



**Universitat Autònoma
de Barcelona**

TESIS DOCTORAL

**TÍTULO: EL MÚSCULO SÓLEO: ANATOMÍA, HISTOLOGÍA, TOPOGRAFÍA
Y PRONÓSTICO DE LAS LESIONES MUSCULARES**

Autor: Carles Pedret Carballido

Director: Dr. Joan Nardi Vilardaga

Director: Dr. Ramon Balius Matas

Director: Dr. Gil Rodas Font

**Línea de investigación: Traumatología y Ortopedia. Departamento de Cirugía.
Universitat Autònoma de Barcelona.**

Septiembre 2013

"Mejor ser feliz en esta vida, que aspirar a serlo en la venidera.

Resquiescat in Pace".

Ezio Auditore

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Gil Rodas, al Dr. Ramon Balius y al Dr. Joan Nardi por guiarme en todo momento a lo largo del proceso de investigación y redacción de esta tesis doctoral así como de muchos otros proyectos.

A todos los colaboradores y co-autores que han contribuido, de una forma u otra, en mi formación como investigador y como persona: Dr. Xavier Alomar, Dr. José Peña, Dr. Xavier Manubens, Dra. Maribel Miguel-Pérez, Dr. Lluís Capdevila, Montse Pujol, Laura Pacheco, Dr. Juan Blasi, Dra. Mari Carmen Dobado, Dr. Javier Mota, Dr. Fernando Idoate, Dr. Ángel Ruiz-Cotorro, Dra. Asun Estruch...

Agradecer especialmente al Dr. Ignacio Loyola García-Forcada, jefe de Servicio de traumatología del hospital Joan XXIII de Tarragona, por inculcarme antes que nadie el espíritu científico y darme la oportunidad de empezar a trabajar en proyectos de investigación que posteriormente pude continuar con los doctores Gil Rodas y Ramon Balius, mis mentores.

También agradecer a la secretaria de Departament de Cirurgia de Vall d'Hebron por su gran eficacia y profesionalidad.

En el ámbito personal dedicar esta tesis doctoral a mis padres, Montserrat y Josep y a mi familia, la auténtica, la cercana, por estar siempre a mi lado.

A Nuc, porque tantas horas como he estado yo sentado trabajando él ha estado a mi lado.

A mis amigos, sin ellos, en múltiples ocasiones mi cabeza se hubiera sumido en el caos.

Finalmente a Eulàlia, por permitirme ver la vida de una manera distinta.

A todos, gracias.

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

RM Resonancia Magnética

UMT Unión Músculo-Tendinosa

RTP *Return-To-Play*; retorno a la competición

MFA Miofascial Anterior

MTL Músculo-Tendinosa Lateral

MTC Músculo-Tendinosa del tendón Central

MTM Músculo-Tendinosa Medial

MFP Miofascial Posterior

MF Miofascial

MT Músculo-Tendinosa

TVP Trombosis Venosa Profunda

RICE Rest Ice Compression Elevation

SUMARIO

1	INTRODUCCIÓN	8
1.1	Clasificación de la lesión muscular.....	8
1.2	Mecanismo de producción de la lesión muscular.	15
2	LÍNEA DE INVESTIGACIÓN. ESTUDIOS REALIZADOS.....	22
2.1	The Soleus muscle: MRI, anatomic and histologic findings in cadavers with clinical correlation of strain injury distribution. Balius R, Alomar X, Rodas G, Miguel-Perez M, Pedret C, Dobado M, Blasi J, Koulouris G. Skeletal Radiol 2013; 42: 521–30.....	22
2.2	Lesiones Musculares en el deporte. Balius R, Pedret C. Ed. Panamericana. 2013. Capítulo 22. Lesiones del tríceps sural.	25
3	ESTUDIOS PUBLICADOS	27
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	69
5	CONCLUSIONES	77
6	BASES PARA ESTUDIOS FUTUROS.....	78
7	BIBLIOGRAFÍA.....	79
8	ANEXO 1.....	87
8.1	Soleus muscle injury: Sensitivity of ultrasound and sonographic patterns. Balius R, Rodas G, Pedret C, Capdevila Ll, Alomar X.	87
8.2	Return to play after soleus muscle injuries. Balius R, Rodas G, Pedret C, Capdevila Ll, Alomar X.....	92
9	ANEXO 2.....	98

1 INTRODUCCIÓN

El músculo esquelético es un órgano formado por tejido muscular esquelético, tejido conectivo, tejido nervioso y vasos sanguíneos. Estos se disponen y relacionan entre sí dando lugar a una configuración histoarquitectónica característica determinada por la función del músculo esquelético, la contracción (potente y unidireccional), que determina el alto grado de organización que se observa en sus diferentes niveles tisular, celular y molecular (Fiorentino 2012; Balias 2005).

El tejido muscular esquelético representa el componente contráctil y constituye el elemento predominante (90%) en la estructura del órgano. Se encuentra en estrecha asociación con el tejido conectivo, esencial para el mantenimiento de la integridad y la función adecuada del músculo (Balias 2005). Por su parte, el tejido nervioso está íntimamente relacionado con el tejido muscular, creando una unidad funcional a través de la sinapsis especializada entre fibra nerviosa y fibra muscular. Finalmente, las altas necesidades energéticas que se requieren durante la contracción determinan que el músculo esquelético posea una rica vascularización.

Al ser un tejido tremendamente dinámico, su estructura es relativamente vulnerable a la lesión. Las lesiones musculares suponen el tipo de lesión más frecuente en el mundo del deporte con un índice del 31% del total de lesiones y un 30% de re-lesiones (Ekstrand 2008). Dada la gran variedad de grupos musculares y los múltiples factores que influyen en la lesión, el tiempo de recuperación de estas lesiones es muy variable incluso en lesiones que se ocasionan en el mismo músculo o grupo muscular (Ekstrand 2011).

Los grupos musculares más afectados son los de las extremidades inferiores. En primer lugar los isquiosurales, seguidos por el cuádriceps, en tercer lugar los aductores y por último el complejo del tríceps sural (Ekstrand 2011).

1.1 Clasificación de la lesión muscular

La clasificación de las lesiones musculares es fundamental para su comprensión. Así, pueden clasificarse de diversas maneras que además son complementarias entre ellas y nos ayudan a comprender la dimensión de las mismas y su pronóstico (Ekstrand 2011;

Hägglund 2010; Mueller-Wohlfahrt 2013). Esta es una herramienta básica para el correcto tratamiento.

Según el mecanismo de producción. Esta clasificación proporciona una clara noción de la gravedad y el pronóstico de la lesión. Pueden observarse lesiones musculares por mecanismo directo debido a contusiones más o menos importantes, lesiones musculares por mecanismo indirecto o estiramiento y el dolor muscular de inicio retardado (Tabla 1.1.1).

Tabla 1.1.1 Clasificación de la lesión muscular según el mecanismo de producción.

Mecanismo de Producción	Directo (según clínica)	Grado 1. Arco movilidad conservado
		Grado 2. Arco movilidad limitado <50%
		Grado 3. Arco movilidad limitado >50%
	Indirecto (según ecografía y/o RM)	Grado 0. Antecedente lesión: no concreto. Exploración física: anodina. Imagen: negativa.
		Grado 1. Antecedente lesión: no concreto. Exploración física: anodina. Imagen: edema.
		Grado 2. Antecedente lesión: Concreto. Exploración física: específica. Imagen: disrupción muscular
		Grado 3. Antecedente lesión: Concreto y brutal. Exploración física: aparatosa o imposible. Imagen: Ruptura muscular o avulsión
Dolor Muscular Postesfuerzo	De agujetas a Rabdomiolisis	

Las lesiones por mecanismo directo pueden clasificarse a su vez en función de la limitación de la movilidad que producen en las articulaciones vecinas. Se considera una lesión de grado 1 cuando el dolor no limita la movilidad articular; de grado 2, cuando la limitación supera el 50% del arco fisiológico de la articulación vecina y de grado 3, cuando la limitación supera éste 50%. Por tanto, ante una contusión en un muslo, el

grado 1 permite la flexión completa de la rodilla, el grado 2 la flexión supera los 90° pero no es completa y en el grado 3 la rodilla es incapaz de alcanzar estos 90°.

Las lesiones musculares por mecanismo indirecto se valoran inicialmente mediante anamnesis y exploración clínica. Así, en el grado 1 la circunstancia en el que acontece el accidente no es concreta y la exploración prácticamente anodina; en el grado 2, la exploración clínica es más específica y el antecedente de la lesión detallado; finalmente, en el grado 3 la circunstancia accidental suele ser muy precisa y la exploración muy aparatosa o, si existe un gran componente flogótico, imposible de realizar. Además de realizar esta exploración clínica, para poder emitir un buen diagnóstico es muy útil la utilización de distintos métodos complementarios, básicamente la ecografía y/o la resonancia magnética (RM). A partir de estas pruebas las lesiones musculares por mecanismo indirecto se dividen en grado 0 (pruebas complementarias negativas), 1 (evidencia de edema), grado 2 (Disrupción muscular) y grado 3 (Ruptura muscular completa, avulsión) en función de la afectación de fibras musculares observada en las diferentes pruebas complementarias. Esta clasificación fue propuesta por Peetrans (2002) usando ultrasonidos y posteriormente Davis (2008) la adaptó al estudio por RM (Tabla 1.1.2).

Tabla 1.1.2. Clasificación de las lesiones musculares mediante RM descrita por Davis (2008) y aplicada especialmente a la musculatura isquiosural. Davis propuso esta clasificación a partir de la de Peetrans (2002) para la ecografía. RM: Resonancia Magnética

Grado 0	Ausencia de imagen patológica usando ecografía o RM, a pesar de un diagnóstico clínico de lesión.
Grado 1	Elongación mínima con menos del 5% de músculo implicado.
Grado 2	Rotura muscular parcial, que afecta entre un 5% y un 50% de volumen muscular o área.
Grado 3	Rotura muscular completa con completa retracción. Normalmente estas lesiones son clínicamente muy evidentes ya que la masa muscular afectada forma una masa visible con un hachazo distal a ésta fácilmente palpable.

Según la zona anatómica afectada. Para comprender la localización exacta de la lesión muscular hemos de tener en cuenta que el aparato locomotor posee un componente

fascial y un componente músculo-tendinoso (Figura 1.1). El componente fascial, es estructural y está formado por elementos conectivos (epimisio, perimisio y endomisio). El componente músculo-tendinoso es funcional y dinámico y lo forman los tendones y las aponeurosis como transmisores de fuerza, así como la fibra muscular como elemento contráctil. A efectos de la clasificación de la lesión muscular, aponeurosis y tendones tienen una misma trascendencia clínica, por lo que en la literatura se habla indistintamente de ellos (Lieber 2000).

Para entender el comportamiento y las consecuencias de la patología del sistema músculo-esquelético, también es importante tener en cuenta la fascia superficial y fascia profunda (Yablonka 2011). La Fascia Superficial es la capa que lo envuelve inmediatamente por debajo de la piel; es decir, la capa grasa subcutánea, formada por la propia grasa y por tejido conectivo denso y laxo. En ocasiones, esta capa superficial se encuentra estratificada con tejido laxo profundo y denso superficial, separadas por una capa conectiva, igualmente llamada por algunos autores como “fascia superficial”.

La Fascia Profunda es la capa de tejido conectivo denso más externa y que modela a modo de carcasa los tejidos subyacentes, separando grupos musculares según función. También puede contener subcapas de tejido conectivo laxo. En relación con el músculo existen dos variantes descritas. La fascia profunda puede envolver al epimisio; en este caso, entre el epimisio y la fascia profunda existe una subcapa de tejido conectivo muy laxo, rico en proteoglicanos y hialouronato, fácilmente desplegable bajo un aumento de presión intratisular. Las lesiones a este nivel serán capaces de “despegar”, es decir, “disecar” con facilidad estas subcapas, acumulando líquido hemático en forma de hematoma. Este tipo de lesión se ha convenido en llamarla “miofascial”. Por contra, la fascia profunda también puede encontrarse en contacto directo con el músculo e incluso desarrollar septos intramusculares; en este caso no puede diferenciarse claramente fascia y epimisio y la fibra muscular se une directamente a dicha fascia profunda mediante fuertes anclajes.

El epimisio es una estructura de múltiples capas de colágeno de disposición irregular que envuelve individualmente a los músculos y que contiene también capas de tejido conectivo denso y laxo. El epimisio también recubre a las aponeurosis, aunque a

diferencia de su relación con el músculo, no se une directamente a las mismas. Cuando el epimisio deja de relacionarse con el músculo o aponeurosis y lo hace con el tendón, pasa a llamarse paratenon o se especializa formando las vainas sinoviales (Gillies 2011).

