

APLICACIONES AVANZADAS DE LA ECOGRAFÍA EN LAS LESIONES MUSCULOESQUELÉTICAS

ADVANCED APPLICATIONS OF ULTRASOUND IN MUSCULOSKELETAL INJURIES

La patología derivada de la práctica deportiva puede provocar lesiones de partes blandas (cartílago, músculo, tendón y ligamento) y lesiones esqueléticas (óseas)¹. En todos los casos se relacionan unas veces con métodos de entrenamiento inadecuados, otras con anomalías estructurales que provocan sobrecarga y en otras ocasiones con la fragilidad de los músculos, tendones² y tejidos ligamentosos. El desgaste crónico es la causa de la mayoría de estas lesiones, que resultan de movimientos repetitivos que afectan a tejidos susceptibles.

Para diagnosticar una lesión deportiva, es necesario realizar una completa anamnesis preguntando sobre el lugar y el modo en que se produjo la lesión y sobre el tipo de actividades que provocó la misma. También es necesario examinar la zona lesionada realizando una exploración completa de todas las estructuras tanto extra como intraarticulares. Entre las pruebas de diagnóstico se pueden incluir las radiografías, la tomografía computarizada (TC), la resonancia magnética (RM) y la artroscopia.

Sin embargo, durante los últimos años se ha producido un notable desarrollo de la ecografía en el estudio de las lesiones del aparato locomotor, especialmente a nivel de los tejidos blandos, lugar donde habitualmente asientan aquellas patologías por sobrecarga.

La base física de los equipos de diagnóstico ecográfico son los ultrasonidos, que son ondas acústicas de muy alta frecuencia, de 15 a 20 mil hercios, inaudibles para el oído humano. El sonido se transmite a través de los distintos medios, siendo el medio líquido el mejor elemento de transmisión en el organismo, a través del cual el sonido viaja a la velocidad de 1500 m/s³.

La ecografía por tanto es la representación en forma de imagen, de los ecos reflejados en las distintas estructuras del organismo. Estas imágenes se forman a base de integrar los sonidos en el tiempo que tardan en atravesar distintas densidades, reflejándose en las superficies y rebobando de nuevo a la sonda.

VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA ECOGRAFÍA

Mediante el empleo de un equipo ultrasonográfico se realiza la exploración ecográfica cuyas ventajas para el diagnóstico y seguimiento evolutivo de las lesiones deportivas⁴⁻⁷ se describen a continuación:

- Es una técnica cómoda y confortable y por tanto muy bien aceptada por el paciente especialmente por los deportistas más jóvenes. Utiliza una tecnología limpia y no radiante.

Fernando Jiménez Díaz¹
Jacobo A. Rubio Arias¹
Susana Mendizábal¹
Cristina Fermín Rodríguez²
Esperanza Trigueros²
Antonio Bouffard³

¹Grupo de Investigación Actividad Física y Salud. Laboratorio de Rendimiento y Readaptación Deportiva. Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Castilla la Mancha
²Hospital Virgen de la Salud de Toledo
³Department Diagnostic Radiology Musculoskeletal. Henry Ford Health System. Detroit (MI) USA

CORRESPONDENCIA:

Laboratorio de Rendimiento y Readaptación Deportiva (Laboratorio 12.1)
Universidad de Castilla la Mancha. Campus Tecnológico, Avda. Carlos III, s/n 45071 Toledo
E-mail: josefernando.jimenez@uclm.es

Aceptado: 14.12. 2009 / **Revisión n°** 221

- Permite la realización de estudios comparativos con el miembro sano y la palpación ecográfica a través del transductor, facilitándose la localización de la lesión en el punto de mayor sensibilidad dolorosa (Ecopalpación).
- Es una técnica barata, en comparación con otras técnicas utilizadas para el diagnóstico de estas lesiones.
- Su accesibilidad permite llevar a cabo un exhaustivo seguimiento evolutivo de la lesión realizando el número de exploraciones necesario.
- El empleo de equipos portátiles de ultrasonografía permite llevar esta técnica a “pie de pista” lo que amplía la utilización clínica de la misma.
- Mediante la realización de estudios dinámicos se realiza con exactitud, el diagnóstico de pequeñas lesiones, que pueden pasar desapercibidas, cuando las estructuras permanecen en reposo. Estas exploraciones se llevan a cabo mediante movimientos de contracción isométrica y relajación muscular. En otros casos, se realiza el estudio dinámico a través de movimientos articulares activos y pasivos que implican el desplazamiento de los tejidos blandos objeto de estudio.

También hay que considerar los inconvenientes de la ecografía entre los que se incluye la deficiente valoración del hueso y de las estructuras intraarticulares. También es una técnica que tiene una variabilidad inter-observador y requiere una curva de aprendizaje muy larga, por lo que el manejo de la técnica con poco tiempo de formación, puede llevar a frecuentes errores diagnósticos. En la actualidad esto puede suponer un grave problema debido al incremento masivo de ventas de estos equipos ecográficos a personal sanitario no formado suficientemente, que pueden cometer importantes fallos en el diagnóstico.

