CAPÍTULO 5

Ayudas Diagnósticas en el Diagnóstico de Lesiones Deportivas

Diagnostic Tools for Sports Injuries

Camilo Alberto Camargo Puerto
CIEDES Hospital Universitario San Rafael de Tunja
https://orcid.org/0000-0002-9607-1692
dc.camilocamargo@gmail.com

Martín Hernán Bonilla Obando
Hospital Universitario San Rafael de Tunja
https://orcid.org/0000-0001-6577-0127
mhbonilla@uniboyaca.edu.co

Raúl Yesid Rodríguez Mayorga
Club Atlético Bucaramanga
https://orcid.org/0000-0002-2605-2461
raurodriguez@uniboyaca.edu.co

Resumen

Los médicos siempre están buscando pruebas diagnósticas rápidas, económicas, fácilmente disponibles y confiables. Afortunadamente, en el diagnóstico por imágenes, contamos con estudios diagnósticos que rápidos, económicos, algunos son de fácil acceso, económicos y confiables, sin embargo tienen sus indicaciones y recomendaciones de uso en las lesiones osteo-musculo-articulares.

El primero de los estudios lleva un largo tiempo en el campo de la medicina, donde los estudios de rayos x han permitido la identificación y evaluación de las estructuras óseas con el análisis de las relaciones articulares. Hoy en día con el advenimiento de nuevas tecnologías la resonancia es un estudio que

Cita este capítulo / *Cite this chapter*

Camargo Puerto CA, Bonilla Obando MH, Rodríguez Mayorga RY. Ayudas diagnósticas en el diagnóstico de lesiones deportivas. En: Calero Saa PA, editor. *Elementos básicos de la rehabilitación deportiva: una mirada multidisciplinaria. Tomo II: evaluación y diagnóstico en el deportista*. Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali; 2026. p. 323-345. https://doi.org/10.35985/9786287914162.5

permite la evaluación de lesiones musculares, ligamentarias y articulares, adicionalmente, da claridad en sobre los trazos de fractura permitiendo identificar con mayor claridad la extensión. Finalmente, la ecografía es un estudio que inicialmente no tenía un gran uso, sin embargo con el paso del tiempo ha ganado campo en la medicina del deporte y no solo sirve como método diagnóstico, sino que también funciona como medida para la realización de procedimientos terapéuticos.

Palabras clave: Radiografía, Resonancia Magnética Nuclear Biomolecular, Ecografía.

Abstract

Doctors are always looking for fast, inexpensive, easily available and reliable diagnostic tests. Fortunately, in diagnostic imaging, we have diagnostic studies that are fast, inexpensive, some are easily accessible, inexpensive and reliable, however they have their indications and recommendations for use in osteo-musculo-articular injuries.

The first of the studies has been in the field of medicine for a long time, where x-ray studies have allowed the identification and evaluation of bone structures with the analysis of joint relationships. Today, with the advent of new technologies, resonance is a study that allows the evaluation of muscle, ligament and joint injuries, additionally, it provides clarity on fracture lines allowing the identification of the extent more clearly. Finally, ultrasound is a study that was not initially widely used, however over time it has gained ground in sports medicine and not only serves as a diagnostic method, but also works as a measure for carrying out therapeutic procedures.

Keywords: *Radiography, Nuclear Magnetic Resonance, Biomolecular, Echography.*

Estudios Imagenológicos en Lesiones Osteo-Musculo-Articulares

Un Análisis Integral de su Uso y Aplicaciones de los Estudios Imagenológicos en la Medicina del Deporte y la Actividad Física

Los médicos siempre están buscando pruebas diagnósticas rápidas, económicas, fácilmente disponibles y confiables, por ende muchas pruebas diagnósticas han aparecido y desaparecido sin cumplir con sus promesas, un ejemplo de ello fue la empresa Theranos Inc. era una corporación privada que tenía como objetivo revolucionar la industria del diagnóstico con pruebas de laboratorio rápidas y directas al consumidor que utilizaban solo "una gota de sangre" y la tecnología Nanotainer patentada por la empresa. Al explotar las lagunas en la política regulatoria, Theranos llevó su panel de pruebas de laboratorio a los pacientes sin una revisión previa a la comercialización ni la validación de una investigación científica revisada por pares. Las investigaciones sobre las operaciones dudosas de Theranos y los resultados inexactos de las pruebas expusieron la empresa fallida que había desperdiciado millones de dólares. Theranos afectó a la vida y la salud de los pacientes, alterando aún más una relación ya tenue entre la atención médica y el público (1).

Afortunadamente, en el diagnóstico por imágenes, contamos con estudios diagnósticos que rápidos, económicos, algunos son de fácil acceso, económicos y confiables, sin embargo tienen sus indicaciones y recomendaciones de uso en las lesiones osteo-musculo-articulares (2, 3).

Radiografía

Una radiografía es una prueba diagnóstica que utiliza rayos X para crear imágenes de los órganos y tejidos internos del cuerpo. También se le conoce como prueba de imagen radiográfica o rayos X. Para su realización se debe colocar una película radiográfica detrás del paciente, posteriormente el aparato de rayos X enfoca un haz de energía sobre la zona del cuerpo que se quiere examinar. Finalmente se emiten un haz de rayos que atraviesan el cuerpo y llegan a la película, donde los tejidos que bloquean más radiación, como los huesos, aparecen como áreas blancas, mientras que los tejidos menos densos, como la grasa o los músculos, aparecen en tonos de gris (4, 5).

Las imágenes son esenciales para evaluar las estructuras articulares sinoviales (incluidos el cartílago, el menisco, la médula ósea subcondral y la membrana sinovial) para el diagnóstico, el pronóstico y el seguimiento. Por este motivo

la radiografía está indicada en procesos patológicos como las luxaciones, subluxaciones, fracturas óseas, disminución de mineralización ósea y algunas patologías oncológicas (6 – 10).

No es posible determinar de manera definitiva la sensibilidad y especificidad de las radiografías óseas para el traumatismo, además la precisión varía ampliamente según la experiencia del radiólogo, la calidad técnica de las imágenes y la probabilidad de lesión previa a la prueba. Algunas de las múltiples dificultades en el diagnóstico del traumatismo de las extremidades inferiores se encuentran las vistas insuficientes, las radiografías subóptimas, las fracturas no desplazadas, la satisfacción de la búsqueda, la falta de comprensión de que las pequeñas fracturas por avulsión pueden indicar una lesión importante de los ligamentos y las fracturas que se producen en presencia de material preexistente. El radiólogo también debe ser consciente de que una fractura puede ser visible solo en una única vista (11, 12).