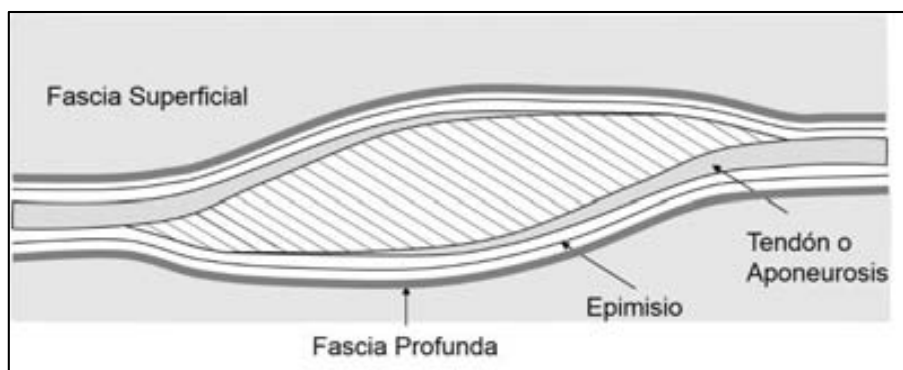


Figura 1.1. Esquema que muestra las diferentes estructuras de los componentes fascial y músculo-tendinoso del aparato locomotor.

Por otro lado, en cuanto al componente dinámico existen dos tipos de aponeurosis: la externa y la interna. La aponeurosis externa consta de tejido conectivo aplanado en varias capas superpuestas de diferentes sentidos que terminan en estructuras conectivas tales como un periostio (caso del sartorio) o una fascia profunda (caso del lacerto fibroso del bíceps braquial). Por el contrario, una aponeurosis interna suele terminar directamente en el músculo ya sea en el interior de éste (llamada tendón o aponeurosis central) o en la periferia del mismo y que es conocida como músculo-tendinosa (Macintosh 2006; Lieber 2000).

A partir del conocimiento de los componentes fascial y músculo-tendinoso del aparato locomotor, es posible clasificar las lesiones en función de la *zona muscular afectada*. Esta división toma especial relevancia en las lesiones por mecanismo indirecto. Este tipo de lesión suele afectar músculos poliarticulares del esqueleto apendicular y habitualmente por una contracción excéntrica.

Una lesión se puede situar en la unión tendo-perióstica, en el componente músculo-tendinoso (unión músculo-tendinosa) o en el componente miofascial (unión miofascial), siendo las de peor pronóstico las músculo-tendinosas (Figura 1.2).

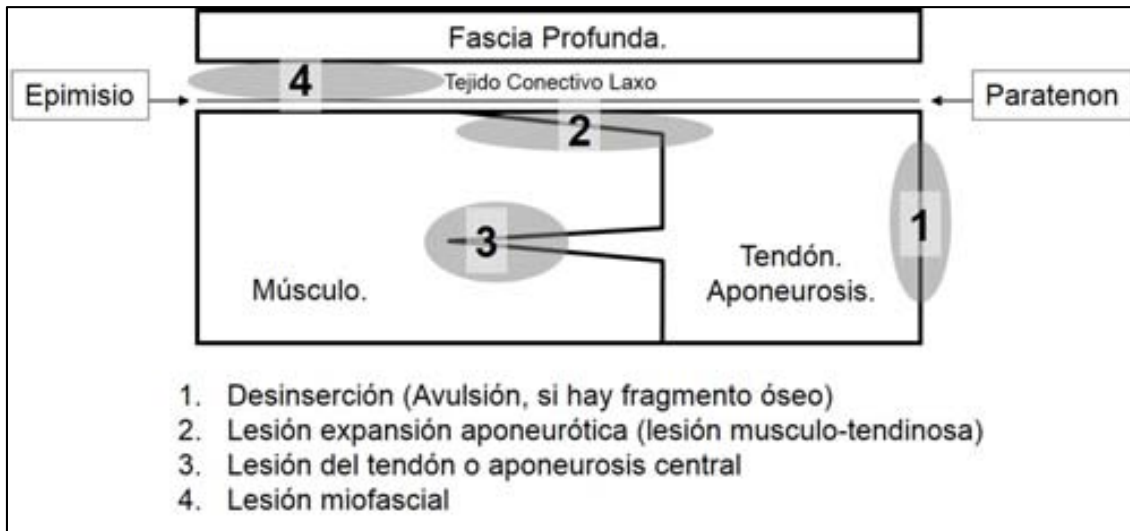


Figura 1.2. Lugar donde asientan los diferentes tipos de lesiones musculares.

Dentro de las lesiones tendo-periósticas, existen la avulsión, si existe un arrancamiento óseo asociado, o la desinserción si la lesión es únicamente tendinosa.

La zona más débil de la cadena hueso-tendón-músculo es la unión miotendinosa y será en este punto donde se producirán la gran mayoría de las lesiones. La lesión de la “unión músculo-tendinosa” (UMT) puede afectar tanto la unión de un tendón como de una aponeurosis con el músculo esquelético. A pesar de las diferencias histológicas, a efectos de clasificación de lesión muscular, los conceptos “tendón” y “aponeurosis” son superponibles.

La lesión muscular afecta siempre la unión músculo-tendinosa. Si afecta exclusivamente esta unión nos referimos a ella como lesión músculo-tendinosa. En este caso, la lesión puede afectar una expansión aponeurótica o tendinosa o puede afectar una aponeurosis o tendón intramuscular. Por otro lado, si la lesión de la unión músculo-tendinosa lesionada está tan cercana al componente fascial que lo afecta, nos referimos a ella como lesión miofacial.

En función de la estructura de estos tejidos fibrocolagenosos, se puede observar la lesión en tendones o expansiones aponeuróticas periféricas o que alcanzan el espesor de un músculo (tendón o aponeurosis central). La rotura que interesa una expansión aponeurótica periférica es la conocida igualmente como “unión músculo-tendinosa”.

Suele producirse a nivel de la musculatura isquiosural en su mitad superior, en la expansión aponeurótica superficial del recto anterior o en el aductor mediano. Son con mucho las lesiones músculo-tendinosas más frecuentes y su pronóstico depende del tamaño del defecto y de la proximidad a su anclaje en el hueso (Tabla 1.1.3).

Tabla 1.1.3. Clasificación de la lesión muscular en función de la zona muscular afectada. A pesar de las diferencias histológicas, a efectos de clasificación de lesión muscular, el concepto “tendón” y “aponeurosis” son superponibles.

<p>Componente Téndino-Perióstico</p>	<p>Avulsión Desinserción</p>
<p>Componente Músculo-Tendinoso (o Músculo-Aponeurótica)</p>	<p>Expansión aponeurótica periférica: Lesión músculo-tendinosa</p>
	<p>Aponeurosis Central: Lesión del tendón o aponeurosis central</p>
<p>Componente Miofascial</p>	<p>Lesión Miofascial</p>

La lesión de la “unión músculo-tendinosa” que se sitúa a nivel de una aponeurosis central, -conocida como lesión del “tendón central”, de la “aponeurosis”, o del “tendón intramuscular”- tiene un pronóstico variable puesto que la tracción repetida de ésta puede producir recidivas con relativa facilidad. Es típica del tendón central del recto femoral y también se observan en el aductor mediano, el músculo recto interno del muslo y el músculo sóleo.

La lesión miofascial es una lesión músculo-tendinosa en la que existe un gran componente de “despegamiento” entre fascia y epimisio o entre dos fascias, debido a

que la disrupción está muy cercana a éstas. Su pronóstico depende de si a este componente de “despegamiento” se asocia a una mayor o menor disrupción de tejido conectivo. Es característica de la cabeza medial del gastrocnemio respecto al sóleo y con menor frecuencia entre la fascia profunda del recto femoral respecto el vasto intermedio. Son lesiones proclives a desarrollar hematomas miofasciales entre los dos músculos y en formar cicatrices laminares.

1.2 Mecanismo de producción de la lesión muscular.

En términos biomecánicos se ha definido un modelo dinámico de comprensión que ayuda en la interpretación del proceso de lesión. El modelo distingue dos áreas: una relativa a los factores de riesgo y otra al mecanismo de lesión (Figura 1.3). Según este modelo los factores de riesgo intrínsecos actúan como factores predisponentes. Los factores de riesgo extrínsecos actúan sobre un deportista ya predispuesto. No obstante, la existencia de ambos tipos de factores de por sí no son suficientes para producir lesión. Es necesaria la exposición a una situación determinada -factor desencadenante- para que la lesión aparezca. El mecanismo de lesión es la descripción de dicha situación en términos biomecánicos, pero es importante añadir información que resultará relevante en la descripción mecánica y, sobretudo, en la prevención. La situación de juego, el momento de la temporada o de la competición, el nivel técnico, la existencia de contacto o no, la intensidad del trabajo, la fatigabilidad, entre otros, son datos no estrictamente mecánicos que serán relevantes en la comprensión de la lesión y en la planificación de la prevención (Murphy 2003; Croisier 2002).

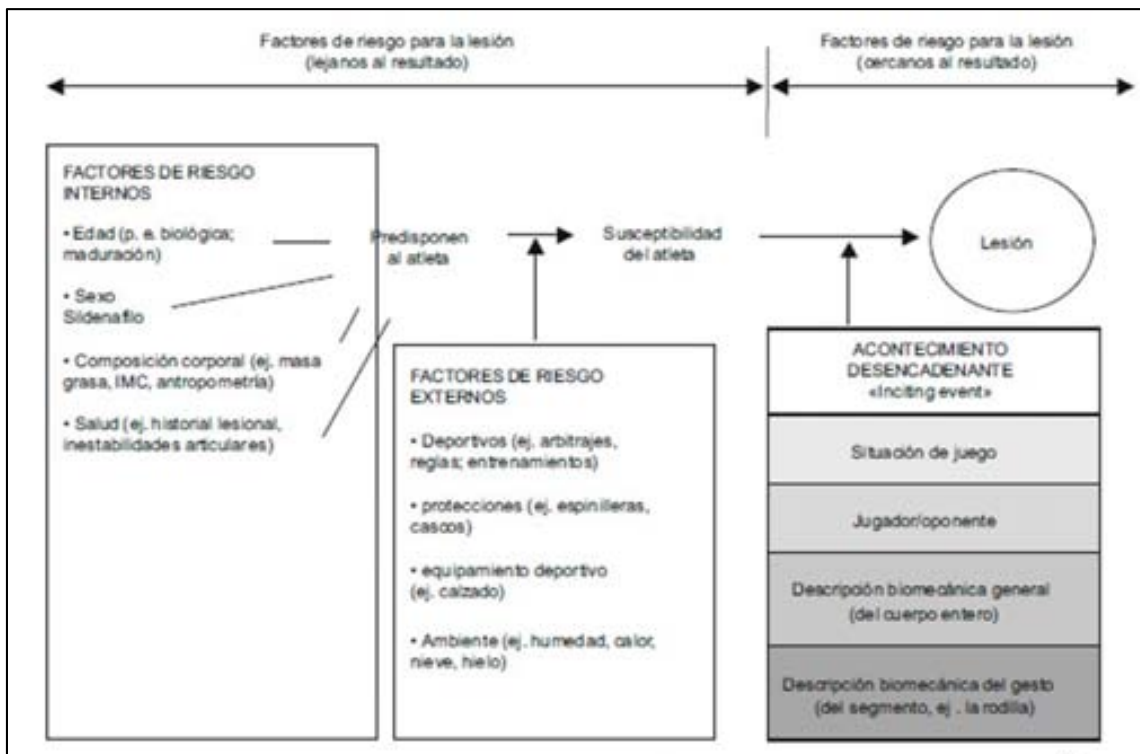


Figura 1.3. Modelo dinámico multifactorial de la lesión deportiva (basado en el modelo de Meeuwisse, 1994 y de MacIntosh, 2006)

La alteración del estado del balance muscular (Figura 1.4) y de la coordinación, la fatigabilidad muscular y el grado de elasticidad son factores predisponentes a tener en cuenta. La fatigabilidad muscular alta aumenta el riesgo de lesión, especialmente si se combina con trabajo excéntrico. Durante la fatiga muscular se produce una disminución de la capacidad de absorber energía (amortiguación) y de generar tensión en la contracción excéntrica, manteniéndose normal la capacidad de alargamiento del músculo hasta el momento en que se produce lesión o ruptura. En trabajos experimentales con animales se observa que la mayor parte de la reducción de la capacidad de amortiguación se produce en la primera parte de la contracción excéntrica o alargamiento activo (Figura 1.5). De hecho, el músculo no fatigado realiza el mismo trabajo durante un alargamiento activo hasta el 50% del necesario para producir ruptura que el fatigado estirado activamente hasta el 70% de la ruptura. Es decir, el músculo fatigado debe estirarse más para ejercer la misma acción amortiguadora (Mair 1996). La alteración de la contractilidad juega, pues, un papel fundamental como factor predisponente en la producción de lesión, más que la alteración de la capacidad de elongación.