FUTURO DE LA ECOGRAFÍA DEL APARATO LOCOMOTOR

El futuro de la aplicación de las técnicas ecográficas en el diagnóstico de las lesiones del aparato locomotor, va a ir ligado a cuatro objetivos fundamentales. Por una parte, la inclusión de nuevas aplicaciones técnicas para mejorar la calidad de imagen, por otra, la unificación de los criterios de valoración de la imagen, proponiendo para ello, unos indicadores y parámetros de calidad. Otro objetivo es la aplicación de la ecografía como apoyo de técnicas de cirugía mínimamente invasiva y finalmente con esta técnica se pueden llevar a cabo estudios de valoración complementaria de la función muscular.

NUEVAS APLICACIONES TECNOLÓGICAS DE MEJORA DE LA IMAGEN

Con el objetivo de mejorar la precisión y el rigor en el diagnóstico, evolución y tratamiento de las lesiones músculo-esqueléticas, la ultrasonografía dispone de nuevas aplicaciones tecnológicas para que, incluso con un carácter portátil, el paciente pueda en todo momento y lugar (sala de urgencias, quirófano, ambulancias medicalizadas) ser valorado con la precisión y sensibilidad diagnóstica, que su proceso lesional requiera. En definitiva, se trata de mejorar las ventajas ya citadas. Dentro de estas nuevas tecnologías cabe señalar las siguientes:

Imagen armónica (Tissue harmonic image)

Esta herramienta ecográfica utiliza 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. De esta forma, se mejora ampliamente la calidad de las imágenes obtenidas en el estudio de los músculos, los tendones y los ligamentos. Estas señales armónicas pueden alcanzar diferentes

lugares anatómicos con impedancias similares y así producir un mayor contraste de resolución, especialmente a nivel de la superficie del tendón y de la articulación. Estudios recientes comparan la visibilidad entre el ultrasonido convencional y el armónico, demostrando que éste, supera en el diagnóstico de lesiones de hombro, como las que afectan al tendón subescapular⁸. Finalmente, con la utilización del THI se reducen la mayoría de los artefactos que se producen con otros equipos, como la reverberación y además mejora la relación ruido-sígnal. Esta eficacia también ha quedado demostrada en otras especialidades como la cardiología y en la exploración de abdomen⁹, de la mama y de los vasos.

Técnica de visión panorámica y ecografía compuesta en tiempo real

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 puede visualizar en una pantalla, áreas de exploración de hasta 60cm con muy buena resolución espacial. Por ejemplo, se pueden obtener imágenes de toda la longitud del aparato extensor de la rodilla (Figura 1), del tendón de Aquiles o de los músculos de la pantorrilla. Esta aplicación toma mayor consideración, cuando se trata de evaluar una amplia lesión muscular¹⁰.

Otra tecnología recientemente incorporada es un sistema de ecografía compuesta en tiempo real, que aumenta notablemente la resolución lateral de la imagen (sistema Compound), mejorando la visualización especialmente en aquellas lesiones que afectan a los planos más profundos. Esta mejora técnica consigue obtener una imagen compuesta, que se forma al enviar haces de ultrasonidos desde varios ángulos, aumentando la resolución lateral de la imagen¹¹.

Estudio en 3 dimensiones (3D)

Quizás sea la innovación técnica de mayor utilidad para el estudio ecográfico del aparato locomotor^{12,13}. A través de ella, se realiza un barrido transversal con acúmulo de imágenes suce-

sivas que forman un cubo o volumen de imagen ecográfica. Posteriormente se puede examinar y visualizar plano a plano para el análisis tomográfico de estas estructuras (Figura 2).

Este cubo representa la orientación espacial de la captura y en él se distinguen tres planos ortogonales^{14,15}. El plano transverso, que corta a la estructura en un segmento anterior y otro posterior, el plano coronal, que corta la estructura en un segmento superior y otro inferior y el plano sagital, que corta la estructura en segmento medial y otro lateral. De las combinaciones de estos planos se pueden generar múltiples imágenes, que configuran de manera perfecta el estudio de la lesión.