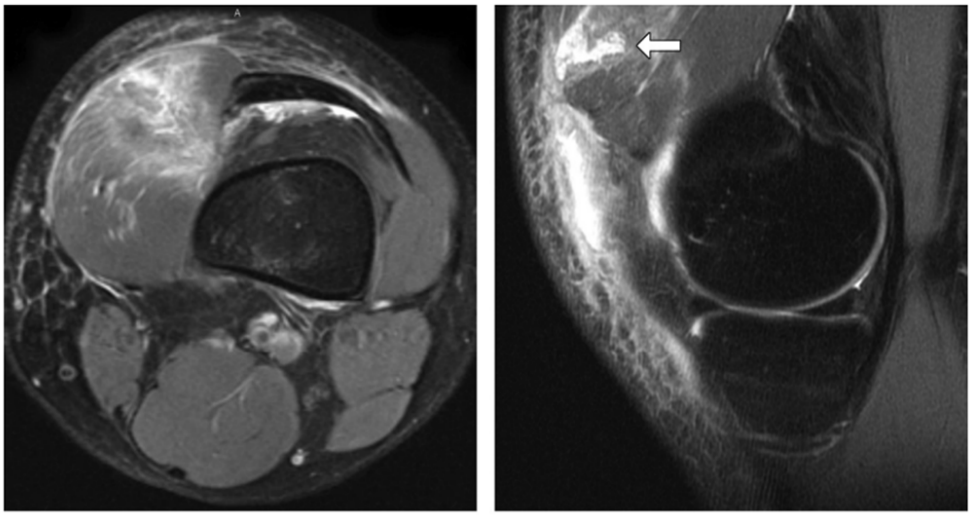
Por otra parte, la radiografía ofrece más información que cualquier otra modalidad de imagen en el estudio de las lesiones óseas y sigue siendo la piedra angular para el diagnóstico diferencial de tumores esqueléticos y lesiones tumorales gracias a su mayor especificidad en la detección de características morfológicas tumorales. Las características radiográficas que ayudan al radiólogo a hacer el diagnóstico de un tumor óseo o lesión tumoral, o al menos reducir las posibilidades diagnósticas, incluyen patrones de destrucción ósea (geográfica, apolillada y permeada), márgenes de la lesión (desde el borde esclerótico hasta el margen mal definido), características internas de la lesión (tumores que no producen matriz, tumores que producen matriz no mineralizada, tumores que producen matriz mineralizada), tipo de respuesta ósea del huésped (medular o perióstica), ubicación (fémur, tibia, húmero, etc.), sitio (metáfisis, diáfisis o epífisis) y posición (central, excéntrica o perióstica) de la lesión en el sistema esquelético y en el hueso individual, afectación de tejidos blandos y naturaleza de la lesión única o múltiple. Los patrones de destrucción ósea, los márgenes y los cambios reactivos en el hueso huésped describen claramente la tasa de crecimiento de una lesión ósea, es decir, su actividad biológica; la matriz de la lesión, así como la ubicación, el sitio y la posición de la lesión pueden permitir un diagnóstico específico (13, 14).

Imagen por Resonancia Magnética

La Resonancia Magnética Nuclear (RMN) es una herramienta diagnostica que utiliza radiación no ionizante aprovechando las propiedades magnéticas del cuerpo humano a diferentes intensidades medidas por teslas - 0,5 y 1,5 (15). La RMN se consolida como una herramienta fundamental para el diagnóstico y manejo de lesiones musculares dada su alta resolución capacidad de evaluación multiplanos esto permite determinar la extensión y gravedad de las lesiones musculares (16).

La resonancia magnética nuclear permite obtener la visualización de lesiones traumáticas y no traumáticas, determinar de manera indirecta el tiempo de evolución (17), las lesiones más frecuentas de tipo aguado se puede clasificar en contusiones, distensiones y/o avulsiones tendinosas (18).

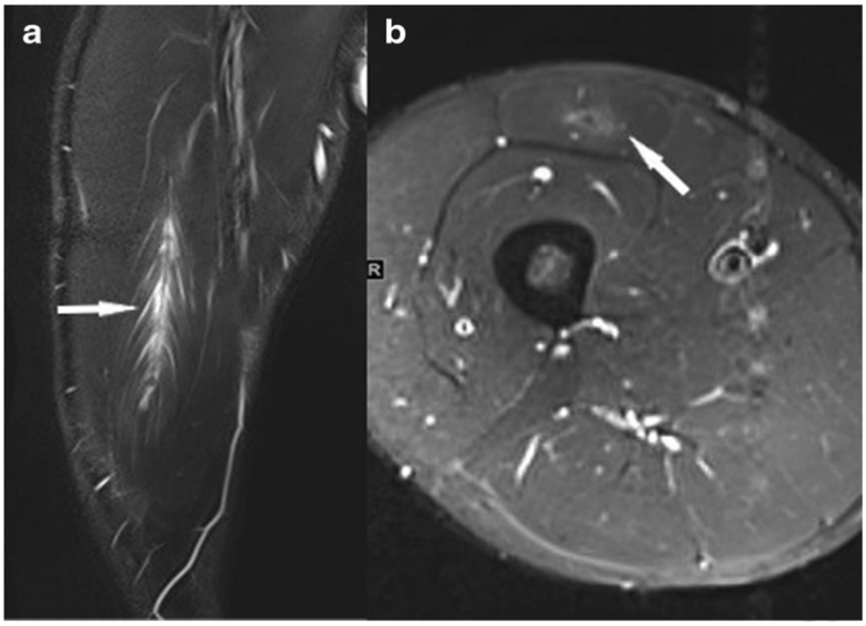
Imagen 1. *Contusiones*



Fuente: Tomada de Flores et al. (17).

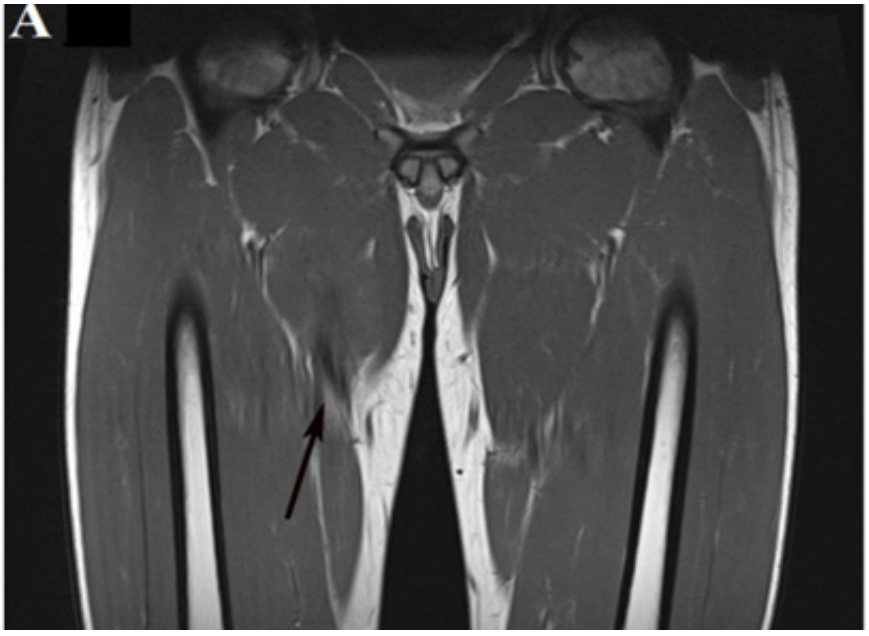
Distensiones musculares se produce por una excesiva tracción o aplicación de una fuerza sobre el tejido muscular con llevando a la presencia de edema sin alteración de la arquitectura o rotura muscular visualizada por RMN (19).