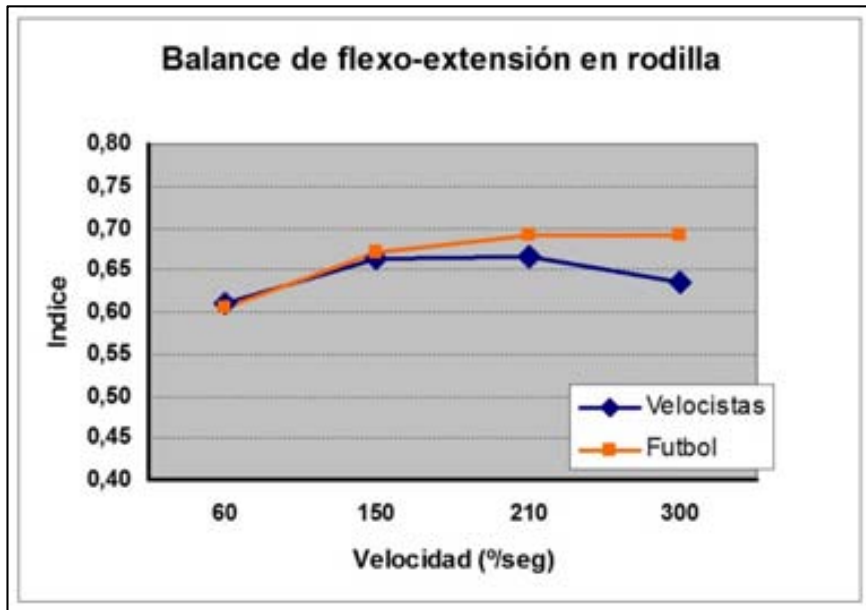


Figura 1.4. Relación de fuerza normal en fuerza de flexores/fuerza de extensores de rodilla a diferentes velocidades de ejecución del test en dos especialidades deportivas (n=7).

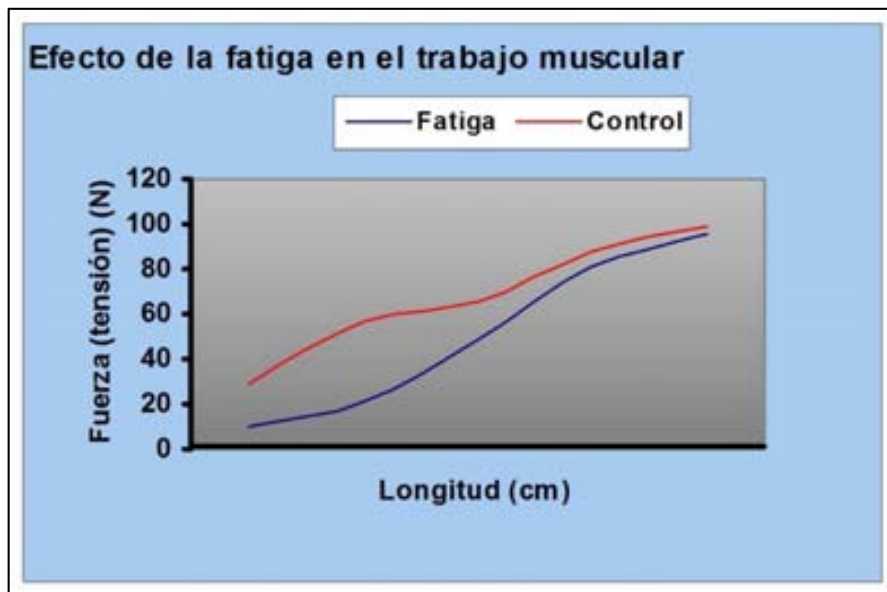


Figura 1.5. El músculo fatigado posee una menor capacidad de trabajo (área bajo la curva), especialmente en la primera parte del test de ruptura bajo contracción excéntrica. (Adaptado de Mair, 1996).

Por tanto, en lo que a la lesión muscular se refiere, especialmente en el ámbito deportivo deben tenerse en cuenta muchos factores que afectan tanto al diagnóstico, como al pronóstico como al tratamiento de estas lesiones y a la posibilidad de que ésta recidive. Es por este hecho que en el campo de la medicina y traumatología deportiva tiene cada vez mayor importancia el conocimiento exacto de los distintos tipos, localizaciones y características anatómicas, radiológicas e incluso histológicas de las diferentes lesiones. Este conocimiento permite poder individualizar de manera más adecuada los tratamientos y por tanto conseguir una vuelta a la competición (RTP) más rápida y segura.

Des de 2008 nuestro grupo de investigación ha realizado estudios en cadáver, tanto de disección como de imagen. También ha realizado en deportistas lesionados y en voluntarios sanos estudios de imagen con RM y con ecografía. En todos los casos su objetivo ha sido conocer la anatomía de manera precisa y los lugares más frecuentemente lesionados de los grupos musculares. Así por ejemplo, ha contribuido al conocimiento más preciso de la lesión del tendón central del recto femoral y ha descrito por primera vez las lesiones del tendón central que ocurren en el músculo recto interno del muslo. También su producción se ha centrado en describir la anatomía y las lesiones que se producen en el recto abdominal o en el dorsal ancho de algunos deportes asimétricos. Los resultados de estas investigaciones y de otras han sido escritos y publicados.

- Central aponeurosis tears of the rectus femoris: practical sonographic prognosis. Balius R, Maestro A, **Pedret C**, Estruch A, Mota J, Rodríguez L, García P, Mauri E. Br J Sports Med. 2009 Oct; 43 (11):818-24.
- Estudio lesional prospectivo en hockey hierba. Comparación con el fútbol. Rodas G, **Pedret C**, Yanguas X, et al. Archivos Medicina del Deporte. 2009; 129: 22-30 .
- Lesión de “*tennis leg*” asociada a rotura parcial del tendón de Aquiles. Rodas G, Bove T, Martinez X, **Pedret C**, Dalmau A. Apunts Med Esport. 2010; 45: 40-4

- Latissimus dorsi costal tear in an elite handball player. Balius R, **Pedret C**, Dobado MC, Vives J. J Ultrasound Med. 2011 Jun;30(6):859-60
- Isolated tears of the gracilis muscle. **Pedret C**, Balius R, Barceló P, Miguel M, Lluís A, Valle X, Gougoulas N, Malliaropoulos N, Maffulli N. Am J Sports Med. 2011 May; 39 (5):1077-80.
- Sonography and MRI of latissimus dorsi strain injury in four elite athletes. **Pedret C**, Balius R, Idoate F. Skeletal Radiol. 2011 May; 40 (5):603-8.
- Rectus abdominis muscle injuries in elite handball players: management and rehabilitation. Balius R, **Pedret C**, Pacheco L, Gutierrez J. A, Vives J, Escoda J. Open Access Journal of Sports Medicine. 2011; 2: 69-73.
- Ultrasound assessment of asymmetric hypertrophy of the rectus abdominis muscle and prevalence of associated injury in professional tennis players. Balius R, **Pedret C**, Galilea P, Idoate F, Ruiz-Cotorro A. Skeletal Radiol. 2012 Dec; 41(12):1575-81.

El estudio del complejo del tríceps sural y en especial del músculo sóleo son las investigaciones en las que se centra el proyecto de esta tesis doctoral.

El músculo sóleo posee una anatomía compleja y que, hasta la fecha, no se encontraba descrita como tal. Se trata de un músculo de características lentas que por el hecho de encontrarse dentro del complejo del tríceps sural precisa realizar contracciones explosivas en muchas ocasiones.

Desde un punto de vista epidemiológico, la lesión muscular del sóleo es más frecuente de lo que hace pocos años se creía (Balius 2013; Ekstrand 2013, 2008). Probablemente esto se debe a que se trata de una lesión la importancia de la cual es circunscrita al mundo del deporte (con una elevada incidencia en deportistas veteranos y en amateurs). El uso de la ecografía como medio diagnóstico inicial hace que esta lesión se objete en pocas ocasiones ya que, como se verá en uno de los trabajos presentados (anexo 1),

la ecografía visualiza con dificultad la lesión del sóleo. Esto se debe a que es un músculo profundo, en la mayoría de ocasiones muy vascularizado y de fibra grosera, todo ello hace que el uso de la ecografía sea muy limitada. Los dos artículos más importantes aparecidos hasta la fecha sobre las lesiones en el tríceps sural proporcionan datos muy diferentes. Delgado et al (2002) sobre 141 pacientes estudiados mediante ecografía objetivan únicamente un solo caso (0.7%) de lesión en el sóleo. Este hecho contrasta con el artículo de Koulouris et al (2007) realizado con resonancia magnética donde casi la mitad (18 de los 39 casos) son lesiones aisladas del sóleo.

Desde un punto de vista anatómo-patológico, se consideran diferentes tipos de lesiones de tipo miofascial y de tipo músculo-tendinoso. Este hecho, durante la práctica diaria se objetiva sólo en pocas ocasiones ya que precisa en primer lugar de un diagnóstico claro de sospecha y de los métodos de diagnóstico adecuados. Se observa, de igual manera, que la lesión envuelve septos o tabique intramusculares del sóleo. Igualmente, Koulouris et al (2002) observan que el músculo sóleo se puede lesionar forma combinada con el gastrocnemio medial (de 20 lesiones a doble nivel, 16 se sitúan en el sóleo).

La sintomatología de la lesión del sóleo es más leve que la lesión del gastrocnemio. El mecanismo inicial suele ser una sensación de pedrada que, contrariamente a lo que sucede en el caso del gastrocnemio medial, se auto limita a las pocas horas o días (Kane 2004; Dixon 2009; Menz 1991). Por tanto, el paciente es capaz de reincorporarse a su actividad con relativa rapidez. La localización del dolor está en función de la unión miotendinosa afectada. Ante un dolor subagudo en la cara posterior de la pierna, que no se sitúa en la zona distal e interna de la cabeza medial del gastrocnemio, se ha de sospechar una lesión del sóleo.

Su evolución suele ser tórpida, reapareciendo el dolor de forma súbita y poco aparatosa, días o semanas después de la vuelta a la actividad física y las re-lesiones suelen darse de manera periódica e imprevisible (Balius 2005; Smigielski 2008).

Esta anatomía compleja en la que existen gran cantidad de regiones músculo-tendinosas debido a los tabiques y aponeurosis intramusculares juntamente con grandes áreas

miofasciales es lo que confiere al sóleo un gran interés científico ya que lo convierte en un músculo a través del cual pueden estudiarse todos los tipos de lesiones que suelen darse en otros grandes grupos musculares.

El hecho de comprender y estudiar estos distintos tipos de lesiones debe permitir, en un futuro, poder extrapolar los resultados al diagnóstico y tratamiento de cualquier tipo de lesión muscular (Hodgson 2006).

2 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN. ESTUDIOS REALIZADOS.

La línea de investigación seguida en este proyecto se ha basado en las necesidades que existen de protocolizar los diferentes tratamientos y protocolos de rehabilitación y prevención en función del músculo y de la región afectada dentro de éste.

La elección del músculo sóleo se ha debido a su complejidad estructural y a que su anatomía no se encontraba previamente descrita en su totalidad.

La secuencia de investigación seguida fue en primer lugar la de conocer y describir de manera exacta la anatomía de este músculo así como su histoarquitectura y las regiones donde asientan las lesiones. El hecho de poder describir la topografía lesional permitió realizar, posteriormente, una revisión de las estructuras, lesiones, tratamientos y herramientas de prevención que pueden darse en el complejo del tríceps sural con especial énfasis en el músculo sóleo.

La continuación de estos estudios se realizó con una comparativa para valorar la utilidad de las diferentes herramientas diagnósticas que permiten objetivar con exactitud las lesiones del músculo sóleo y proponer cuál de ellas resulta de mayor utilidad. El estudio realizó una comparativa entre la RM, considerada como *gold standard*, y la ecografía (anexo 1).

El estudio final se ha basado en la recopilación y clasificación de lesiones del sóleo y la posterior realización de una comparativa del tiempo de RTP en función del lugar donde asentaban las distintas lesiones (anexo 1).

2.1 The Soleus muscle: MRI, anatomic and histologic findings in cadavers with clinical correlation of strain injury distribution. Balius R, Alomar X, Rodas G, Miguel-Perez M, Pedret C, Dobado M, Blasi J, Koulouris G. Skeletal Radiol 2013; 42: 521–30.

El músculo sóleo está situado en el compartimiento posterior y superficial de la pierna y forma junto con el músculo gastrocnemio el músculo tríceps sural, que se inserta en la

parte posterior del calcáneo a través del tendón de Aquiles. El origen constante del músculo sóleo se encuentra en los puntos óseos de la tibia y el peroné y en las aponeurosis que lo cubren (Elias 2003; Testut 1979). Desde su inicio óseo existen unas aponeurosis de origen intramusculares que se dirigen hacia la línea media del músculo y terminan conformando parte de la aponeurosis del músculo. Así mismo en el espesor del músculo se origina una estructura conectiva que corresponde al tendón central del sóleo y que alcanza el tendón de Aquiles en su parte más distal (Figura 2.1).