Sistema cóncavo virtual

Con esta técnica se origina una imagen en la que los cristales de una sonda lineal emiten en

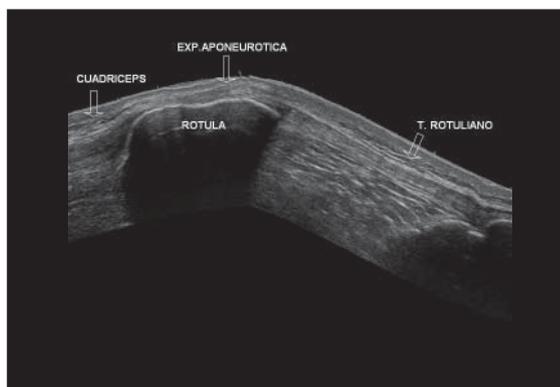


FIGURA 1. El examen ecográfico utilizando una técnica de visión panorámica permite examinar el aparato extensor de la rodilla incluyendo la visualización del tendón del cuádriceps, la rótula y el tendón rotuliano en la misma imagen

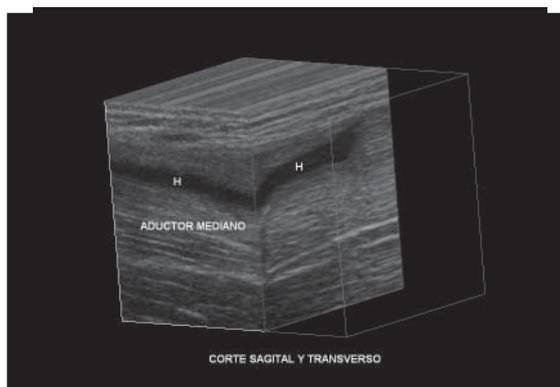


FIGURA 2. En este estudio volumétrico se valora mediante un corte sagital y transverso, una rotura del músculo aductor mediano. Se puede comprobar el carácter disecante de la imagen anecoica que corresponde al hematoma intramuscular (H)

abánico controlados electrónicamente¹⁶, aumentando hasta en un 40% el campo de visión y facilitando la exploración en los planos más profundos.

ESTANDARIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE IMAGEN ECOGRÁFICA

La ecografía tiene como inconveniente ser una técnica operador dependiente. Por ello, con el objetivo de unificar los criterios de valoración de la imagen, se han propuesto (atendiendo a los criterios clásicos de estudios ecográficos) unos indicadores y parámetros cuantitativos de calidad ecográfica en la zona de la lesión^{14,15}, que son los siguientes:

- Grado de ecogenicidad: La imagen se considera hiperecogénica (De 1 a 3 cruces), hipocogénica (De 1 a 3 cruces) o anecogénica (De 1 a 3 cruces) dependiendo de la intensidad del gris en una escala de grises.
- Tamaño del área de la lesión: Debido a la distribución irregular de algunas lesiones, se considerarán los dos diámetros mayores de la misma.

- Aspecto: Se considera de tipo homocóico o heterocóico, según la zona de la lesión tenga o no, un carácter uniforme.
- 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 cruces).
- Visualización global: La definición global de la imagen lesional estudiada se cuantifica de 1 a 3 cruces.

INTERVENCIONISMO

La ecografía músculo esquelética intervencionista es la aplicación terapéutica de esta técnica de imagen cuyas indicaciones son múltiples, aunque las más frecuentes permiten guiar la colocación de una aguja para la infiltración un fármaco o para la aspiración de una colección líquida (Figura 3). En otras ocasiones puede facilitar algunos procedimientos invasivos como el drenaje de hematomas o abscesos, la toma de muestras de biopsia y las técnicas de reparación quirúrgica menor.

Para una mayor precisión, la ecografía intervencionista debe preceder y guiar a la terapia con inyecciones locales cada vez que sea posible desde el punto de vista práctico, así como para la evacuación de aquellas colecciones líquidas situadas en profundidad o cuando el proceso inflamatorio se encuentre localizado en la proximidad de estructuras anatómicas que podrían ser dañadas. El empleo de la ecografía intervencionista para localizar aquellas colecciones líquidas situadas en los tejidos blandos y en articulaciones, mejora la precisión en la aspiración diagnóstica de líquido sinovial, particularmente en articulaciones pequeñas. Aunque habitualmente deben ser elegidos los transductores entre 7 y 12 MHz¹⁷, la aplicación de sondas de mayor frecuencia, permite la

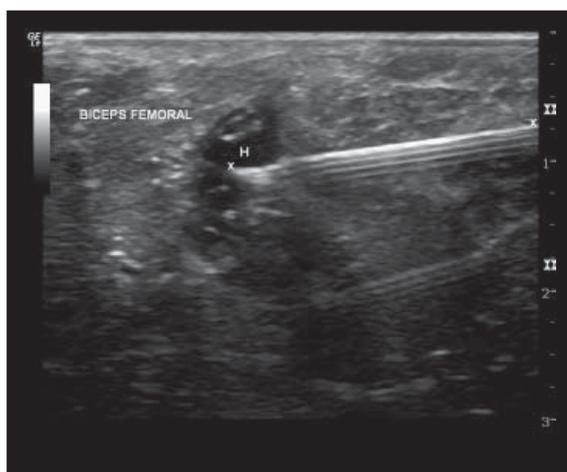


FIGURA 3.
La visualización de la aguja durante una infiltración eco-dirigida del hematoma (H) situado dentro del bíceps femoral, permite alcanzar con la aguja (X) el interior del hematoma enquistado sin dañar los tejidos adyacentes