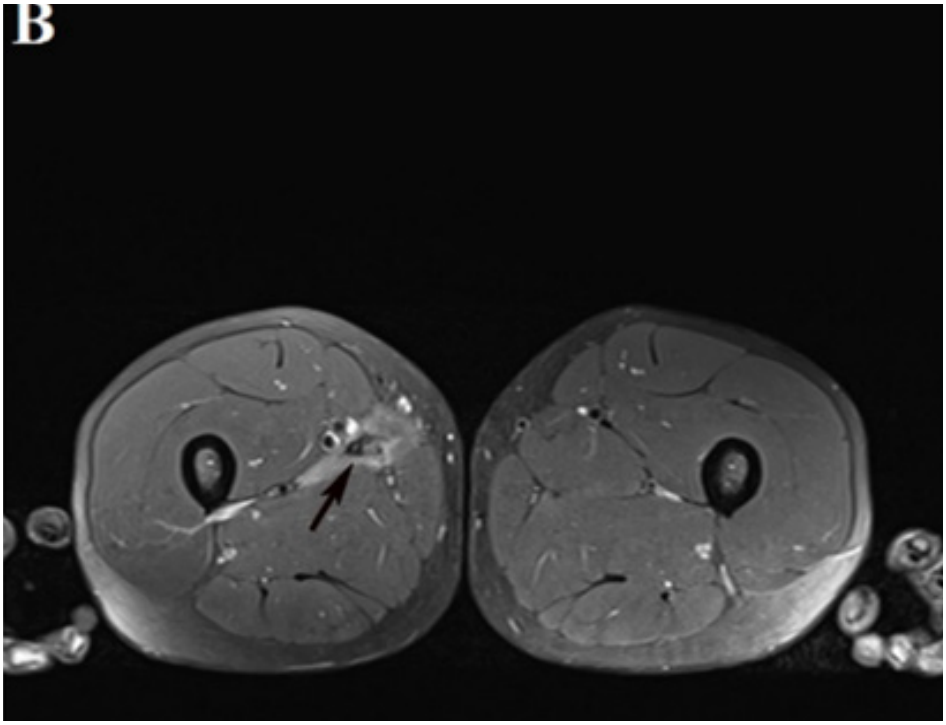
Imagen 2. *Contusiones*



Fuente: Tomada de Thierfelder et al. (20).

Imagen 3. *Avulsiones tendinosas*

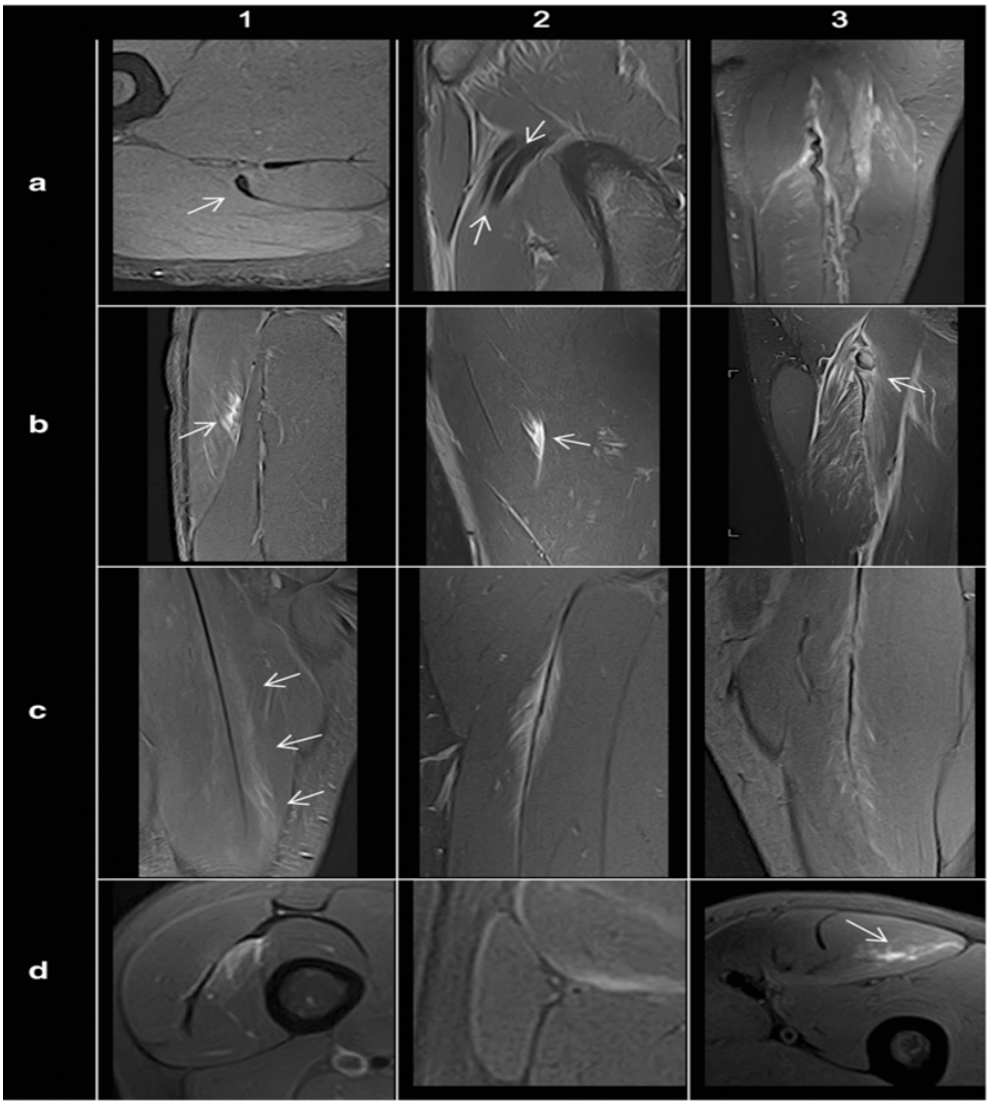




Fuente: Tomada de Masionis et al. (21).

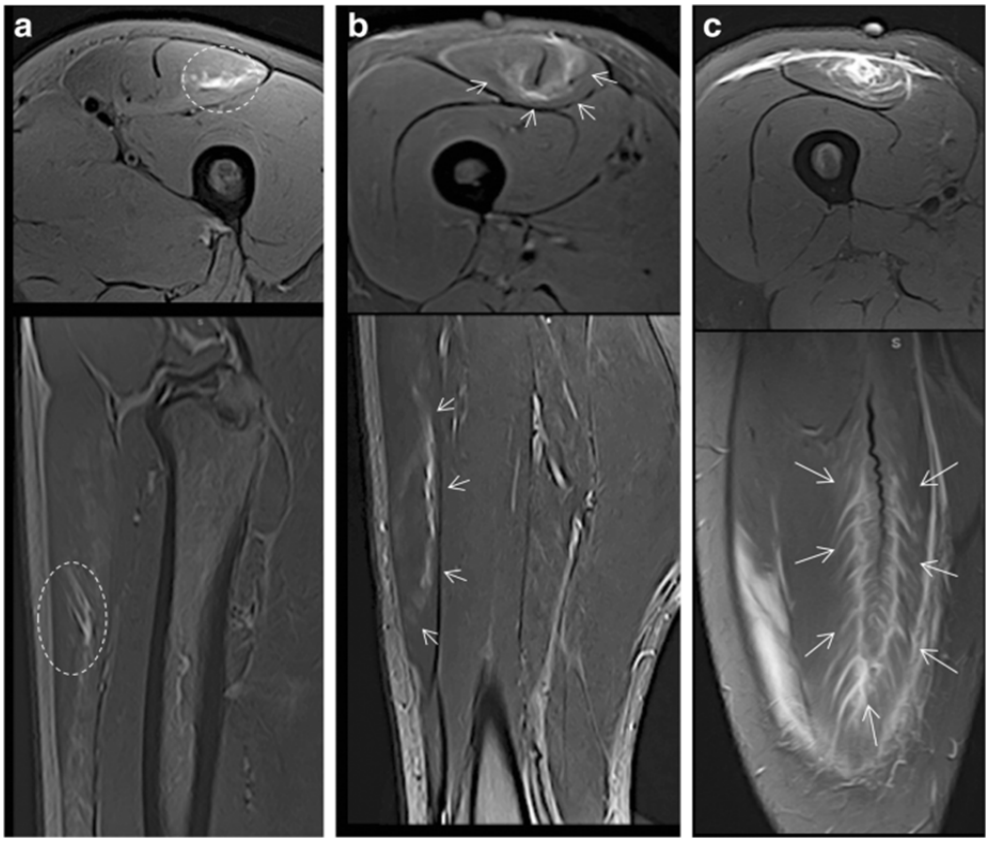
Dentro de los hallazgos más importantes encontramos lesiones tendinosas la siguiente imagen que sigue ilustra claramente una alteración en señal – hiperintensidad se puede acompañar con pérdida de la continuidad.