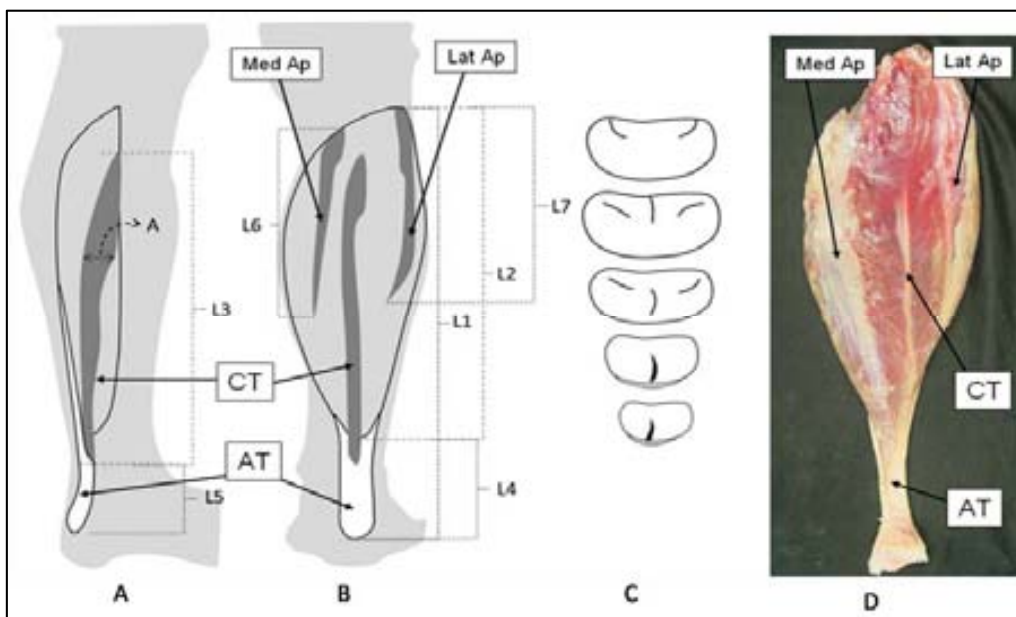


Figura 2.1 Representación esquemática de la anatomía del músculo sóleo: (A) vista sagital encarada a la región medial, (B) vista posterior (coronal) y (C) cortes axiales. En una muestra de cadáver, se observa el curso del tendón central del sóleo procedente de la masa muscular del sóleo, así como el origen de la aponeurosis medial del músculo desde la región tibial y el origen de la aponeurosis lateral desde el peroné. (Med Ap = Aponeurosis Medial, Lat Ap = Aponeurosis Lateral, CT = Tendón central, A = tendón de Aquiles). L1: Longitud total de la pierna. L2: longitud del músculo sóleo. L3: longitud del tendón central. L4: Longitud tendinosa libre del tendón del tendón Aquiles. L5: nivel de inserción del tendón central en el tendón de Aquiles. L6: Longitud de la aponeurosis medial. L7: Longitud de la aponeurosis lateral. A: Amplitud del tendón central.

Se estudiaron 11 piernas de cadáveres con el sistema de resonancia magnética (RM) 3.0 Teslas para obtener imágenes en planos axial, coronal y sagital. Después del estudio de

imagen, 6 especímenes fueron disecados para poder realizar un análisis histológico, y 5 se congelaron y se cortaron en secciones axiales utilizando una sierra de banda. Posteriormente se realizó una correlación entre los cortes obtenidos y las imágenes de RM. Igualmente, se estudió el músculo mediante RM en 20 voluntarios sanos y se midieron las distintas estructuras conectivas del mismo. Finalmente, se evaluaron retrospectivamente 55 casos de lesión en músculo sóleo de acuerdo con la anatomía observada en el presente estudio.

La conclusión de este trabajo es que la RM es una excelente prueba de imagen para valorar la anatomía intramuscular del sóleo, especialmente si se realiza con aparatos 3.0 Teslas. A través del estudio anatómico completo tanto a nivel de cadáver como a nivel de imagen con la RM se ha tipificado la topografía lesional de este músculo. Estos hallazgos se han utilizado en estudios posteriores para valorar el tiempo de RTP en función de dónde asienta la lesión (anexo 1).

2.2 Lesiones Musculares en el deporte. Balias R, Pedret C. Ed. Panamericana. 2013. Capítulo 22. Lesiones del tríceps sural.

En el capítulo presentado se realizó una revisión completa del complejo del tríceps sural con las diferentes estructuras que lo conforman y los distintos tipos de lesiones que lo afectan.

El tríceps sural (*m. triceps surae*) se sitúa en la cara posterior de la pantorrilla y lo forma un músculo profundo, el sóleo y un músculo superficial formado por las cabezas medial y lateral del gastrocnemio (Chow 2000; Gaulrapp 1999). Las tres masas musculares juntas desarrollan la lámina del Aquiles y ésta a su vez el tendón de Aquiles que se inserta en el calcáneo.

Las cabezas medial y lateral del músculo gastrocnemio (*m. gastrocnemius, caput medialis y caput laterales*) son dos masas musculares voluminosas que se originan en los márgenes supracondilares medial y lateral respectivamente y que se fusionan distalmente alcanzando el tendón de Aquiles. La cabeza medial posee una inserción más baja que la lateral. Las dos cabezas se separan en la zona proximal formando una “V”; una vez unidas cubren por detrás el sóleo y el poplíteo. Realizan la flexión plantar del pie y contribuyen a la flexión de la rodilla.

El músculo sóleo (*m. soleus*) está situado por debajo del gastrocnemio. El origen del músculo sóleo se encuentra en los puntos óseos de la tibia y el peroné y en las aponeurosis que los cubren. Entre estos dos orígenes se observa un arco fibroso (*arcustendineus m. solei*) que los une entre sí y por donde se hace profundo el paquete vásculo-nervioso posterior de la pierna. También desde su origen, se observa un origen aponeurótico tanto en la cara anterior como en la cara posterior del mismo músculo, que presenta gran variabilidad interindividual en grosor, disposición y superficie.

Finalmente, el plantar delgado (*m. plantaris*) es un músculo inconstante que tiene su origen en la línea lateral supracondílea, por encima de la cabeza lateral del gastrocnemio. Posee un pequeño cuerpo muscular y se dirige, mediante un tendón

delgado y largo, hacia la cara interna de la pierna, alcanzando el borde medial del Aquiles e insertándose en el calcáneo.

El resumen de este trabajo se basa en conocer el significado de la lesión denominada *tennis leg*. Se trata de la lesión miofascial que se sitúa en el tríceps sural o en el plantar delgado. Es el tipo de lesión más frecuente en la región del tríceps sural (Delgado 2002; Balius 2005; Millar 1979) y se presenta como un cuadro de dolor agudo invalidante conocido como “Síndrome de la Pedrada”. La lesión más característica es la que interesa la cabeza medial del gastrocnemio que desarrolla con frecuencia hematomas a tensión, hematomas enquistados y cicatrices laminares, algunas de ellas dolorosas. La prueba diagnóstica de elección es la ecografía.

Por otra parte, si la lesión interesa al sóleo, la clínica es más tórpida y la prueba de elección es la RM ya que la particular estructura anatómica e histológica de este músculo impide en gran medida la utilización permanente de la ecografía como prueba diagnóstica de elección (Dixon 2009; Koulouris 2007).

En el momento actual el tratamiento de las lesiones del sóleo suele ser demorado en el tiempo ya que se trata de una lesión que se manifiesta de una manera subaguda pero con recidivas muy frecuentes. El tratamiento que se plantea en los diferentes estudios es el de rehabilitación pero sin seguir un protocolo estándar definido.

3 ESTUDIOS PUBLICADOS

Se adjuntan en este apartado los artículos realizados en el proceso de investigación del músculo sóleo que explican su estructura anatómica y definen su topografía lesional y el capítulo 22 del libro “lesiones musculares en el deporte” dedicado a las lesiones que atañen al complejo del tríceps sural.

- Balius R, Alomar X, Rodas G, Miguel-Perez M, Pedret C, Dobado M, Blasi J, Koulouris G. The Soleus muscle: MRI, anatomic and histologic findings in cadavers with clinical correlation of strain injury distribution. *Skeletal Radiol* 2013; 42: 521–30.

- Balius R, Pedret C, Pujol M. Capítulo 22. Lesiones del tríceps sural. En *Lesiones Musculares en el deporte*. Balius R, Pedret C. Ed. Panamericana. 2013.

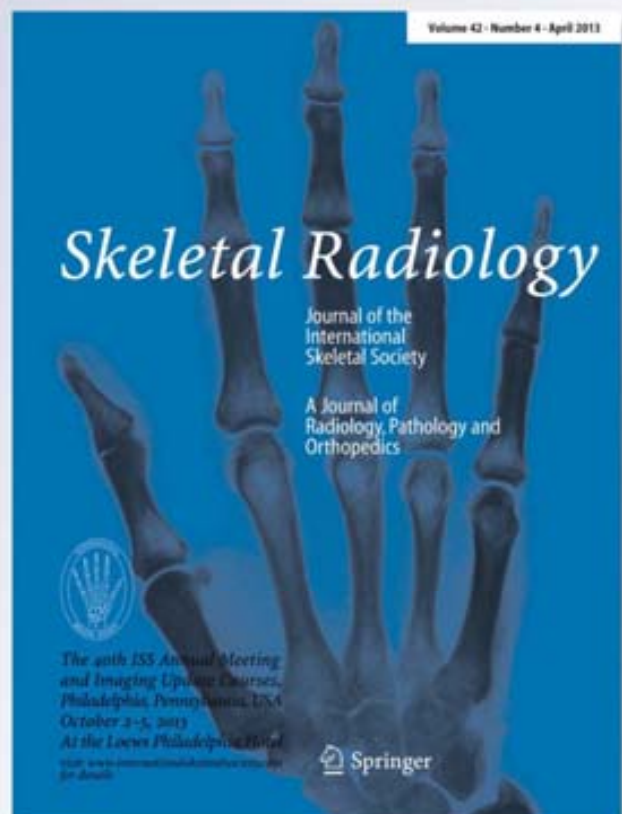
The soleus muscle: MRI, anatomic and histologic findings in cadavers with clinical correlation of strain injury distribution

Ramon Balius, Xavier Alomar, Gil Rodas, Maribel Miguel-Pérez, Carles Pedret, Mari Carmen Dobado, Juan Blasi & George Koulouris

Skeletal Radiology
Journal of the International Skeletal Society A Journal of Radiology, Pathology and Orthopedics

ISSN 0364-2348
Volume 42
Number 4

Skeletal Radiol (2013) 42:521-530
DOI 10.1007/s00256-012-1513-3



 Springer

The soleus muscle: MRI, anatomic and histologic findings in cadavers with clinical correlation of strain injury distribution

Ramon Balius · Xavier Alomar · Gil Rodas · Maribel Miguel-Pérez ·
Carles Pedret · Mari Carmen Dobado · Juan Blasí · George Koulouris

Received: 30 May 2012 / Revised: 29 June 2012 / Accepted: 19 August 2012 / Published online: 4 September 2012
© ISS 2012

Abstract

Objective The purpose of this study was to describe the normal anatomy of the soleus muscle using Magnetic Resonance (MR) imaging, anatomic dissection and histologic correlation in cadavers. The second objective of this study was to analyse the morphometry of the soleus muscle in normal volunteers. The final objective was to undertake a retrospective review of soleal strain injuries

confirmed with MR imaging, with correlation made between the cadaveric anatomic findings and the MR imaging features.

Materials and methods Eleven fresh cadaveric legs were studied using a high resolution 3.0 T (T) MR imaging scanner to obtain images in the axial, coronal and sagittal planes. After imaging, six specimens were dissected and evaluated by histological analysis, with the remaining five specimens then frozen

C. Pedret is a PhD student for the Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, Spain.

R. Balius
Sport Catalan Council, Generalitat de Catalunya,
Barcelona, Spain

R. Balius · C. Pedret
Clínica Diagonal,
Barcelona, Spain

X. Alomar · M. C. Dobado
Clínica Creu Blanca,
Barcelona, Spain

G. Rodas
Futbol club Barcelona Medical services,
Barcelona, Spain

M. Miguel-Pérez
Human Anatomy and Embryology Unit, Department
of Experimental Pathology and Therapeutics, Faculty of Medicine,
Bellvitge Campus, University of Barcelona,
Barcelona, Spain

C. Pedret
Centro Mapfre de Medicina del Tenis, Clínica CIMA,
Barcelona, Spain

C. Pedret
Centre de Diagnòstic per Imatge de Tarragona,
Tarragona, Spain

C. Pedret
Universitat Autònoma de Barcelona,
Barcelona, Spain

J. Blasí
Department of Experimental Pathology and Therapeutics, Faculty
of Medicine, Bellvitge Health Campus, University of Barcelona,
Bellvitge Biomedical Research Institute- IDIBELL,
Barcelona, Spain

G. Koulouris
Melbourne Radiology Clinic,
3-6/100 Victoria Pde,
East Melbourne, VIC, Australia

G. Koulouris
Centre for Orthopaedic Research, School of Surgery,
University of Western Australia,
Nedlands 6009 WA, Australia

C. Pedret (✉)
Mapfre Center for Tennis Medicine,
Barcelona, Spain
e-mail: drpedret@gmail.com

and cut into axial sections. The corresponding levels on the MR examination were then compared with the levels of anatomic sectioning. MR imaging was also used to examine the soleus muscle in both legs of 20 healthy volunteers. Finally, 55 clinical cases of soleus muscle strains diagnosed between October 2006 and January 2011 that had also previously undergone MR imaging were re-evaluated. The location of strain injury was reviewed and correlated with the anatomic information that had been revealed in the anatomic component of our study.

