grissom LE, Finkelstein MS. Evaluation of the musculoskeletal system with sonography. *AJR Am J Roentgenol.* 1988;150:1253-61.
14. Beggs I. Sonography of muscle hernias. *AJR Am J Roentgenol.* 2003;180:395-9.
15. Barceló P. Nomenclatura ecográfica. En: Jiménez F, editor. *Diagnóstico clínico y ecográfico de las lesiones en el deporte.* Murcia: Universidad Católica de Murcia; 2003. p. 59-64.
16. Jacobson JA. Ultrasound in sports medicine. *Radiol Clin North Am.* 2002;40:363-86.
17. Garrett WE. Muscle strain injuries: clinical and basic aspects. *Med Sci Sports Exerc.* 1990;22:436-43.
18. Clancy WGJ. Tendon trauma and overuse injuries. En: Leadbetter WB, Buckwalter JA, Gordon SL, editors. *Sports-induced inflammation: clinical and basic science concepts.* Park Ridge (IL): American Academy of Orthopaedic Surgeons; 1990. p. 609-18.
19. Martinoli C, Derchi LE, Pastorino C, Bertolotto M, Silvestri E. Analysis of echotexture of tendons with US. *Radiology.* 1993; 186:839-43.
20. Fornage BD. The hypoechoic normal tendon: a pitfall. *J Ultrasound Med.* 1987;6:19-22.
21. Maffulli N, Khan KM, Padu G. Overuse tendon conditions: Time to change a confusing terminology. *Arthroscopy.* 1998;14:840-3.
22. Lin J, Fessell DP, Jacobson JA, Weadock WJ, Hayes CW. An illustrated tutorial musculoskeletal sonography: Part I, Introduction and general principles. *AJR Am J Roentgenol.* 2000;175:637-45.
23. Van Dijk CN, Mol BW, Lim LS, Marti RK, Bossuyt PM. Diagnosis of ligament rupture of the ankle joint. Physical examination, arthrography, stress radiography and sonography compared in 160 patients after inversion trauma. *Acta Orthop Scand.* 1996; 67:566-70.
24. Jiménez F. *Diagnóstico clínico y ecográfico de las lesiones en el deporte.* Murcia: Universidad Católica de Murcia; 2003.
25. Balias R, Rius M, Combalia A. *Ecografía muscular de la extremidad inferior. Sistemática de exploración y lesiones en el deporte.* Barcelona: Masson; 2005.
26. Balias R, Rius M, Struch A, Garcia R. Ecografía de las lesiones musculares en el fútbol. En: Ponencias del IV Curso Internacional de Medicina y Traumatología del Deporte y III Jornadas Regionales de Promoción de la Salud y Ejercicio Físico. Toledo: Consejería de Sanidad de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha; 2004. p. 119-28.
27. Balias R. Lesión del recto femoral. En: Balias R, Rius M, Combalia A, editores. *Ecografía muscular de la extremidad inferior.* Barcelona: Masson; 2005. p. 121-9.
28. McNamara MT, Greco A. Miscellaneous muscle lesions. En: Fleckenstein JL, Crues JV III, Reimers CD, editors. *Muscle imaging in health and disease.* New York: Springer-Verlag; 1996. p. 425-49.
29. Öhberg L, Lorentzon R, Alfredson H. Neovascularisation in Achilles tendons with painful tendinosis but not in normal tendons: an ultrasonographic investigation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2001;9:233-8.
30. Rasmussen OS. Sonography of tendons. *Scand J Med Sci Sports.* 2000;10:360-4.
31. Silvestri E, Martinoli C, Derchi LE, Bertolotto M, Chiamon-di M, Rosenberg I. Echotexture of peripheral nerves: correlation between US and histologic findings and criteria to differentiate tendons. *Radiology.* 1995;197:291.
32. Van Holsbeeck MT, Introcaso JH. Sonography of Tendons. En: Van Holsbeeck MT, Introcaso JH, editors. *Musculoskeletal Ultrasound.* St. Louis: Mosby; 2001. p. 77-129.
33. Almekinders LC, Vellema JH, Weinhold PS. Strain patterns in the patellar tendon and the implications for patellar tendinopathy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2002;10:2-5.
34. Cook JL, Khan KM, Harcourt PR, et al. Victorian Institute of Sport Tendon Study Group. Patellar tendon ultrasonography in asymptomatic active athletes reveals hypoechoic regions: a study of 320 tendons. *Clin J Sport Med.* 1998;8:73-7.
35. Campbell DG, Menz A, Isaacs J. Dynamic ankle ultrasonography: a new imaging technique for acute ankle ligament injuries. *Am J Sports Med.* 1994;22:855-8.
36. Álvarez G, Jiménez JF, Balias R. Ecografía musculoesquelética aplicada a la medicina del deporte. *MD Revista Científica de Medicina del Deporte.* 2006;4:3-36.
37. De Maeseneer M, Vanderdood K, Marcellis S, Shabana W, Osteaux M. Sonography of the medial and lateral tendons and ligaments of the knee: the use of bony landmarks as an easy method for identification. *AJR Am J Roentgenol.* 2002;178:1437-44.7.