Imagen 4. *Lesiones tendinosas*



Fuente: Tomada de Reurink et al. (23).

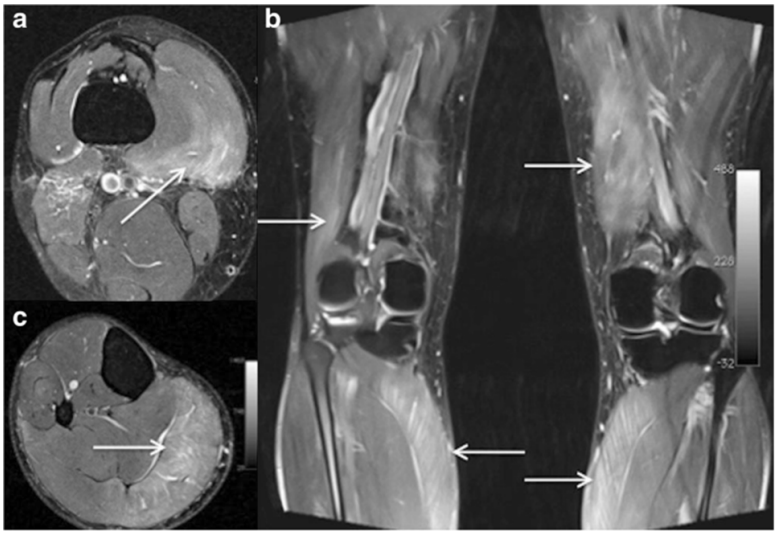
Imagen 5. DOMS



Fuente: *Tomada de Reurink et al.* (23)

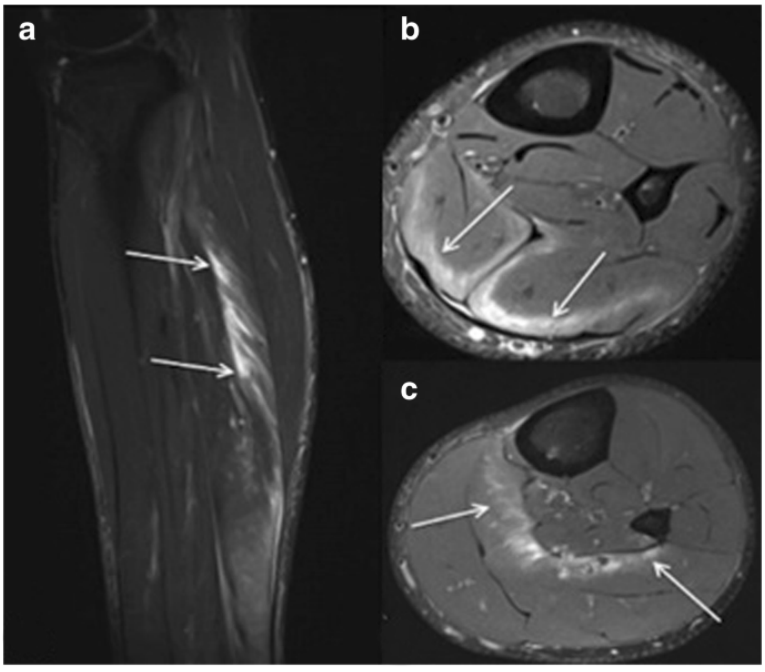
Las principales consideraciones en el diagnóstico diferencial de las lesiones musculares incluyen el dolor muscular de aparición tardía (DOMS) y el edema postejercicio, el DOMS surge entre 24 y 48 horas después de la actividad física intensa que imagenológicamente se evidencia un patrón de edema interfascicular con distribución en forma de pluma, en lo que corresponde al edema postejercicio suele resolverse en pocas horas tras la actividad física y se evidencia como si fuera desgarro muscular leve (20).

Imagen 6. *DOMS*



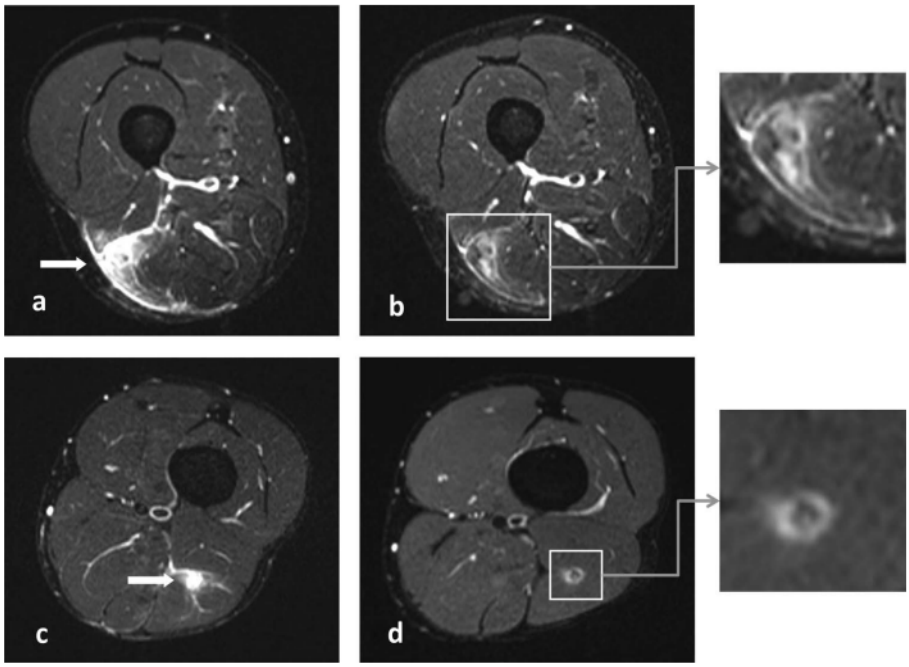
Fuente: Tomada de Thierfelder et al. (20)