Results Dissection of the soleus muscle revealed two proximal intramuscular aponeuroses (medial and lateral) that are formed as a direct continuation of the surrounding epimysium. From an anatomic, functional and pathologic perspective, these aponeuroses are considered in this study as intramuscular tendons, however they have been not previously described as such. These tendons penetrate deep into the muscle belly, from which the proximal muscle fibres of the soleus arise. Inferiorly, these muscle fibres insert onto a long distal central tendon that becomes confluent with the overlying distal tendon of gastrocnemius to form the Achilles tendon. Significant differences between the length of the central tendon on the right side (31.35 cm) and the left side (30.36 cm) were observed ($p=.002$), as well as the length of insertion of this tendon onto the Achilles tendon on the right side (7.19 cm) compared with the left (7.94 cm) ($p=.02$). The retrospective analysis identified five sites within the soleus where strains were distributed: musculotendinous junction sites (proximal medial strains accounting for 25.5 % of all injuries, proximal lateral strains accounting for 12.7 % and distal central tendon strains accounting for 18.2 %) and myofascial sites (anterior strains accounting for 21.8 % of all injuries and posterior strains accounting for 21.8 %). Strains of the proximal medial musculotendinous junction were the most common of soleal muscle injuries, comprising 56.4 % of all cases.

Conclusion Current information on the detailed anatomy of the soleus muscle in the anatomic and radiological literature is lacking. Knowledge of this anatomy accounts for the distribution of sports-induced injuries within the soleus muscle-tendon unit and therefore assists in the accurate identification of these injuries, with possible prognostic benefit.

Keywords Soleus · MR (Magnetic Resonance) imaging · Ultrasound · Sports injuries · Musculotendinous · Myofascial

Introduction

The soleus muscle is located within the posterior and superficial compartment of the lower leg and together with the gastrocnemius muscle forms the triceps surae muscle, commonly referred to as the “calf” muscle. The soleus muscle consistently arises from the posterior margins of the tibia and fibula, as well as the surrounding deep fascia of the leg. At the

origin of the soleus muscle, medial and lateral intramuscular aponeuroses arise which are continuous with the epimysium of the muscle and penetrate distally into the main muscle belly. Distally, a central aponeurotic tendon within the soleus arises from the thickest point within the mid-belly. Along with the gastrocnemius tendon, these fibres contribute to the formation of the Achilles (calcaneal) tendon, with the muscle fibres of the soleus inserting onto the most distal part of the Achilles tendon [1]. The Achilles tendon inserts onto the posterosuperior aspect of the calcaneus and thus the gastrocnemius-soleus muscle unit, from a functional perspective, works to plantarflex the ankle. Unlike gastrocnemius, the soleus is composed primarily of slow twitch (type I) fibres and hence is predominantly involved in postural control and low speed activity such as walking [2].

Traditionally, sonography (ultrasound) has been used to diagnose calf strains and given the superficial location, is particularly useful in the assessment of gastrocnemius injuries [3–5]. Injuries involving the soleus muscle have been previously considered rare, which is potentially due to the historical widespread use of sonographic assessment of calf muscle injuries. The soleus is a deeper located muscle than the gastrocnemius and as such, strains are difficult to visualize sonographically, or may be underappreciated in the setting where a more superficial (and easier to detect) gastrocnemius strain has already been noted. With its ever expanding clinical applications in musculoskeletal radiology [6–8], MR imaging has demonstrated its utility in the detection of strains located within the soleus muscle, which are now felt to be more frequent than previously thought [2]. As a result of the superior detection of soleus strains when compared with sonography, MR imaging is increasingly becoming the imaging modality of choice in the athlete presenting for assessment following a calf muscle injury.

Material and methods

Evaluation of the MR imaging studies was performed by two experienced musculoskeletal radiologists according to previously described anatomy of the soleus and was done so with the full consent of all patients and volunteers. Institutional Review Board approval was granted for all aspects of this study.

MR imaging in cadavers

We carried out an anatomic MR imaging correlation study of eleven cryopreserved cadaveric lower limb extremities from six men and five women (seven right sides, four left sides), mean age 71 (58–92) years. After imaging, six specimens were dissected and evaluated by histological analysis and the remaining five specimens were frozen and cut into axial sections.

These were left to thaw at room temperature for 12 h prior to MR imaging performed using a high resolution 3.0 T MR imaging scanner (Magnetom VERIO, Siemens Medical Solutions), with a maximum gradient strength of 45mT/m, a minimum rise time of 225 μ s and 32 receiver channels. Image acquisition was performed using a dedicated lower extremity 36-element matrix coil. Coronal Turbo Spine Echo (TSE) T1-weighted sequences (TR 800 ms, TE 20–25 ms, SL 3–3.5 mm, in-plane resolution, matrix 448 \times 358, echo train length 4, FOV 430 \times 430 mm) and axial TSE T1-weighted sequences (TR 800 ms TE 20–25 ms SL 3–3.5 mm in-plane resolution, matrix 512 \times 230, echo train length 3, FOV 300 \times 250 mm) were performed.

Six thawed specimens then underwent dissection by layers: skin, followed by the gastrocnemius muscle, which was sectioned from its origin to reveal the soleus muscle. The origin of the muscle and the presence of intramuscular aponeuroses were observed, as well as the presence of a distal central intramuscular tendon whose length, diameter, origin and end point were recorded. Samples taken from the central tendon then underwent histological analysis.

Multiple vitamin E markers were affixed at varying levels of the leg prior to carrying out the MR examination. Upon completion, the remaining five cadaveric specimens that did not undergo dissection were once again frozen at -41°C for more than 72 h and subsequently underwent transverse sectioning at the level of the vitamin E markers. The anatomical slices were then cleaned with running water for macroscopic inspection. No scars relating to previous surgery were observed in any of the cadavers.

MR imaging in volunteers

Forty legs from 20 healthy volunteers (leg dominance not recorded) with no history of calf muscle strains underwent T1-weighted imaging utilising the same protocol as the cadaveric specimens, with the aim being to assess the musculotendinous anatomy observed in the cadaver study. The location of the intramuscular aponeuroses was examined in relation to the epimysium of the posterior soleus. Data was also recorded for the central tendon: its area of insertion into the Achilles tendon (lateral, central or medial) as well as its length, maximum width and direction. The presence of proximal medial and lateral aponeuroses was also evaluated and their length recorded. Specifically, the following measurements were recorded (Fig. 1):

Overall length of the leg (L1): From the most proximal fibres of soleus, arising from the fibular head, to the insertion of the most distal fibres of the Achilles tendon, onto the posterior surface of the calcaneus.

Soleus muscle length (L2): From the most proximal fibres of soleus arising from the fibular head, to the

most distal muscle fibres inserting onto the anterior aspect of the Achilles tendon.

Central tendon length (L3): Maximum length of the visible proximal aspect of the central tendon, to its point of insertion onto the anterior aspect of the Achilles tendon.

Free tendinous length of the Achilles tendon (L4): From the most distal muscle fibres of the soleus insertion onto the anterior aspect of the Achilles tendon, to the anterior insertion of the Achilles tendon onto the calcaneus.

Insertion of the central tendon into the Achilles tendon (L5): Distance between the most distal fibres of the central tendon insertion into the Achilles tendon and the most distal insertion fibres of the Achilles tendon on the calcaneus.

Length of the medial intramuscular aponeurosis (L6): Maximum distance between the superior and inferior points of origin from the tibia.

Length of the lateral intramuscular aponeurosis (L7): Maximum distance between the superior and inferior points of origin from the fibula.

Width of the central tendon (A): Maximum width observed in axial section.

Statistical analysis: treatment of study variables

Each variable was compared between the right leg and the left leg using the repeated measures approach. A repeated measure analysis of variance (ANOVA) was applied instead a *t*-test because it permits to obtain the same conclusions and to check the application conditions in an easy way. The type I error was fixed at 5 % (95 % CI). Statistical software SPSS version 15 was used.

MR imaging in athletes

We retrospectively reviewed MR imaging examinations in 55 athletes (20 soccer players and 35 runners: triathletes, long, and middle distance runners) who had sustained injuries to the soleus muscle between October 2006 and January 2011, with a mean age of 33.6 years (range 24–50; all male). The soccer players were from four elite teams in the Spanish football league. The runners were of varying levels of participation, ranging from recreational to elite. The inclusion criteria were a previous diagnosis of a soleus injury by MR imaging and being an athlete. The mean duration of symptoms prior to imaging was 2.8 days (range 1–20 days) for the soccer players and 26.7 days (range 2–84 days) for the runners. Patients were referred by team doctors, sports medicine physicians and orthopaedists. Initial diagnosis of a strain was made based on the clinical history and examination findings, with confirmation of a strain utilising MR imaging in all cases. In total,

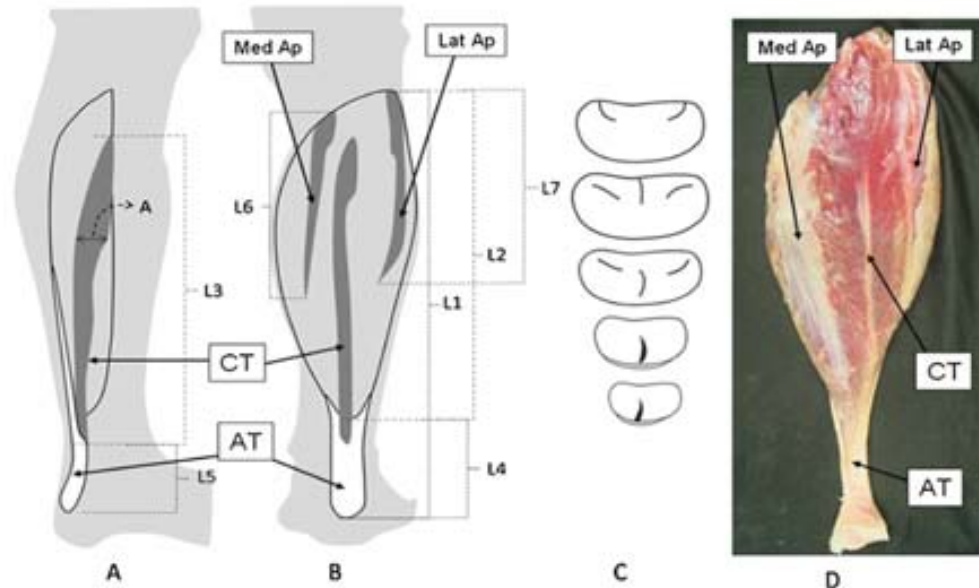


Fig. 1 Diagrammatic representation of soleal anatomy: (a) sagittal view facing medial aspect of the calf, (b) posterior (coronal) view and (c) axial sections. In a specimen from a male cadaver, the course of the central tendon of soleus originating from the central bulk of the muscle is observed, as well as the origin of the medial aponeurosis from the tibia and origin of the lateral aponeurosis from the fibula. (Med Ap = Medial Aponeurosis, Lat Ap = Lateral Aponeurosis, CT = Central

Tendon, AT = Achilles tendon). L1: Overall length of the leg. L2: Soleus muscle length. L3: Central tendon length. L4: Free tendinous length of the Achilles tendon. L5: Insertion of the central tendon into the Achilles tendon. L6: Length of the medial intramuscular aponeurosis. L7: Length of the lateral intramuscular aponeurosis. A: Width of the central tendon

29 strains occurred on the right side and 26 on the left, classified according to the Davis classification [9].

The MR studies taken during this period were obtained using different MR scanners with field strengths of either 1.5 T or 3.0 T and different examination protocols; however T1 Fast Spin Echo (FSE), T2 and STIR (short *tau* inversion recovery) sequences were performed in the axial, coronal and sagittal planes in all such cases. Strains were identified and localised by means of correlating the anatomic information of the soleus muscle unit and the MR observed soleal muscular anatomy. Injuries were then categorised according to the site of strain in the muscle-tendon unit, that is, whether occurring at the musculotendinous (myotendinous) or myofascial (epimysial) junction [2]. The level of the injury was then recorded as either proximal or distal.