identificación precisa del lugar más seguro para la inyección, especialmente en pacientes con cavidades articulares con movimiento limitado, o bien en aquellos casos de ensanchamiento de las vainas tendinosas. La utilización de agujas de 21G1½ (0.8x40) suele ser adecuada, aunque se ha propuesto el empleo de una técnica con doble aguja¹⁸⁻²⁰ (Figura 4). La inyección de sustancias guiada por ecografía, en definitiva, aumenta la precisión y reduce el riesgo de infiltración errónea en otros tejidos, como tendones, músculos, nervios o piel.

Las indicaciones más frecuentes en el tratamiento de la lesión tendinosas son las peritendinosis, el lavado percutáneo de calcificaciones, la punción aspiración de bolsas sinoviales peritendíneas, el tratamiento ecoguiado de la aponeurosis plantar y la esclerosis vascular peritendinosa. La infiltración de entesopatías a menudo permite la realización de tenotomías como sucede en el tratamiento de la tendinosis de inserción de los extensores en la epicondialgia²¹.

El intervencionismo ecoguiado en el tejido muscular permite el drenaje de hematomas intramusculares²², el vaciamiento de derrames serosos de Morel Lavallé y de hematomas enquistados, así como la infiltración de las cicatrices fibrosas.

Otras indicaciones de la ecografía músculo-esquelética intervencionista están relacionadas con la aplicación terapéutica de la técnica ultrasónica en la reparación de tejidos, en la evacuación de colecciones líquidas así como en la infiltración de sustancias antiinflamatorias. Sin embargo, en otras ocasiones la aplicación de la ecografía no será directamente intervencionista sino que estará orientada a definir la indicación operatoria e incluso a seleccionar la técnica quirúrgica más adecuada²³.

Se puede concluir que es evidente que la ultrasonografía permite reducir los efectos adversos derivados de una técnica intervencionista ciega, pudiéndose llevar a cabo con gran precisión la aplicación de los diferentes tipos de tratamiento sobre el área lesional.

ECOGRAFÍA DINÁMICA COMO MÉTODO DE VALORACIÓN DE LA FUNCIÓN MUSCULAR

En los últimos años se han publicado trabajos en los que se ha utilizado la técnica de ultrasonidos para valorar el tejido muscular desde diferentes perspectivas, tanto anatómica como diagnóstica lesional. Con el avance tecnológico, los equipos disponen de una mejor resolución en la imagen y una mayor portabilidad, lo que permite la valoración y el diagnóstico con un mayor grado de fiabilidad y precisión²⁴. En los estudios anatómicos se ha comprobado la alta correlación entre los valores geométricos obtenidos a través de la ecografía y los resultados obtenidos en cadáveres²⁵.

Por tanto, la ecografía es considerada como una herramienta válida para el examen clínico y funcional de los tejidos blandos del sistema músculo-esquelético²⁶. La arquitectura muscular se define como “la disposición de las fibras musculares dentro de un músculo en relación al eje en el que se genera la fuerza”²⁷. Las variables que se utilizan para medir y estudiar la arquitectura del músculo son el ángulo de pennación (ángulo formado por las fibras musculares respecto a la aponeurosis), el grosor muscular (distancia entre las dos aponeurosis) y la longitud de la fibra muscular (distancia de la fibra muscular de una aponeurosis a



FIGURA 4. Con la técnica de doble aguja del lavado percutáneo de calcificaciones se colocan las mismas de forma que se vea la punta de una de ellas, junto al trazado longitudinal de la otra, siempre en la proximidad de la calcificación

otra). Los valores de estas variables se modifican en función de una serie de factores intrínsecos como son la raza²⁸, el sexo²⁹, la edad^{30,31} y la dominancia del miembro³². También influyen una serie de factores extrínsecos como son la modalidad deportiva practicada^{28,33-35}, el sistema de entrenamiento utilizado³⁶⁻³⁸ o el reposo prolongado^{39,40}. Otras de las utilidades derivadas del examen de la arquitectura muscular son el estudio de ciertas patologías como la sarcopenia^{41,42}, o el efecto de la hidroterapia en las propiedades mecánicas del músculo⁴³. Por todo ello, existen evidencias que indican que la disposición geométrica de las fibras musculares condiciona y modifica la capacidad funcional del músculo⁴⁴.