Imagen 7. *Edema postejercicio*

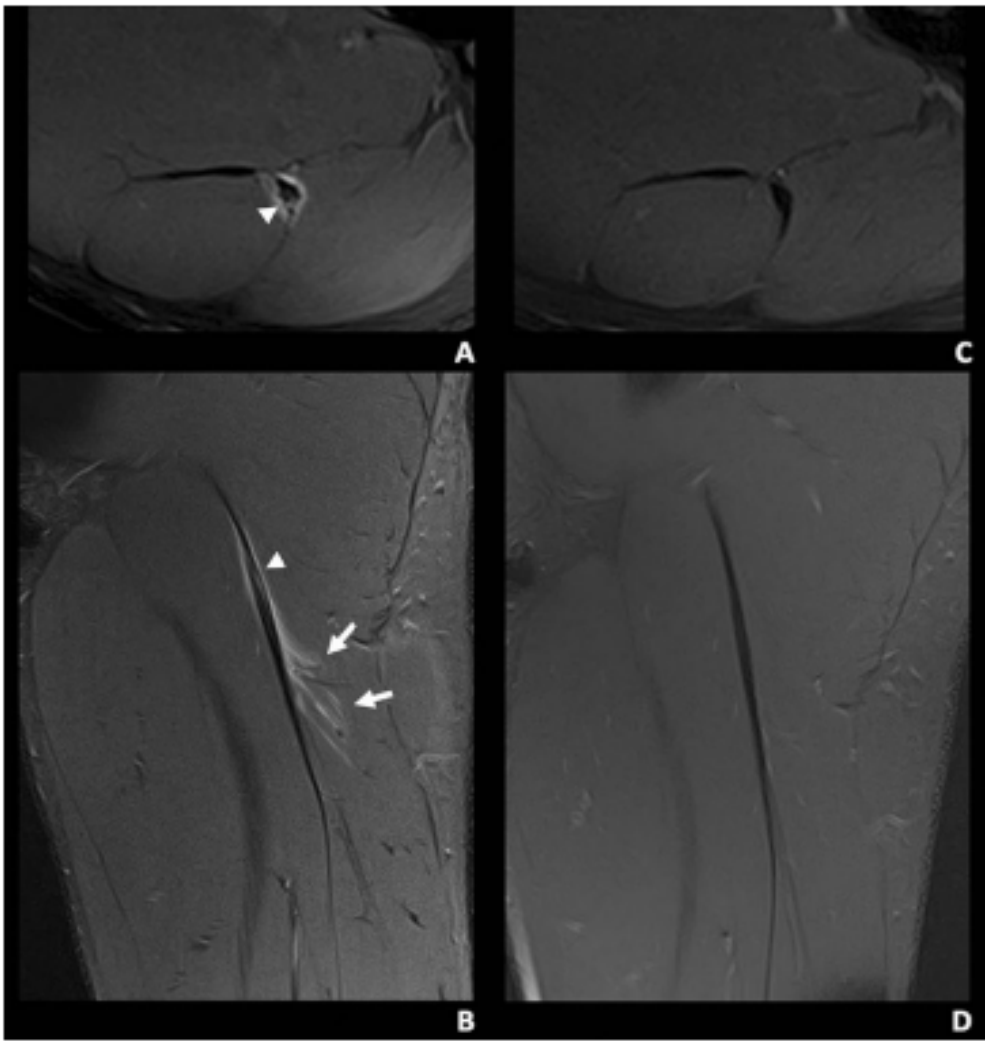


Fuente: Tomada de Thierfelder et al. (20)

La resonancia magnética nuclear (RMN) se ha consolidado como una herramienta fundamental en la evaluación de lesiones musculoesqueléticas en deportistas, permitiendo no solo el diagnóstico preciso, sino también la estimación del tiempo de recuperación y el retorno seguro al juego, en lo que corresponde a lesiones de tipo flexores de rodilla se consideran clínicamente recuperadas cuando una señal de baja intensidad sugestiva de tejido fibroso recientemente formado en el sitio de la lesión (23).



Fuente: Tomada de Reurink et al (23).



Otros parámetros que se deben evaluar para determinar el riesgo de lesiones son patrón de edema intersticial en pluma, edema intermuscular entre otros (22).

Son diversos los sistemas de clasificación de lesiones musculares que se basan en estudios imagenológicos, el sistema de clasificación tradicional de lesiones musculares basado en tres grados como proporciona la tabla siguiente.

Tabla 1. *Resumen de los sistemas de clasificación de lesiones musculares*

Declaración de Consenso de Múnich		**Clasificación de lesiones musculares de British Athletics**		**Clasificación FC Barcelona-Aspetar-Duke**	
Grado 1 (trastorno muscular inducido por fatiga)	Hallazgos negativos en imágenes de RM y ecografía	0 a/b	Imagen de resonancia magnética normal/ Imagen de RM normal o edema irregular	Mecanismo de lesión (M)	I (indirecto) T (directo)
Grado 1B (dolor muscular de aparición tardía, DOMS)	Hallazgos negativos en imágenes de RM /ecografía o solo edema	1a (pequeño desgarro miofascial)	Edema en el borde fascial, <10% de extensión hacia el vientre muscular; <5% de longitud CC	Ubicación de la lesión (L)	P (proximal) M (medio) D (distal)
Grado 2A (trastorno neuromuscular relacionado con la columna vertebral)	Hallazgos negativos en imágenes de RM /ecografía o solo edema	1b (pequeño desgarro de la unión músculo-tendón)	< 10% del CSA del músculo MTJ; < 5 cm de longitud CC; puede notarse una interrupción de fibras de < 1 cm	Clasificación de gravedad (G)	0 (resonancia magnética negativa)
Grado 2B (trastorno neuromuscular relacionado con el músculo)	Hallazgos negativos en la RMN o ecografía o solo edema	2a (desgarro miofascial moderado) 2b (desgarro moderado de la unión músculo-tendinosa)	Edema evidente en el borde fascial con extensión al músculo o edema evidente en la MTJ; Edema de CSA entre 10-50% en el sitio máximo; Longitud CC 5-15 cm; interrupción de fibras arquitectónicas < 5 cm		1 (edema sin hemorragia intramuscular ni distorsión arquitectónica)
Grado 3A (desgarro muscular parcial menor)	Disrupción de fibras en imágenes de RM de 1,5 o 3 T; hematoma intramuscular	2c (desgarro intratendinoso moderado)	El edema se extiende al tendón, con afectación longitudinal del mismo (<5 cm); <50 % del área total máxima del tendón. Sin pérdida de tensión ni discontinuidad dentro del tendón.		2 (edema con distorsión arquitectónica menor de las fibras musculares ± hemorragia intermuscular menor, pero sin espacio entre las fibras)

Grado 3B (desgarro muscular parcial moderado)	Rotura significativa de fibras, probablemente incluyendo cierta retracción, con lesión fascial y hematoma intermuscular.	3a (desgarro miofascial extenso) 3b (desgarro extenso de la unión músculo-tendinosa)	Edema en el borde fascial con extensión al músculo o a la unión músculo-tendón; > 50 % CSA en la unión músculo-tendón; > 15 cm de distancia CC; interrupción de la fibra arquitectónica > 5 cm	Clasificación de gravedad (G)	3 (cualquier espacio cuantificable entre fibras con retracción parcial ± hemorragia intermuscular)
Grado 4 (desgarro muscular subtotal/total o avulsión tendinosa)	Discontinuidad subtotal/ completa del músculo/ tendón; posible morfología ondulada del tendón y retracción, con lesión fascial y hematoma intermuscular	3c (desgarro intratendinoso extenso)	El edema se extiende al tendón con una longitud longitudinal del tendón comprometida > 5 cm; > 50 % del CSA máximo del tendón; probablemente pérdida de tensión del tendón, sin discontinuidad	Lesión tendinosa (r)	r (presencia o no depende de la afectación tendinosa)
		4 (desgarro de espesor total del músculo)	Discontinuidad completa del músculo con retracción.	Número de relesiones musculares (R)	0: 1.er episodio 1: 1.ª relesión 2: 2.ª relesión

Nota. CC circunferencial, unión musculotendinosa, MTJ, área transversal CSA.