Results

Macroscopic anatomy

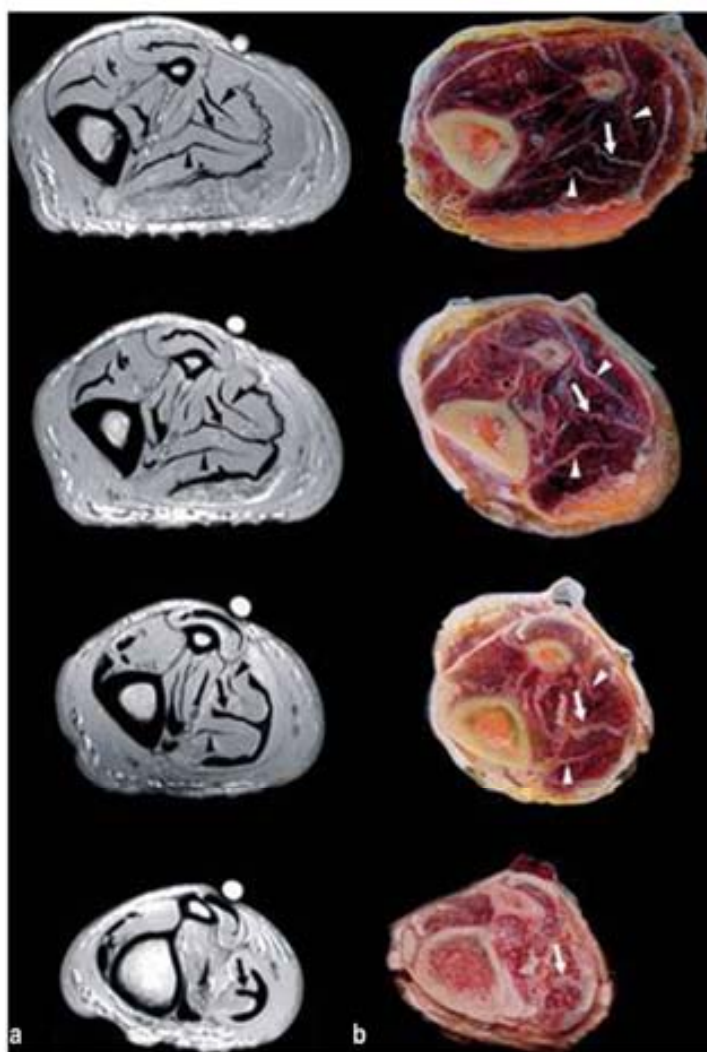
The anatomical study of the soleus muscle in all cases demonstrated a dual osseous origin, arising from the posterior aspect of the fibula, which was higher than the origin from the posterior surface of the tibia. Between these two points of

origin, a fibrous arch was observed which connected the two origins together and where the posterior tibial neurovascular bundle penetrated deeper into the leg. Also at the origin, thickening of the anterior and posterior aspects of the muscle was noted, in keeping with formation of localised aponeuroses which were of variable thickness and size. Distal to the origin, medial and lateral aponeuroses were identified, which ran inferiorly and were directed towards the midline of the muscle belly. A distal tendon arose from the anterior aponeurosis of the soleus, giving rise to a central and anterior intramuscular tendon, measuring on average 0.5 cm in diameter. This eventually formed the soleal contribution of the Achilles tendon, typically fusing along the most central aspect of the tendon, although it occasionally did so along the medial or lateral aspect (in our series 28 cases onto the central aspect, six medially and six laterally). At times, the central tendon was so fibrous and extensive that it was occasionally found to divide the muscle into two non-symmetric halves (Fig. 2).

Microscopic anatomy

During histological evaluation it was observed that proximally, the central tendon was composed of dense connective fibres, separated from the Achilles tendon by loose connective

Fig. 2 Superior to inferior MR images (a) of a male cadaveric lower leg (death at age 71) that has subsequently undergone axial sections (b) at identical levels. Observe the formation of the central tendon (arrow) proximally and the medial and lateral aponeuroses (upper arrowhead in each individual image corresponds with the lateral aponeurosis and the lower arrowhead in each individual image corresponds to the medial aponeurosis). Distally (lowermost image), both aponeuroses are no longer visualised as the central tendon commences to form the Achilles tendon



tissue. Distally, it fused with the Achilles tendon, thereby reinforcing this structure.

MR imaging study in volunteers

No significant differences were observed in the mean length of the legs, soleus muscles or in the free tendinous length of the Achilles tendons (Table 1). There were no significant differences between the lengths of the medial aponeuroses on the right (22.1 cm) and left sides (21.3 cm), or in that of the medial and lateral aponeuroses (18 cm for the right and 17.3 cm for the left). The average difference in length between the medial and lateral aponeuroses was 4.05 cm ($p < .001$). The study revealed significant differences ($p = .002$) between the length of the central tendon on the right side (31.35 cm) and

the left (30.36 cm). There were however no differences in tendon width between the right and left sides. The central tendon divided the soleus muscle into approximately two equal halves and reached the anterior tip of the Achilles tendon. There were significant differences ($p = .02$) in the distance of insertion of the central tendon onto the Achilles tendon to the most distal point of attachment of its fibres, with the right side demonstrating a distance which spanned 7.19 cm and the left, 7.94 cm.

MR imaging in patients

We carried out a retrospective study of 55 cases of soleus muscle strains, 29 in the right leg and 26 in the left. The strains were distributed into two groups: those that affected

Table 1 Descriptive statistics and analysis of the repeated measures analysis of variance for the comparison between measurements of 40 legs (*p*: exact significance). All measurements are in centimetres (cm)

	Calf	average	std	min	max	F	P
L1	R	38.55	1.63	35	42	1.65	0.21
	L	38.31	1.77	35.1	41.1		
L2	R	31.93	2.96	27.5	37.2	0.2	0.65
	L	32.1	2.82	25.4	36.2		
L3	R	31.35	2.26	26.8	35.3	15.9	0.001
	L	30.36	2.06	26.4	33.5		
L4	R	6.62	1.94	3.6	10.8	0.88	0.36
	L	6.21	2.43	3.3	11.8		
L5	R	7.2	1.7	3.8	10.4	7.09	0.015
	L	7.95	1.69	5.8	12.6		
L6	R	22.17	3.99	15	35	0.8	0.38
	L	21.36	4.12	10.6	27.7		
L7	R	17.2	4.58	8.8	24.1	0.79	0.38
	L	18	4.96	9.2	27.2		
L8	R	17.33	3.92	8.8	23.5	0.25	0.62
	L	16.9	3.67	10.6	23.6		
A	R	3.18	0.57	2	4	0.1	0.97
	L	3.18	0.49	2.2	4		

the musculotendinous junction and those that affected the myofascial junction. Musculotendinous junction strains involved the distal intramuscular tendon, or the proximal medial and lateral aponeuroses (considered medial and lateral tendons in this study). Strains occurring at the perimeter of the muscle and not centred at the tendons were classified as a myofascial (epimysial) strain. These were noted at the myofascial junction of the soleus with the gastrocnemius (posterior myofascial) or at the junction between soleus with the deep posterior compartment of the leg (anterior myofascial) (Table 2). Overall, 31 strains were considered musculotendinous and 24 were myofascial. Of the musculotendinous injuries, 14 were located at the medial aponeurosis (Fig. 3), followed by those located at the central tendon which accounted for ten cases (Fig. 4). Seven strains involved the lateral aponeurosis (Fig. 5). In the case of myofascial strains,

Table 2 Injury/strain type and distribution (MTJ = musculotendinous; MYO = Myofascial)

MTJ	Medial Aponeurosis	14	
	Lateral Aponeurosis	7	
	Central Tendon	10	
MYO	Anterior	12	7 (medial) 5 (lateral)
	Posterior	12	5 (medial) 5 (lateral) 2 (inferior)

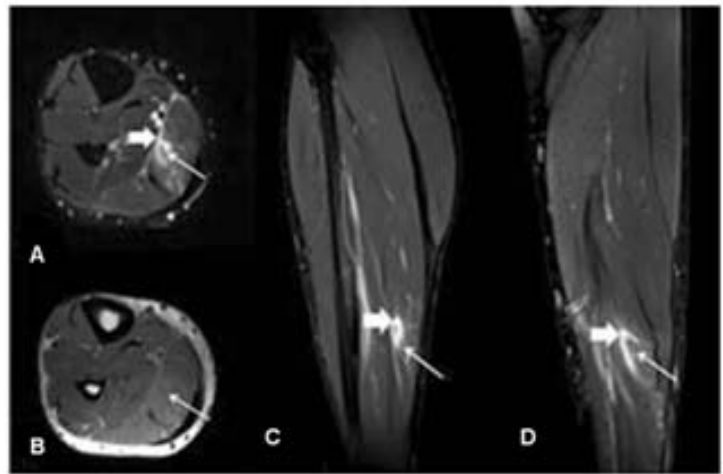
12 cases where located anteriorly (Fig. 6) and 12 cases posteriorly (Fig. 7). In two cases, a myofascial strain was so distal that it was considered solely posteroinferior and midline in position, with no medial or lateral predominance. With respect to the location of myofascial strains in relation to the height of the soleus, 13 cases were observed in the proximal third, six cases were noted in the middle third and a final five cases in the distal third. In six cases a simultaneous strain was detected in the medial head of the gastrocnemius in association with a soleus injury (four medial myofascial and two medial musculotendinous junction strains).

Discussion

Historically, there is a distinct paucity of morphological detail in the sectional and intramuscular anatomy of the soleus muscle. Testut [10] described the soleus arising from the fibula and the tibia by means of two long and wide fibrous bands or aponeuroses, which rapidly fuse with each other to form a single fibrous band, the anterior epimysium. The majority of muscle fibres of the soleus originate from the posterior aspect of the anterior epimysium and extend posteroinferiorly to insert onto the posteriorly placed (and superficial) Achilles tendon. Gray [1] described some muscle fibres that also find their origin from the anterior surface of the aponeurosis, which are short, oblique in orientation and bipenniform. These converge to form an intramuscular tendon (the same that this work refers to) that is narrow and central, fusing distally with the Achilles tendon, generally on the medial side. Courthalia and Weilbacher [11] describe a highly developed fibrous skeleton with a sagittal band and two intramuscular bands which join the terminal aponeurosis. In 2006 Hodgson et al. described the anatomy of the soleus muscle in a similar way as in this study in a digital cadaver [12] (Visible Human Dataset). Several studies have shown a complex three dimensional connective tissue structure of variable pennation [12–14]. Joshi et al. (2010) studied the pennation of the soleus and found a bipennate arrangement in 86 % (right side: 83 %; left side: 89 %), with a maximal width of 3.63 cm (Right side: 3.71 cm; Left side: 3.55 cm) [13]. The bipennate nature and orientation of the soleal muscle fibres is such that the muscle fibres are unable to be visualized in a single orthogonal plane on MR imaging. [12] Chow et al. (2000) found differences between genders, in which females were found to have longer average muscle fibre bundle length while males have thicker muscles and larger angles of pennation [14].

Muscle strains occur at characteristic sites of inherent weakness within the muscle-tendon unit, most frequently at the musculotendinous junction [15]. We identified two proximal aponeuroses, medial and lateral, as well as a distal central tendon in all cadaveric and MR imaging cases with ease. The medial and lateral aponeuroses arise from the medial (tibial)

Fig. 3 **(a)** Axial T2 fit saturated, **(b)** axial T1, **(c)** sagittal and **(d)** coronal T2 fit saturated MR images in a 42-year-old triathlete who experienced acute pain on the posteromedial aspect of the right leg demonstrate a musculotendinous junction strain of the medial aponeurosis, occurring at the level of the middle third of the calf, focal areas of muscle retraction (*arrows*), epimysial and intramuscular foci of fluid in keeping with haemorrhage (*short arrow*). Overall, these features are typical for a grade II strain pattern of injury



and lateral (fibular) origins of the soleal epimysium and descend inferiorly, penetrating deep into the medial and lateral aspects of the soleal muscle belly, whilst simultaneously curving towards the midline of the muscle belly and distal central tendon. As they progress distally, the aponeuroses decrease in size until they can no longer be visualized and from where the lowest muscle fibres arise. As these aponeuroses are a continuation of the epimysium covering the soleus and act as rigid fibrous “struts” from which the proximal soleus muscle fibres gain origin, they can indeed be considered as true intramuscular tendons from an anatomical, functional and pathologic perspective, albeit demonstrating a flattened and “aponeurotic” morphology. This arrangement, previously described by Hodgson et al. [12], is particularly appreciated in the cadaveric dissection component of our study and is analogous to the proximal musculotendinous arrangement seen in gastrocnemius, where separate medial and lateral tendons arise from the posterior

aspects of the medial and lateral femoral condyles respectively. The propensity of proximal strains to occur along the medial side (fourteen medial versus seven lateral proximal musculotendinous junction strains) may be in part related to the increased length of the intramuscular tendon, which is also a generally accepted reason for the increased strain incidence of medial sided gastrocnemius tears. The presence of a larger musculotendinous junction (by virtue of a longer tendon) enables the muscle unit to generate greater force, however at the same time, places it at increased risk of strain injury. In light of this new description of the presence of two proximal tendons, the above discussed central tendon that arises from the anterior aponeurosis consequently represents the inferior muscular attachment; that is to say, the insertion of the soleal muscle fibres (whether arising from the medial or lateral proximal tendons). This therefore represents the distal musculotendinous junction and hence a further site at which strains may occur (ten strains

Fig. 4 **(a)** Axial T2 fit saturated, **(b)** axial T1, **(c)** sagittal and **(d)** coronal T2 fit saturated MR images in a 38-year-old long-distance runner who experienced sudden onset posteromedial calf pain demonstrate a focal area of T2 hyperintensity centred at the middle and proximal thirds of the central tendon, with intramuscular foci of haemorrhage consistent with a grade II strain injury