Las características estructurales del músculo están asociadas al rendimiento del deportista y a la salud del mismo. Por ello, existe un campo de estudio en el que la aplicación e integración de diferentes señales de medición procedentes de la respuesta funcional y morfológica del músculo, permiten obtener un diagnóstico completo del comportamiento y del estado muscular. Para ello, el músculo es sometido a diferentes tensiones que permiten el análisis de la fatiga muscular⁴⁵ o el comportamiento y las características elásticas del tendón⁴⁶⁻⁴⁸. Por otra parte, son recientes los trabajos en los que se utiliza la ecografía, para la valoración del sistema muscular durante las fases del movimiento, analizando el comportamiento mecánico durante una contracción isométrica^{49,50}, durante movimientos controlados, como la flexión plantar^{49,51} e incluso en movimientos libres como la marcha^{31,52}, el desplazamiento a diferentes velocidades^{53,54} o el salto⁵⁵⁻⁵⁷. Todo ello, permite conocer y com-

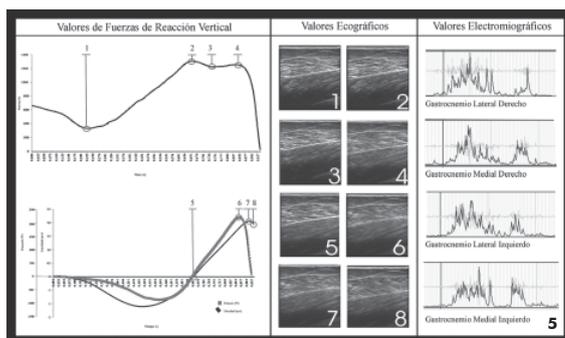
prender mejor, el comportamiento del fascículo muscular en distintos movimientos libres.

Todos estos estudios suscitan un gran interés ya que la ecografía ha sido utilizada tradicionalmente para el examen anatómico y diagnóstico lesional de los tejidos blandos del sistema músculoesquelético en el ámbito clínico⁵⁸ y no para el examen dinámico de la estructura muscular. En la actualidad diferentes trabajos justifican y validan el uso de la ecografía muscular para la medición cuantitativa del componente músculo-tendinoso y observar su comportamiento en ciertos movimientos controlados⁵⁷.

Por ello el objetivo de nuestra línea de investigación es observar las características de la arquitectura muscular en las diferentes fases de un gesto deportivo para determinar los momentos de alto riesgo que dependiendo de las exigencias técnicas de cada modalidad deportiva pueden provocar una lesión. Como ejemplo, durante la ejecución de un salto, controlando y analizando el comportamiento muscular de los gastrocnemios, se pueden medir las diferencias mecánicas y funcionales que realizan ambos músculos de una misma pierna obteniendo datos cuantitativos de posibles descompensaciones, que justifiquen la aparición de un mayor riesgo de lesión.

Por ello hemos integrado las señales morfológicas de la estructura muscular mediante ecografía, los mecanismos fisiológicos de contracción y activación eléctrica del músculo mediante la electromiografía y el registro de las fuerzas de reacción vertical que se producen en la superficie donde se realiza el movimiento, medido con plataformas de fuerza (Figura 5). Todo ello permite analizar el comportamiento muscular en dinámico, como elemento de prevención de lesiones, tratamiento y readaptación de las mismas. De esta forma se pueden detectar diferentes comportamientos durante la realización de un gesto deportivo, tanto en activación eléctrica, como en el comportamiento mecánico y en la ejecución de un movimiento. Esto será aplicable tanto a las actividades de la vida diaria, (la marcha, subir y bajar escaleras, etc.) como en el ámbito deportivo, en diferentes

FIGURA 5.
Valores de fuerzas de reacción vertical, ecografía dinámica y electromiografía, registrados de forma sincronizada en la ejecución de un salto con contramovimiento



movimientos y gestos deportivos como los saltos, lanzamientos o golpes con el pie.

En conclusión, los resultados que se obtienen a través de la ecografía dinámica sincronizada con otras señales pueden ser considerados como un sistema de análisis para la prevención de lesiones del sistema músculo-esquelético.

RESUMEN

Durante los últimos años se ha producido un notable desarrollo de la ecografía en el estudio de las lesiones del aparato locomotor, especialmente a nivel de los tejidos blandos, lugar donde habitualmente asientan aquellas patologías por sobrecarga.

Las ventajas de la ecografía en el manejo de la lesión de partes blandas han provocado una enorme expansión de esta técnica en varias especialidades médicas, como la medicina primaria, laboral, deportiva y últimamente se han extendido a nuevas especialidades clínicas como la reumatología, la medicina de emergencias y la anestesiología.

Se describe por ello en este artículo, las aplicaciones avanzadas del estudio ecográfico en el diagnóstico y tratamiento de las lesiones músculo-esqueléticas que afectan al deportista. La ecografía músculo-esquelética intervencionista es la aplicación terapéutica de esta técnica de imagen cuyas indicaciones son múltiples, aunque las más frecuentes permiten guiar la colocación de una aguja para la infiltración de un fármaco o para la aspiración de una colección líquida. En otras ocasiones puede facilitar algunos procedimientos invasivos como el drenaje de hematomas o abscesos, la toma de muestras de biopsia y las técnicas de reparación quirúrgica menor.