Fuente: T*omada de Isern-Kebschull et al.* (22).

La resonancia magnética nuclear (RMN) se ha consolidado como una herramienta esencial en la evaluación de las lesiones musculares, proporcionando información detallada sobre la extensión, gravedad y evolución del proceso de recuperación. Su alta sensibilidad para detectar diferentes lesiones musculares permite un diagnóstico preciso, facilitando la clasificación de las lesiones y la planificación de estrategias de recuperación individualizadas.

Además, la RMN desempeña un papel clave en la predicción del tiempo de recuperación y en la toma de decisiones sobre el retorno seguro a la actividad deportiva dado la capacidad de evaluación del estado del tejido muscular

en cicatrización, ayudando a reducir el riesgo de recaídas y optimizando el rendimiento del atleta.

En conclusión, el uso sistemático de la RMN en el manejo de las lesiones musculares no solo mejora la precisión diagnóstica, sino que también contribuye a una mejor rehabilitación y prevención de futuras lesiones, destacando su importancia en la medicina deportiva y la traumatología musculoesquelética.

Ecografía Musculoesquelética

La ecografía musculoesquelética se ha consolidado en la última década como una herramienta diagnóstica y terapéutica esencial en el ámbito clínico (24, 25). Su capacidad para proporcionar imágenes en tiempo real de alta resolución, combinada con su seguridad y accesibilidad, ha transformado el manejo de múltiples afecciones del sistema musculoesquelético (26, 27). Esta técnica permite evaluar estructuras como músculos, tendones, ligamentos, bursas y articulaciones, lo cual resulta crucial para el diagnóstico de lesiones agudas o crónicas, procesos degenerativos y alteraciones inflamatorias (28).

El interés en la ecografía radica en su carácter no invasivo y en la ausencia de radiación ionizante, aspectos que la hacen muy segura en diferentes contextos clínicos (29). Además de su accesibilidad en entornos no hospitalarios como lo demandan algunos contextos deportivos (30). La posibilidad de realizar exploraciones dinámicas y comparativas ha facilitado la integración de la ecografía en la evaluación tanto ambulatoria como en el seguimiento de deportistas (28,30).

Otro aspecto relevante es la utilidad de la ecografía para procedimientos eco guiados, que han ganado popularidad en los últimos años por su precisión y seguridad (30). Estos procedimientos, que incluyen desde infiltraciones hasta aspiraciones y biopsias, han demostrado mejorar la eficacia de las intervenciones terapéuticas (31). La versatilidad y la rapidez de esta modalidad la convierten en una opción de primera línea para el manejo de afecciones musculoesqueléticas (32).

Usos y Aplicaciones en Patologías Musculoesqueléticas

La ecografía musculoesquelética se ha convertido en una herramienta indispensable para el diagnóstico y seguimiento de diversas patologías (24, 33). Su aplicación abarca desde lesiones tendinosas hasta enfermedades articulares y afecciones de tejidos blandos.

i. **Lesiones Tendinosas:** En el diagnóstico de lesiones tendinosas, la ecografía permite identificar roturas parciales o completas, tendinopatías crónicas y calcificaciones intratendinosas. Por ejemplo, en la tendinopatía del manguito rotador, la técnica visualiza alteraciones en el tendón supraespinoso, lo cual es esencial para determinar la gravedad de la lesión y guiar el tratamiento (30, 34).

ii. **Patologías Articulares:** La ecografía se utiliza para evaluar derrames articulares, sinovitis y cambios estructurales en diversas articulaciones (27). En la osteoartritis, se pueden detectar signos de inflamación sinovial, erosiones óseas y alteraciones en el cartílago. Además, en enfermedades inflamatorias como la artritis reumatoide, la técnica ayuda a identificar hiperemia y engrosamiento sinovial, permitiendo la intervención temprana (34, 35).

iii. **Bursitis y Lesiones de Tejidos Blandos:** La ecografía es fundamental en el diagnóstico de bursitis, al identificar la acumulación de líquido en las bursas y distinguir entre procesos inflamatorios y degenerativos. En el manejo de la bursitis trocantérica, por ejemplo, la visualización precisa mediante ecografía respalda tanto el diagnóstico como la realización de procedimientos eco guiados (36, 37).

iv. **Lesiones Musculares:** La evaluación de lesiones musculares—como desgarros, hematomas y procesos fibrosos—se beneficia de la ecografía, ya que permite determinar la extensión de la lesión y monitorizar su evolución. En deportistas, una detección temprana y precisa de lesiones musculares resulta clave para la planificación de la rehabilitación y la prevención de complicaciones (27,29).

v. **Seguimiento Postoperatorio:** La ecografía también se emplea en el seguimiento de intervenciones quirúrgicas musculoesqueléticas. Tras cirugías articulares o reparaciones tendinosas, la técnica posibilita la monitorización de la curación, la detección temprana de complicaciones y el ajuste de protocolos de rehabilitación según la evolución del paciente (26, 30).

vi. **Procedimientos Ecoguiados:** La realización de procedimientos ecoguiados ha revolucionado el manejo terapéutico en el campo musculoesquelético, ofreciendo intervenciones precisas y seguras. La visualización en tiempo real de la aguja y de las estructuras anatómicas reduce el riesgo de complicaciones y aumenta la eficacia de la intervención (32).

vii. **Infiltraciones Intraarticulares:** La administración ecoguiada de fármacos, como corticoides o ácido hialurónico, permite una distribución homogénea del tratamiento en la cavidad articular. Estudios han demostrado que estas infiltraciones ecoguiadas presentan una mayor eficacia y menor tasa de complicaciones en comparación con técnicas basadas únicamente en referencias anatómicas (38).

viii. **Aspiración de Líquido Sinovial:** En casos de artritis o sospecha de infección, la ecografía facilita la localización precisa del derrame articular, lo que permite una aspiración segura y eficaz para análisis bioquímicos y microbiológicos. Este procedimiento resulta esencial para confirmar diagnósticos y aliviar la sintomatología del paciente (34, 38).

ix. **Infiltraciones Peritendinosas:** Para el tratamiento de tendinopatías crónicas, la inyección ecoguiada de agentes antiinflamatorios o de plasma rico en plaquetas (PRP) asegura que el medicamento se administre en el sitio exacto de la lesión, maximizando la eficacia del tratamiento y minimizando efectos adversos (39).

x. **Biopsia Ecoguiada:** La ecografía se utiliza para guiar la biopsia de lesiones musculoesqueléticas, permitiendo la obtención de muestras representativas para el diagnóstico histopatológico. Esta modalidad es particularmente útil en casos de lesiones sospechosas de malignidad o en procesos inflamatorios crónicos (33).

xi. **En conclusión**, los procedimientos ecoguiados optimizan el manejo terapéutico en la práctica clínica, mejorando tanto la precisión diagnóstica como la seguridad del paciente (38).