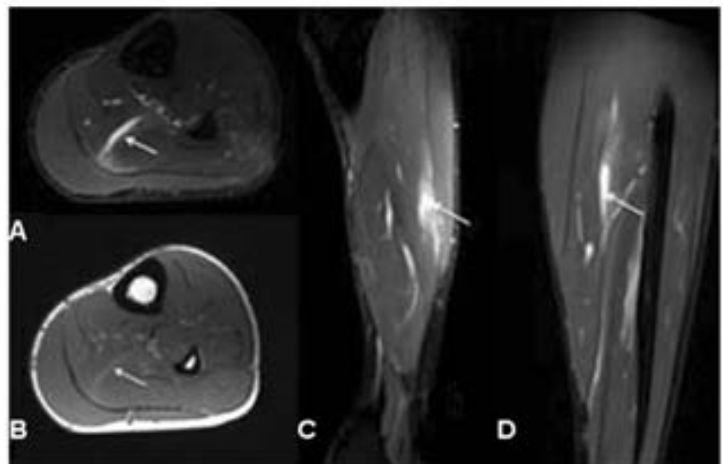
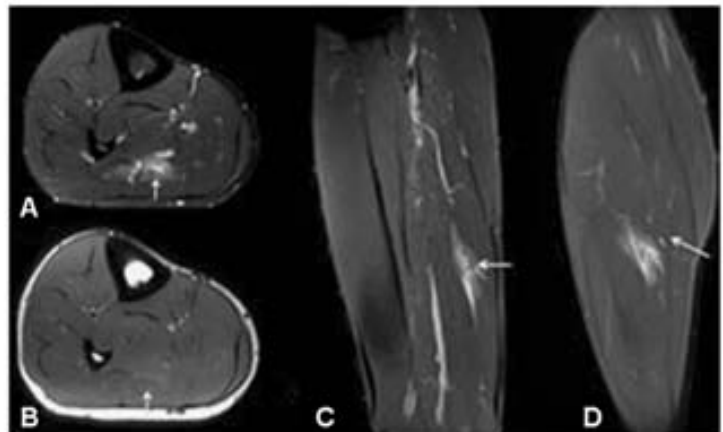


Fig. 5 (a) Axial T2 fat saturated, (b) axial T1, (c) sagittal and (d) coronal T2 fat saturated MR images in a 26-year-old professional football player who experienced pain of the posteromedial calf, gradual increasing in intensity over 24 h demonstrate musculotendinous pattern of strain injury of the lateral saponerosis involving the middle third of the calf (arrows)



were identified in our study). The central tendon progressively increases in size distally, whereupon it inserts onto the central and anterior part of the Achilles tendon. Differences were however found in the central tendon, both in its anchoring onto the Achilles tendon and its length. Taking into account that the majority of spontaneous Achilles tendon ruptures are located at 2–6 cm superior to the calcaneal insertion [16] and that the insertion of the central tendon of the soleus is some distance proximal to this location (7.6 cm), it is possible that variation in the anatomic arrangement and thus forces imparted onto the tendon may have an important role to play in the location of spontaneous Achilles tendon rupture. This may be particularly the case in the less frequent “high” Achilles rupture, which occur at the proximal aspect of the tendon, at the region of central tendon insertion. It is possible that forces acting upon the proximal aspect of the Achilles tendon, particularly the central tendon of the soleus, contribute to this injury.

Differentiating between gastrocnemius and soleus strains is important both with respect to treatment, instituting

appropriate rehabilitation programmes and possibly in relation to prognosis, however further research is required in relation to the latter. Clinically, when compared with gastrocnemius strains, soleal injuries can be difficult to diagnose and may demonstrate a subacute presentation, resembling delayed onset muscle soreness, potentially due to the greater concentration of slow twitch fibres. This is in contrast to the dramatic acute presentations classically associated with gastrocnemius strains [17], where immediate pain, dramatic loss of function and cessation of sporting activity is typically seen. Due to the deeper position, soleal post-strain swelling may be mild and as the muscle crosses the ankle joint only, disability may be minimal [18]. If undiagnosed, the athlete may be placed at further risk of more damaging injury if encouraged to resume full training and/or competition. Overall though, soleus strains have been infrequently reported [3, 19, 20], likely due to the overwhelmingly numerous injuries occurring within the gastrocnemius muscle unit. This can be explained by the presence of type

Fig. 6 (a) Axial T2 fat saturated, (b) axial T1, (c) sagittal and (d) coronal T2 fat saturated MR images in a 31-year-old professional football player with 72 h gradual onset of posteromedial calf pain demonstrate anterior, medial and superior myofascial (epimysial) strain injury rupture (arrow) with fluid extending through the epimysium (short arrow)

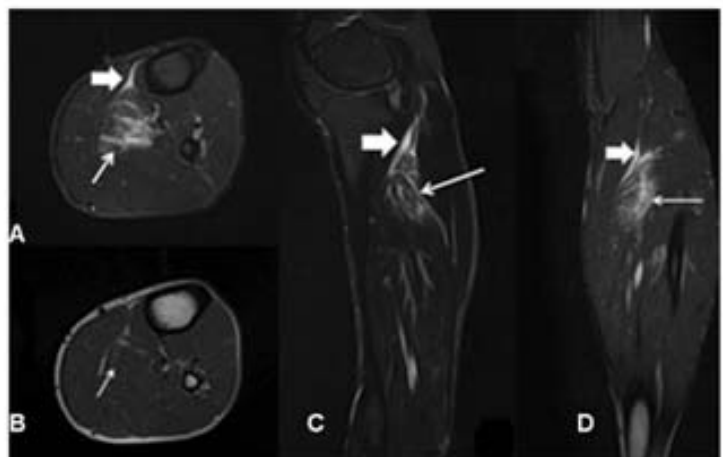
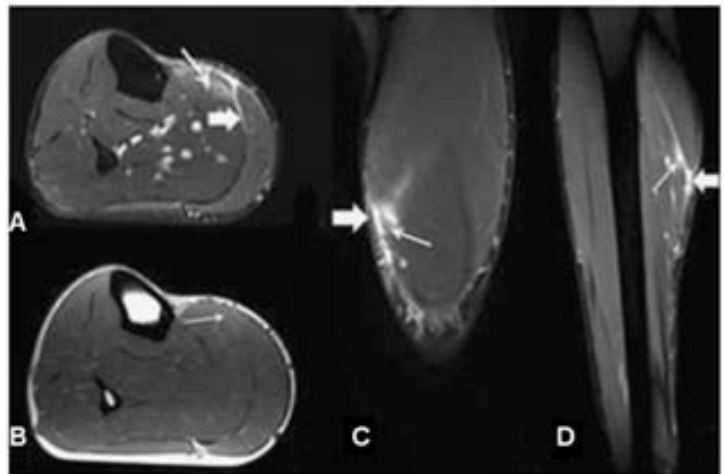


Fig. 7 **a** Axial T2 fat saturated, **(b)** axial T1, **(c)** sagittal and **(d)** coronal T2 fat saturated MR images in a 28-year-old median-distance runner who experienced sudden posteromedial calf pain demonstrate posterior myofascial strain injury of the medial aspect of the soleus (arrow), with haemorrhage extending through the myofascial perimeter (epimysium) (short arrow)



II (fast twitch) muscle fibres in gastrocnemius (compared to slow twitch, or type I, muscle fibres in the soleus) and that the gastrocnemius crosses two joints (knee and ankle), further placing it at risk of injury. Furthermore, under-appreciation of soleal strains has likely played a role in the apparent decreased incidence of soleal injuries, which can be attributed in part to the traditional role that sonography has played as the imaging modality of choice. Though sonographic evaluation of muscle injuries is very sensitive to the detection of intramuscular and intermuscular foci of fluid (indicative of a strain injury), the modality is highly operator dependant. However, the strengths of musculoskeletal ultrasound, such as a dynamic evaluation, monitoring healing and its utility in imaging-guided therapy make it a useful modality in the diagnosis and treatment of calf injuries. Subtle grade I strains, where minimal macroscopic fibre disruption may be the only imaging feature evident (and where haemorrhage is absent), may be missed sonographically. Given the deeper location of the soleus muscle, which inherently results in relatively poorer image quality, it is likely that low grade and therefore subtle strains are missed, with only higher grade injuries visualised. It is also possible that previously undiagnosed dual strains involving the gastrocnemius and soleus muscles [2] have occurred and that the diagnosis of a soleal strain has not been appreciated due to the detection of the easier-to-see gastrocnemius strain, which would have satisfied the sonographer of a diagnosis and resulted in the conclusion of the examination. Delgado et al. [3], in a study of 141 cases undergoing sonographic evaluation with the clinical diagnosis of “tennis leg,” found that 94 cases (66.7 %) demonstrated a strain of the medial head of the gastrocnemius, while 30 cases (21.3 %) were of fluid accumulation between the medial gastrocnemius and the soleus, without any evidence of rupture in any of these. Two cases (1.4 %) of plantaris muscle injury and only one case (0.7 %) of soleus strain were observed. In contrast to this study, Koulouris et al. [2] using MR imaging

observed as many strains in the medial head of the gastrocnemius (34/79) as in the medial aspect of the soleus (34/79). In addition, this study found five strains of the lateral head of the gastrocnemius, two in the plantaris, one in the flexor hallucis longus and three in the tibialis posterior muscles. These authors, surprised with the high frequency of soleal strains previously unreported in the radiological literature concluded that it seemed likely the deeper position of the soleus muscle compared with the gastrocnemius resulted in decreased conspicuity of strains on sonography. In the general population (excluding patients of enormous body habitus), MR imaging generally does not suffer from poorer image quality at the range of increasing depth of soft tissue required to evaluate the soleus muscle as does sonography. Therefore, MR imaging is generally accepted as being superior to sonography in the assessment of deeper pathology. The anatomical study and MR imaging data presented here can have practical implications and assist in the improved sonographic detection rate of soleal strains. In our series of cases, only six cases of dual lesions were noted, however it is possible that this entity is an under-reported injury, as it is standard clinical practice to only request MR imaging for calf injuries when sonographic evaluation is negative.

Though our series fails to compare the relative frequency of gastrocnemius to soleus strains in the clinical context of a calf injury, it does highlight the fact that MR imaging is the radiological modality of choice, being pivotal in not only arriving to the diagnosis of a strain, but also determining the location within the musculotendinous junction unit and dimensions of the strain [20–22], which may have prognostic implications in future research. Our research is the first to correlate cadaveric dissection with clinical patterns of injury, with most strains of the soleus occurring at the proximal medial musculotendinous junction, similar to gastrocnemius strains.

Conclusion

Current information on the detailed anatomy of the soleus muscle in the anatomic and radiological literature is lacking. Broad aponeurotic medial and lateral proximal intramuscular tendons (previously described as aponeuroses) represent proximal musculotendinous junctions from not only an anatomic and radiological perspective, but also from a pathological view, given the high frequency of strain distribution centred at these sites.

Acknowledgments We would like to thank Dr. Lluís Capdevila for his advice in the statistical analysis and Mr. Joan Escoda for his diagrams.

Conflict of Interest None reported.

Ethics approval Ethics approval was obtained from the Consell Català de l'Esport.

References

- Williams PL, Warwick R. *Gray anatomy*. 36th ed. Barcelona: Salvat Editores; 1986. p. 559–682. Spanish version.
- Koulouris G, Ting AYI, Jhamb A, Connell D, Kavanagh EC. Magnetic resonance imaging findings of injuries to the calf muscle complex. *Skeletal Radiol*. 2007;36:921–7.
- Delgado GJ, Chung CB, Lektrakul N, et al. Tennis leg: clinical US study of 141 patients and anatomic investigation of four cadavers with MR imaging and US. *Radiology*. 2002;224(1):112–9.
- Deisl A, Bodner G, Springer P, et al. Ruptures of the medial gastrocnemius muscle: diagnosis with high resolution ultrasound. *Ultraschall Med*. 1998;19(5):230–3.
- Gaultrapp H. "Tennis leg": ultrasound differential diagnosis and follow-up. *Sportverletz Sportschaden*. 1999;13(2):53–8.
- Gilbert Jr TJ, Bullis BR, Griffiths HJ. Tennis calf or tennis leg. *Orthopedics*. 1996;19(2):179–84.
- Menz MJ, Lucas GL. Magnetic resonance imaging of a rupture of the medial head of the gastrocnemius muscle. A case report. *J Bone Joint Surg Am*. 1991;73(8):1260–2.
- Millar AP. Strains of the posterior calf musculature ("tennis leg"). *Am J Sports Med*. 1979;7(3):172–4.
- Davis KW. Imaging of the hamstrings. *Semin Musculoskelet Radiol*. 2008;12:28–41.
- Tectut L, Latarget A. *Anatomía Humana*. 9th ed. Barcelona: Salvat Editores; 1979. p. 1149–98.
- Courthalia C, Weibacher H. Imagerie du mollet douloureux chez le sportif. *J Radiol*. 2007;88:200–8.
- Hodgson J, Finni T, Lai A, et al. Influence of structure on the tissue dynamics of the human soleus muscle observed in MRI studies during isometric contractions. *J Morphol*. 2006;267:584–601.
- Joshi SS, Joshi SD, Kishve PS. Feathered fibres of human soleus. *Int J Morphol*. 2010;28(1):239–42.
- 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.
- Garrett Jr WE. Muscle strain injuries. *Am J Sports Med*. 1996;24:S2–8.
- Jones DC, Singer KM. In: Nicholas JA, Herchman EB, editors. *Soft-tissue condition of the ankle and foot*. 2nd ed. St Louis: Mosby; 1995. p. 441–62.
- Dixon JB. Gastrocnemius vs. Soleus strain: how to differentiate and deal with calf muscle injuries. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2009;2:74–7.
- Brükner P. Calf and ankle swelling. *Aust Fam Physician*. 2000;29(1):35–40.
- Armfield DR, Hyun-Min Kim D, Towers JD, Bradley JP, Robertson DD. Sports-related muscle injury in the lower extremity. *Clin Sports Med*. 2006;25:803–42.
- Cavalier R, Gabos PG, Bowen JR. Isolated rupture of the soleus muscle: a case report. *Am J Orthop*. 1998;27:755–77.
- Cross TM, Gibbs N, Hwang M, et al. Acute quadriceps muscle strains: magnetic resonance imaging features and prognosis. *Am J Sports Med*. 2004;32:710–9.
- Medical Services Futbol Club Barcelona. *Clinical practice guide for muscular injuries. Epidemiology, diagnosis, treatment and prevention*. *Apunts. Med Esport*. 2009;164:179–203.