Por otra parte la aplicación dinámica de la ecografía permite observar las características de la arquitectura muscular en las diferentes fases de un gesto deportivo, para determinar los momentos de alto riesgo que dependiendo de las exigencias técnicas de cada modalidad deportiva pueden provocar una lesión.

En resumen, esta técnica es una herramienta básica en el diagnóstico de la lesión, y en el tratamiento a través de cirugía mínimamente invasiva de pequeñas lesiones músculo-esqueléticas del deportista. En este trabajo se formulan nuevas aplicaciones para la prevención de lesiones musculares.

Palabras clave: Ecografía. Lesión. Deporte.

SUMMARY

Over the past years there has been a remarkable development of ultrasound in the study of injuries of the muscle skeletal system, especially at the level of the soft tissues, where they usually settle those overload pathologies.

The advantages of ultrasound in the management of soft tissue injury has caused an enormous expansion of this technique in several medical specialties, including primary, labour and sports medicine and have recently been extended to new clinical specialties such as rheumatology, emergency medicine and anesthesiology.

This is described in this article, the advanced applications of ultrasound in the diagnosis and treatment of musculoskeletal injuries affecting the athlete. Interventional musculoskeletal ultrasound is the therapeutic applications of this technique has many indications, but the most common means of guiding the placement of a needle for drug injection or aspiration of fluid collection. At other times may give some invasive procedures such as drainage of hematomas or abscesses, biopsy sampling and minor surgical repair techniques.

Moreover, the dynamic application of ultrasound allows us to observe the features of muscle architecture in the different phases of a sports movement to identify high-risk times depending on the technical requirements of each sport can cause injury.

In summary, this technique is a basic tool in the diagnosis of injuries, and treatment through minimally invasive surgery of small musculoskeletal injuries of the athlete. In this paper, new applications are formulated to prevent muscle injuries.

Key words: Ultrasound. Sport. Injury.

B I B L I O G R A F Í A

1. **Bahr, R, Maehlum S, Bolic T.** *Lesiones deportivas. Diagnóstico, tratamiento y rehabilitación.* Madrid: Editorial Médica Panamericana. 2007; 5.
2. **Jiménez F, Villa G, García A, González M.** Rodilla de saltador en jugador de basket. *Arch Med Dep.* 2007;XXIV(2):215-6.
3. **Barceló P.** Nomenclatura ecográfica. En: Jiménez F. *Diagnóstico clínico y ecográfico de las lesiones en el deporte.* Murcia: Universidad Católica de Murcia, 2003;59-64.
4. **Benazzo F, Campani R, Bernabei G, et al.** L'ecografia nella traumatologia de sport: indicazioni e limiti. *It. J. Sports Traumatol.* 1990;12:13-23.
5. **Brasseur JL, Tardieu M.** *Ecografía del sistema locomotor.* Barcelona: Masson 2001.
6. **Chhem RK, Kaplan PA, Dussault RG.** Ultrasonography of the musculoskeletal system. *Radiol Clin North Am.* 1994;32(2):275-89.
7. **Gutiérrez Ortega.** Fundamentos de ecografía en traumatología del deporte. En: Jiménez F. *Ecografía del aparato locomotor.* Madrid: Marbán 2007;4-12.
8. **Strobel K, Zanetti M, Nagy L, Hodler J.** Suspected Rotator Cuff Lesions: Tissue Harmonic Imaging versus Conventional US of the Shoulder. *Radiology* 2004;230(1):243-9.
9. **Suna Özhan Oktar, Cem Yücel, Hakan Özdemir, Asl Ulutürk and Sedat I.** Comparison of Conventional Sonography, Real-Time Compound Sonography, Tissue Harmonic Sonography, and Tissue Harmonic Compound Sonography of Abdominal and Pelvic Lesions. *AJR* 2003;181:1341-7.
10. **Barberie J, Wong A, Cooperberg P, et al.** Extended Field-of-View Sonography in Musculoskeletal Disorders. *AJR* 1998;171:751-7.
11. **Weng L, Tirumalai AP.** *Method and Apparatus for Generating Large Compound Ultrasound Images.* U.S. patent 5,565,286, 1996.
12. **Jiménez F, Barriga A, López J.** Aplicación de la ecografía tridimensional en el diagnóstico de las lesiones músculo-esqueléticas. *Arch Med Dep.* 2007;XXIV(2):103-11.
13. **Jiménez F, Mendizábal S, Rubio JA, Ramos D, Moreno R, Goitz H, Bouffard A.** Utility of the 3 dimensions ultrasound scan in the study of the tendons ruptures. *Arch Med Dep.* 2008;XXV(6):546.
14. **Jiménez Díaz, F, Álvarez Rey, G, Balius Matas, R, Villa Vicente, G.** Avances técnicos aplicados a la ecografía músculo esquelética de la lesión deportiva. *Apunts. Medicina de l'Esport.* 2007;42:66-75.
15. **Jiménez F, Álvarez G, Balius R, Berral F, Eleazar L, Villa G.** New technologies applied to ultrasound diagnosis of sports injuries. *Advances in therapy,* 2008;25(12):1315-30.
16. **HT Harcke, LE Grissom, MS Finkelstein.** Evaluation of the musculoskeletal system with sonography. *AJR* 1988;150(6):1253-61.
17. **Luck L.** Musculoskeletal Ultrasound Intervention: Principles and advances. *Radiol Clin N Am* 2008;46:515-33.
18. **Adler RS, Sofka CM.** Percutaneous ultrasound-guided injections in the musculoskeletal system. *Ultrasound Q* 2003;19:3-12.
19. **McNally EG.** Musculoskeletal interventional ultrasound. En: McNally EG (ed). *Practical Musculoskeletal Ultrasound.* Oxford, UK: Churchill Livingstone 2004:283-307.
20. **Chiou HJ, Chou YH, Wu JJ, et al.** The role of high-resolution ultrasonography in management of calcific tendonitis of the rotator cuff. *Ultrasound Med Biol* 2001;27:735-43.
21. **McShane J, Nazarian L, Harwood M.** Sonographically guided percutaneous needle tenotomy for treatment of common extensor tendinosis in the elbow. *J Ultrasound Med* 2006;25:1281-9.
22. **Del Cura, JL.** Ultrasound-Guided Therapeutic procedures in the Musculoskeletal System. *Curr Probl Diagn Radiol* 2008;37:203-18.
23. **Joines MM, Motamedi K, Seeger LL, DiFiori JP.** *Semin Musculoskelet Radiol* 2007;11:192-8.
24. **Lento PH, Primack S.** Advances and utility of diagnostic ultrasound in musculoskeletal medicine. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2007;1(1):24-31.
25. **Narici MV, Binzoni T, Hiltbrand E, Fasel J, Terrier F, Cerretelli P.** In vivo human gastrocnemius architecture with changing joint angle at rest and during graded isometric contractions. *J Appl Physiol* 1996;496(1):287-97.