Aplicaciones en Medicina del Deporte y Actividad Física

La ecografía musculoesquelética se ha consolidado como una herramienta esencial en la medicina del deporte, permitiendo diagnósticos rápidos y precisos, así como intervenciones que aceleran la recuperación de lesiones deportivas, como lo puede ser el uso de ortobiológicos en una estructura especifica que se desee tratar (40). Su aplicación en este campo permite abordar desde la evaluación inicial de lesiones hasta el seguimiento y la optimización del rendimiento.

En definitiva, la ecografía musculoesquelética es una herramienta integral en la medicina del deporte, facilitando el diagnóstico, la intervención y el seguimiento de lesiones, lo que resulta en una mejora del rendimiento y una optimización

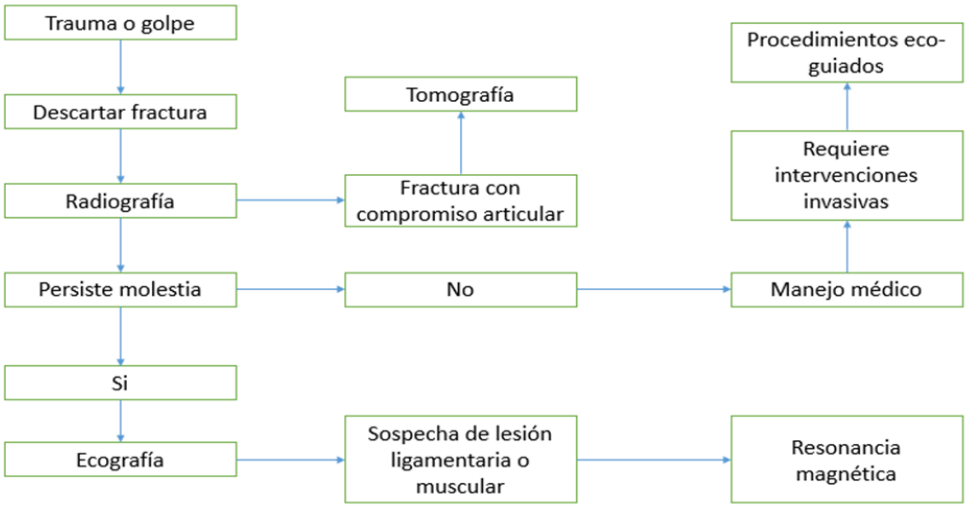
de la atención médica en deportistas. La integración de procedimientos ecoguiados ha permitido realizar intervenciones mínimamente invasivas con alta precisión, reduciendo complicaciones y mejorando los resultados terapéuticos. Aunque existen limitaciones, como la dependencia del operador y la evaluación de estructuras profundas, la evidencia científica respalda su uso en una amplia variedad de aplicaciones.

La formación continua, la estandarización de protocolos y la incorporación de nuevas tecnologías, como el análisis digital y la inteligencia artificial, prometen superar estas limitaciones y potenciar aún más el uso de la ecografía musculoesquelética en la práctica clínica moderna. En definitiva, la ecografía es una herramienta multifacética que, bien utilizada, mejora significativamente el diagnóstico, el seguimiento y la intervención terapéutica en pacientes con patologías musculoesqueléticas, beneficiando tanto a la población general como a deportistas de alto rendimiento.

Tabla 2. *Uso de ayudas diagnosticas*

Técnica	Estructuras evaluadas	Usos
Radiografía	Las imágenes son esenciales para evaluar las estructuras articulares sinoviales (incluidos el cartílago, el menisco, la médula ósea subcondral y la membrana sinovial) para el diagnóstico, el pronóstico y el seguimiento	Luxaciones, subluxaciones, fracturas óseas, disminución de mineralización ósea y algunas patologías oncológicas
Resonancia magnética nuclear	Permite obtener la visualización de lesiones traumáticas y no traumáticas, evaluando no solo la estructura ósea, sino también ligamentos, estructuras musculares y cartilaginosas.	Distensiones musculares, lesiones tendinosas, lesiones musculares, fracturas con compromiso intraarticular
Ecografía musculo-esquelética	Permite evaluar estructuras como músculos, tendones, ligamentos, bursas y articulaciones	Bursitis y lesiones de tejidos blandos, lesiones musculares, lesiones tendinosas, derrames articulares, procedimientos ecoguiados, aspiración de líquido sinovial.

Figura 1. *Esquema de toma de decisiones*



Referencias

1. Das RK, Drolet BC. Lessons from theranos – restructuring biomedical innovation. J Med Syst [Internet]. 2022;46 (5). Disponible en: http://dx.doi.org/10.1007/s10916-022-01813-3
2. Crim J. Bone radiographs: sometimes overlooked, often difficult to read, and still important. Skeletal Radiol [Internet]. 2024;53 (9):1687–98. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1007/s00256-023-04498-y
3. Schreiber JJ, Anderson PA, Hsu WK. Use of computed tomography for assessing bone mineral density. Neurosurg Focus [Internet]. 2014;37 (1):E4. Disponible en: http://dx.doi.org/10.3171/2014.5.focus1483
4. Renner JB. Conventional radiography in musculoskeletal imaging. Radiol Clin North Am [Internet]. 2009;47 (3):357–72. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1016/j.rcl.2009.01.005
5. Sofka CM, Pavlov H. The history of clinical musculoskeletal radiology. Radiol Clin North Am [Internet]. 2009;47 (3):349–56. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1016/j.rcl.2008.12.003

6. Guermazi A, Hayashi D, Eckstein F, Hunter DJ, Duryea J, Roemer FW. Imaging of osteoarthritis. Rheum Dis Clin North Am [Internet]. 2013;39 (1):67–105. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1016/j.rdc.2012.10.003

7. Pitcairn S, Kromka J, Hogan M, Anderst W. Validation and application of dynamic biplane radiography to study in vivo ankle joint kinematics during high-demand activities. J Biomech [Internet]. 2020;103 (109696):109696. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiomech.2020.109696

8. Martel D, Monga A, Chang G. Osteoporosis imaging. Radiol Clin North Am [Internet]. 2022;60 (4):537–45. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1016/j.rcl.2022.02.003

9. Fraldi M, Palumbo S, Cutolo A, Carotenuto AR, Bigoni D. Bimodal buckling governs human fingers' luxation. Proc Natl Acad Sci U S A [Internet]. 2023;120 (44). Disponible en: http://dx.doi.org/10.1073/pnas.2311637120

10. Mick P, Fischer C. Delayed fracture healing. Semin Musculoskelet Radiol [Internet]. 2022;26 (03):329–37. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1055/s-0041-1740380

11. Ha AS, Porrino JA, Chew FS. Radiographic pitfalls in lower extremity trauma. AJR Am J Roentgenol [Internet]. 2014;203 (3):492–500. Disponible en: http://dx.doi.org/10.2214/ajr.14.12626

12. Whang JS, Baker SR, Patel R, Luk L, Castro A III. The causes of medical malpractice suits against radiologists in the United States. Radiology [Internet]. 2013;266 (2):548–54. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1148/radiol.12111119

13. Priolo F, Cerase A. The current role of radiography in the assessment of skeletal tumors and tumor-like lesions. Eur J Radiol [Internet]. 1998;27:S77–85. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1016/s0720-048x(98)00047-3

14. González-Huete A, Salgado-Parente A, Suevos-Ballesteros C, Antolinos-Macho E, Ventura-Díaz S, Michael-Fernández A, et al. Radiographic evaluation of bone tumors. Radiographics [Internet]. 2023;43 (11). Disponible en: http://dx.doi.org/10.1148/rg.230048