26. **Brorsson S, Nilsdotter A, Hilliges M, Sollerman C, Aurell Y.** Advances and utility of diagnostic ultrasound in musculoskeletal medicine. *BMC Med Imaging* 2008;8(6):24-3121.
27. **Lieber LR, Frdén J.** Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. *Muscle Nerve* 2000;23:1647-66.
28. **Abe T, Brown JB, Brechue WF.** Architectural characteristics of muscle in black and white college football players. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31(10):1448-52.
29. **Chow RS, Medri MK, Martin DC, Leekam RN, Agur AM, Mckee NH.** Sonographic studies of human soleus and gastrocnemius muscle architecture: gender variability. *Eur J Appl Physiol* 2000;82:236-44.
30. **Maurits NM, Beenakker ECA, van Schaik DEC, Fock JM, van der Hoeven JH.** Muscle ultrasound in children: Normal values and application to neuromuscular disorders. *Ultrasound Med Biol* 2004;30(8):1017-27.
31. **Mian OS, Thom JM, Ardigò LP, Minetti AE, Narici MV.** Gastrocnemius muscle-tendon behaviour during walking in young and older adults. *Acta Physiol* 2007;189(1):57-65.
32. **Kearns C, Masanori I, Takashi A.** Architectural characteristics of dominant leg muscle in junior soccer players. *Eur J Appl Physiol.* 2001;85:240-3.
33. **Abe T, Fukashiro S, Hara Y, Kawamoto K.** Relationship between sprint performance and muscle fascicle length in female sprinters. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci* 2001;20(2):141-7.
34. **Brechue WF, Abe T.** The role of FFM accumulation and skeletal muscle architecture in powerlifting performance. *Eur J Appl Physiol* 2002;86(4):327-36.
35. **Kearns CF, Abe T, Brechue WF.** Muscle enlargement in sumo wrestlers includes increased muscle faicle length. *Eur J Appl Physiol* 2000;83(4-5):289-96.
36. **Blazevich AJ, Gill ND, Bronks R, Newton RU.** Training-specific muscle architecture adaptation after 5-wk training in athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35(12):2013-22.
37. **Kubo K, Kanehisa H, Miyatani M, Tachi M, Fukunaga T.** Effect of low-load resistance training on the tendon properties in middle-aged and elderly women. *Acta Physiol Scand* 2003;178(1):25-32.
38. **Blazevich AJ, Cannavan D, Coleman DR, Horne S.** Influence of concentric and eccentric resistance training on architectural adpatation in human quadriceps muscle. *J Appl Physiol* 2007;103:1565-75.
39. **Kubo K, Akima H, Ushiyama J, Tabata I, Fukuoka H, Kanehisa H, Fukunaga T.** Effects of 20 days of bed rest on the viscoelastic properties of tendon structures in lower limb muscles. *Br J Sports Med* 2004;38:324-30.
40. **Kawakami Y, Akima H, Kubo K, Muraoka T, Hasegawa H, Kouzaki M, Imai M, Suzuki Y, Gunji A, Kanehisa H, Fukunaga T.** Changes in muscle size, architecture, and neural activation after 20 days of bed rest with and without resistance exercise. *Eur J Appl Physiol* 2001;84(1-2):7-12.
41. **Morse CI, Thom JM, Birch KM, Narici M.** Changes in triceps surae muscle architecture with sarcopenia. *Acta Physiol* 2005;183(3):291-8.
42. **Narici M, Maganaris CN, Reeves ND, Capodagli P.** Effect of ageing on human muscle architecture. *J Appl Physiol* 2003;95:2229-34.
43. **Kubo K, Kanehisa H, Fukunaga T.** Effects of cold and hot water immersion on the mechanical properties of human muscle and tendon in vivo. *Clin Biomech* 2005;20(3):291-300.
44. **Maganaris CN, Baltzopoulos V, Sargeant, AJ.** Repeated contractions alter the geometry of human skeletal muscle. *J Appl Physiol* 2002;93:2089-94.
45. **Shi J, Zheng YP, Chen X, Huang QH.** Assessment of muscle fatigue using sonomyography: Muscle thickness change detected from ultrasound images. *Med Eng Phys* 2007;29:472-9.
46. **Kubo K, Kawakami Y, Fukunaga T.** Influence of elastic properties of tendon structures on jump performance in humans. *J Appl Physiol* 1999;87:2090-6.
47. **Fukunaga T, Kawakami Y, Kuno S, Funato K, Fukashiro S.** Muscle architecture and function in humans. *J Biomech* 1997;30(5):457-63.
48. **Kawakami Y, Muraoka T, Ito M, Kanehisa H, Fukunaga T.** In vivo muscle fibre behaviour during counter-movement exercise in humans reveals a significant role for tendon elasticity. *J Physiol* 2002;540(2):635-46.
49. **Maganaris CN.** Force-length characteristics of the In vivo human gastrocnemius muscle. *Clin Anat* 2003;16:215-23.