15. Berger A. How does it work?: Magnetic resonance imaging. BMJ [Internet]. 2002;324 (7328):35–35. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1136/bmj.324.7328.35

16. Crema MD, Yamada AF, Guermazi A, Roemer FW, Skaf AY. Imaging techniques for muscle injury in sports medicine and clinical relevance. Curr Rev Musculoskelet Med [Internet]. 2015;8 (2):154–61. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1007/s12178-015-9260-4

17. Flores DV, Mejía Gómez C, Estrada-Castrillón M, Smitaman E, Pathria MN. MR imaging of muscle trauma: Anatomy, biomechanics, pathophysiology, and imaging appearance. Radiographics [Internet]. 2018;38 (1):124–48. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1148/rg.2018170072

18. Kumaravel M, Bawa P, Murai N. Magnetic resonance imaging of muscle injury in elite American football players: Predictors for return to play and performance. Eur J Radiol [Internet]. 2018;108:155–64. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrad.2018.09.028

19. Kilic KK, Yuncu M, Dogruoz F, Buyukarslan V, Ertan MB, Kose O. Correlation between MRI findings and functional outcomes in patients with calf muscle strain injuries: a retrospective study on 78 patients. BMC Musculoskelet Disord [Internet]. 2024;25 (1). Disponible en: http://dx.doi.org/10.1186/s12891-024-08119-0

20. Thierfelder KM, Gerhardt JS, Gemescu IN, Notohamiprodjo S, Rehnitz C, Weber M-A. Imaging of hip and thigh muscle injury: a pictorial review. Insights Imaging [Internet]. 2019;10 (1). Disponible en: http://dx.doi.org/10.1186/s13244-019-0702-1

21. Masionis P, Popov K, Kurtinaitis J, Uvarovas V, Porvaneckas N. Surgical treatment of the adductor longus muscle's distal tendon total rupture in a soccer player. Orthop Traumatol Surg Res [Internet]. 2016;102 (5):673–6. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1016/j.otsr.2016.03.011

22. Isern-Kebschull J, Mechó S, Pruna R, Kassarjian A, Valle X, Yanguas X, et al. Sports-related lower limb muscle injuries: pattern recognition approach and MRI review. Insights Imaging [Internet]. 2020;11 (1). Disponible en: http://dx.doi.org/10.1186/s13244-020-00912-4

23. Reurink G, Goudswaard GJ, Tol JL, Almusa E, Moen MH, Weir A, et al. MRI observations at return to play of clinically recovered hamstring injuries. Br J Sports Med [Internet]. 2014;48 (18):1370–6. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2013-092450

24. Correa J, Abella P, Walteros E. Infiltración ecoguiada articular de plasma rico en factores de crecimiento como terapia regenerativa en lesiones

del manguito rotador. Rev Colomb Ortop Traumatol [Internet]. 2020;34 (1):39–44. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1016/j.rccot.2020.04.015

25. Ruiz Santiago F, Orellana González C, Moraleda Cabrera B, Láinez Ramos-Bossini AJ. Ultrasound guided procedures in the musculoskeletal system: a narrative review with illustrative examples. Quant Imaging Med Surg [Internet]. 2024;14 (11):8028–49. Disponible en: http://dx.doi.org/10.21037/qims-24-176

26. Andersen CA, Holden S, Vela J, Rathleff MS, Jensen MB. Point-of-care ultrasound in general practice: A systematic review. Ann Fam Med [Internet]. 2019;17 (1):61–9. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1370/afm.2330

27. Conangla-Ferrin L, Guirado-Vila P, Solanes-Cabús M, Teixidó-Gimeno D, Díez-García L, Pujol-Salud J, et al. Ultrasound in primary care: Consensus recommendations on its applications and training. Results of a 3-round Delphi study. Eur J Gen Pract [Internet]. 2022;28 (1):253–9. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1080/13814788.2022.2150163

28. Tan Q, Baek S-S. Musculoskeletal ultrasound and its application in sports medicine. Rev Brasil Med Esporte [Internet]. 2021;27 (8):764–6. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1590/1517-8692202127082021_0349

29. Pan G. Current status of dynamic musculoskeletal ultrasound for application to treatment of orthopedic diseases. Am J Transl Res [Internet]. 2024;16 (6):2180–9. Disponible en: http://dx.doi.org/10.62347/wher3512

30. Tok F, Özçakar L, De Muynck M, Kara M, Vanderstraeten G. Musculoskeletal ultrasound for sports injuries. Eur J Phys Rehabil Med. 2012;48 (4):651–63; quiz 707.

31. Hattori S, Saggar R, Heidinger E, Qi A, Mullen J, Fee B, et al. Advances in ultrasound-guided surgery and artificial intelligence applications in musculoskeletal diseases. Diagnostics (Basel) [Internet]. 2024;14 (18):2008. Disponible en: http://dx.doi.org/10.3390/diagnostics14182008

32. Klauser AS, Peetrons P. Developments in musculoskeletal ultrasound and clinical applications. Skeletal Radiol [Internet]. 2010;39 (11):1061–71. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1007/s00256-009-0782-y

33. El-Tallawy SN, Nalamasu R, Salem GI, LeQuang JAK, Pergolizzi JV, Christo PJ. Management of musculoskeletal pain: An update with emphasis on

chronic musculoskeletal pain. Pain Ther [Internet]. 2021;10 (1):181–209. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1007/s40122-021-00235-2

34. Rai N, Ranjan RK, Xalxo AR, Toppo SK. Comparative study of MRI and Ultrasound in diagnosing musculoskeletal soft tissue tumours. J Pharm Bioallied Sci [Internet]. 2024; Disponible en: http://dx.doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_1113_24

35. Wakefield RJ, Balint PV, Szkudlarek M, Filippucci E, Backhaus M, D'Agostino M-A, et al. Musculoskeletal ultrasound including definitions for ultrasonographic pathology. J Rheumatol. 2005;32 (12):2485–7.

36. Chen CC, Chen DY. The clinical utility of musculoskeletal ultrasound for disease activity evaluation and therapeutic response prediction in rheumatoid arthritis patients: A narrative review. J Med Ultrasound [Internet]. 2023; Disponible en: http://dx.doi.org/10.4103/jmu.jmu_126_22

37. D'Agostino V, Sorriento A, Cafarelli A, Donati D, Papalexis N, Russo A, et al. Ultrasound imaging in knee osteoarthritis: Current role, recent advancements, and future perspectives. J Clin Med [Internet]. 2024;13 (16):4930. Disponible en: http://dx.doi.org/10.3390/jcm13164930

38. Kaeley GS, Bakewell C, Deodhar A. The importance of ultrasound in identifying and differentiating patients with early inflammatory arthritis: a narrative review. Arthritis Res Ther [Internet]. 2020;22 (1). Disponible en: http://dx.doi.org/10.1186/s13075-019-2050-4

39. Albano D, Aringhieri G, Messina C, De Flaviis L, Sconfienza LM. High-frequency and ultra-high frequency ultrasound: Musculoskeletal imaging up to 70 MHz. Semin Musculoskelet Radiol [Internet]. 2020;24 (02):125–34. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1055/s-0039-3401042

40. Nwawka OK. Update in musculoskeletal ultrasound research. Sports Health [Internet]. 2016;8 (5):429–37. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1177/1941738116664326