50. Ito M, Kawakami Y, Ichinose Y, Fukashiro S, Fukunaga T. Nonisometric behavior of fascicles during isometric contractions of a human muscle. *Appl Physiol* 1998;85(4):1230-5.
51. Maganaris CN, Baltzopoulos V, Sargeant AJ. In vivo measurements of the triceps surae complex architecture in man: implications for muscle function. *The J Physiol* 1998;512(2):603-14.
52. Ishikawa M, Pakaslahti J, Komi PV. Medial gastrocnemius muscle behavior during human running and walking. *Gait Posture* 2007;25(3):380-4.
53. Ishikawa M, Komi PV. The role of the stretch reflex in the gastrocnemius muscle during human locomotion at various speeds. *J Appl Physiol* 2007;103:1030-6.
54. Fukunaga T, Kubo K, Kawakami Y, Fukashiro S, Kanehisa H, Maganaris CN. In vivo behaviour of human muscle tendon during walking. *Proc Biol Sci* 2001;268(1464):229-33.
55. Bojsen-Moller J, Magnusson SP, Rasmussen LR, Kjaer M, Aagaard P. Muscle performance during maximal isometric and dynamic contractions is influenced by the stiffness of the tendinous structures. *J Appl Physiol* 2005;99:986-94.
56. Fukashiro S, Kurokawa S, Hay DC, Nagao A. Comparison of muscle-tendon interaction of human M. gastrocnemius between ankle- and Drop-Jumping. *Int J Sport and Health Science* 2005;3:253-63.
57. Ishikawa M, Niemelä E, Komi PV. Interaction between fascicle and tendinous tissues in short-contact stretch-shortening cycle exercise with varying eccentric intensities. *J Appl Physiol* 2005;99:217-23.
58. Van Holsbeeck MT, Introcaso JH. Sonography of muscle. En: Van Holsbeeck MT, Introcaso JH (eds). *Musculoskeletal ultrasound*. 2nd ed. Mosby: St. Louis 2001;23-75.

Recordamos que, con la finalidad de agilizar el contacto con los miembros de FEMEDE y poder remitirles informaciones puntuales de modo inmediato, es interesante se nos facilite un buzón electrónico.

Nombre:

Buzón:

Cumplimentar con mayúsculas. Remitir a: Fax: 948-171431