■ Lesiones musculares en el deporte ■

■ Lesiones musculares en el deporte ■

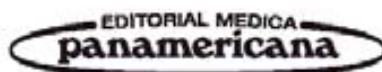
Coordinadores

Ramon Ballus Matas

Doctor en Medicina y Cirugía. Especialista en Medicina del Deporte
Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya
Clínica Diagonal. Esplugues del Llobregat, Barcelona

Carles Pedret Carballido

Especialista en Medicina del Deporte
Clínica Mapfre de Medicina del Tenis
Centre de Diagnòstic per la Imatge de Iarragona
Clínica Diagonal. Esplugues del Llobregat, Barcelona



BUENOS AIRES - BOGOTÁ - CARACAS - MADRID - MÉXICO - PORTOALEGRE
www.medicapanamericana.com

Los editores han hecho todos los esfuerzos para localizar a los poseedores del copyright del material fuente utilizado. Si inadvertidamente hubieran omitido alguno, con gusto harán los arreglos necesarios en la primera oportunidad que se les presente para tal fin.

Gracias por comprar el original. Este libro es producto del esfuerzo de profesionales como usted, o de sus profesores, si usted es estudiante. Tenga en cuenta que fotocopiarlo es una falta de respeto hacia ellos y un robo de sus derechos intelectuales.

Las ciencias de la salud están en permanente cambio. A medida que las nuevas investigaciones y la experiencia clínica amplían nuestro conocimiento, se requieren modificaciones en las modalidades terapéuticas y en los tratamientos farmacológicos. Los autores de esta obra han verificado toda la información con fuentes confiables para asegurarse de que ésta sea completa y acorde con los estándares aceptados en el momento de la publicación. Sin embargo, en vista de la posibilidad de un error humano o de cambios en las ciencias de la salud, ni los autores, ni la editorial o cualquier otra persona implicada en la preparación o la publicación de este trabajo, garantizan que la totalidad de la información aquí contenida sea exacta y completa y no se responsabilizan por errores u omisiones o por los resultados obtenidos del uso de esta información. Se aconseja a los lectores confirmarla con otras fuentes. Por ejemplo, y en particular, se recomienda a los lectores revisar el prospecto de cada fármaco que planean administrar para cerciorarse de que la información contenida en este libro sea correcta y que no se hayan producido cambios en las dosis sugeridas o en las contraindicaciones para su administración. Esta recomendación cobra especial importancia con relación a fármacos nuevos o de uso infrecuente.



Visite nuestra página web:
<http://www.medica.panamericana.com>

ARGENTINA
Museo T. de Alvear 2.145 (C.1122 AAC)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina
Tel: (54-11) 4821.2066 / Fax: (54-11) 4821.1234
e-mail: info@medicapanamericana.com

COLOMBIA
Carrera 7a A 3ª 69-29 - Bogotá DC - Colombia
Tel: (57-1) 235-4068 / Fax: (57-1) 340-0029
e-mail: info@medicapanamericana.com.co

ESPAÑA
Quintanapalla, 8. 4ª planta - 28020 Madrid, España
Tel: (34-91) 131-78-00 / Fax: (34-91) 457-09-19
e-mail: info@medicapanamericana.es

MÉXICO
Hegel 141, 2ª piso - Colonia Chapultepec Morales
Delegación Miguel Alemán - 11570 - México D.F., México
Tel: (52-55) 5052-9470/5003-0136 / Fax: (52-55) 2624-2827
e-mail: info@medicapanamericana.com.mx

VENEZUELA
Edificio Polar, Torre Occ. Piso 6, Of. 6-C
Plaza Venezuela, Urbanización Los Caobos,
Parroquia El Rincón, Municipio Libertador - Caracas Depto. Capital -
Venezuela
Tel: (58-212) 793-2857/6906/5985/1666
Fax: (58-212) 793-0880
e-mail: info@medicapanamericana.com.ve

ISBN: 978-84-9835-703-5 (versión impresa)
ISBN: 978-84-9835-755-4 (versión electrónica)



Todos los derechos reservados. Este libro o cualquiera de sus partes no podrán ser reproducidos ni almacenados en sistemas recuperables, ni transmitidos en ninguna forma o por ningún medio, ya sea mecánico, electrónico, fotocopiado, grabado o cualquier otro, sin el permiso previo de Editorial Médica Panamericana, S. A.

© 2013, EDITORIAL MÉDICA PANAMERICANA, S. A.
Quintanapalla, 8. 4ª planta - 28020 Madrid
Depósito Legal: **FALTA**

Impreso en España

La versión electrónica de este primer título se publica en **FALTA**

Índice de autores

Alomar Serrallach, Xavier

Radiólogo especialista en TC y RM musculoesquelética. Clínica Creu Blanca, Barcelona.

Ardèvol Cuesta, Jordi

Especialista de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Asepeyo Sant Cugat, Barcelona. Clínica Diagonal, Barcelona. Vicepresidente de la Sociedad Española de Traumatología del Deporte (SETRADE).

Balius Matas, Ramon

Doctor en Medicina y Cirugía. Especialista en Medicina del Deporte. Consell Català de l'Esport, Generalitat de Catalunya. Clínica Diagonal, Esplugues del Llobregat, Barcelona.

Balius i Juli, Ramón

Especialista en Cirugía Ortopédica y Traumatología. Primer presidente de la Sociedad Española de Traumatología del Deporte (SETRADE).

Barbany Cairó, José Ramón

Doctor en Medicina y Cirugía. Unidad de Fisiología del Ejercicio (UFEBELL). Departamento de Ciencias Fisiológicas II. Facultad de Medicina. Campus de Bellvitge. Universidad de Barcelona.

Baró Pazos, Fernando

Especialista en Cirugía Ortopédica y Traumatología. Consultor, Departamento de Traumatología y Cirugía Ortopédica. Clínica CEMTRO, Madrid. Clínica Traumatológica, Valladolid.

Blasi Brugué, Marc

Fisioterapeuta. Laboratorio de Anatomía Eco-gráfica, Campus de Ciencias de la Salud de Bellvitge, Universidad de Barcelona. Área de Estructura y Función del Cuerpo Humano, Universidad Internacional de Catalunya. Departamento de Enfermería Fundamental y Médico-Quirúrgica, Escuela Universitaria de Enfermería de la Universidad de Barcelona.

Bossy Langella, Mireia

Escuela de Medicina de la Educación Física y el Deporte, Universitat de Barcelona.

Codina Grañó, David

Especialista de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Asepeyo Sant Cugat, Barcelona. Clínica Diagonal, Barcelona.

Delicado Gómez, M^a Carmen

Unidad de Fisiología del Ejercicio (UFEBELL). Departamento de Ciencias Fisiológicas II, Facultad de Medicina. Campus de Bellvitge. Universidad de Barcelona.

Esparza Ros, Francisco

Doctor en Medicina y Cirugía, Especialista en Medicina del Deporte. Cátedra de Traumatología del Deporte, Universidad Católica, Murcia.

Fernández Jaén, Tomás F.

Cátedra de Traumatología del Deporte, Universidad Católica, Murcia. Servicio de Medicina y Traumatología del Deporte, Departamento de Traumatología y Cirugía Ortopédica, Clínica CEMTRO, Madrid.

Fernández Jiménez, Ascensión

Cátedra de Traumatología del Deporte, Universidad Católica, Murcia. Servicio de Medicina y Traumatología del Deporte, Clínica CENTRO, Madrid.

Frauzino, Fabrizio C.

Unidad de Fisiología del Ejercicio (UFEBELL). Departamento de Ciencias Fisiológicas II, Facultad de Medicina, Campus de Bellvitge, Universidad de Barcelona.

García Forcada, Ignacio Loyola

Especialista en Cirugía Ortopédica y Traumatología, Hospital Joan XXIII, Tarragona. Servicios médicos del Club Bàsquet Tarragona.

Guillén Vicente, Isabel

Departamento de Traumatología y Cirugía Ortopédica, Servicio de Medicina y Traumatología del Deporte, Clínica CENTRO, Madrid.

Guillén García, Pedro

Departamento de Traumatología y Cirugía Ortopédica, Clínica CENTRO, Madrid. Catedrático de Traumatología del Deporte, Universidad Católica, Murcia.

Javierre Garcés, Casimiro

Doctor en Medicina y Cirugía. Especialista en Medicina del Deporte. Unidad de Fisiología del Ejercicio (UFEBELL), Departamento de Ciencias Fisiológicas II, Facultad de Medicina, Campus de Bellvitge, Universidad de Barcelona.

Jimeno Medina, Ignacio M^a

Profesor titular de Histología, Departamento de Ciencias Morfológicas, Facultad de Medicina, IMIBIC/Universidad de Córdoba.

Luque Carabot, Evelio

Profesor Titular de Histología, Departamento de Ciencias Morfológicas, Facultad de Medicina, IMIBIC/Universidad de Córdoba.

Miguel-Pérez, Maribel

Laboratorio de Anatomía Ecográfica, Unidad de Anatomía y Embriología Humana, Departa-

mento de Patología y Terapéutica Experimental, Facultad de Medicina, Campus de Bellvitge, Universidad de Barcelona, Barcelona.

Minoves Font, Montserrat

Departamento de Medicina Nuclear, CETIR, Centre Mèdic, Unidad Londres, Grupo CETIR-ERESA.

Pacheco i Arajo, Laura

Fisioterapeuta. Facultad de Fisioterapia, Universitat Internacional de Catalunya. Consell Català de l'Esport, Generalitat de Catalunya.

Peña Amaro, José

Catedrático de Histología, Departamento de Ciencias Morfológicas. Facultad de Medicina, IMIBIC/Universidad de Córdoba.

Pedret Carballido, Carles

Especialista en Medicina del Deporte, Clínica Mapfre de Medicina del Tennis, Centre de Diagnòstic per la Imatge de Tarragona, Clínica Diagonal, Esplugues del Llobregat, Barcelona. Estudios de doctorado en el Departamento de Cirugía de la Universitat Autònoma de Barcelona.

Pujol Marzo, Montserrat

Fisioterapeuta. Facultad de Fisioterapia, Universitat Internacional de Catalunya. Consell Català de l'Esport, Generalitat de Catalunya.

Rodas Font, Gil

Servicios Médicos F. C. Barcelona. Jefe de los Servicios Médicos de la Federación Española de Hockey Hierba, Clínica Teknon.

Soto Montañez, Carlos

Unidad de Fisiología del Ejercicio (UFEBELL). Departamento de Ciencias Fisiológicas II, Facultad de Medicina. Campus de Bellvitge, Universidad de Barcelona.

Turmo Garuz, Antonio

Doctor en Medicina y Cirugía, Especialista en Medicina del Deporte. Centre d'Alt Rendiment de Sant Cugat. Consorci Sanitari de Terrassa. Escuela Profesional de Medicina de la Educación Física y del Deporte. Universidad de Barcelona.

Índice de capítulos

Índice de autores	VII
Prefacio	VII

SECCIÓN I

PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA LESIÓN MUSCULAR

Capítulo 1. Histoarquitectura del tejido muscular. Músculo esquelético	3
<i>J. Peña Amaro y E. Luque Carabot</i>	
Capítulo 2. Histoarquitectura del tejido muscular. Elementos conjuntivo, nervioso y vascular	17
<i>J. Peña Amaro e Ignacio M.ª Jimeno Medina</i>	
Capítulo 3. Biomecánica de la lesión muscular	29
<i>A. Turmo Garuz</i>	
Capítulo 4. Clasificación de las lesiones musculares	37
<i>R. Balias Matas, C. Pedret Carballido, M. Blasi Brugué, X. Alomar Serrallach, G. Rodas Font, J. Peña Amaro y M.ª Isabel Miguel Pérez</i>	
Capítulo 5. Valoración clínica y exploración de las lesiones musculares	45
<i>R. Balias Matas y R. Balias Juli</i>	
Capítulo 6. Diagnóstico por imagen de las lesiones musculotendinosas	51
<i>R. Balias Matas, X. Alomar Serrallach y C. Pedret Carballido</i>	
Capítulo 7. Farmacología en el tratamiento de las lesiones musculares	63
<i>G. Rodas Font, C. Pedret Carballido e I. García-Forcada</i>	
Capítulo 8. Principios de reparación muscular	69
<i>T. F. Fernández Jaén, I. Guillén Vicente, A. Fernández Jiménez, F. Baró Pazos y P. Guillén García</i>	
Capítulo 9. Abordaje de la recuperación de la lesión muscular	77
<i>M. Pujol Marzo y L. Pacheco i Arajol</i>	
Capítulo 10. Complejo lumbopelvifemoral (core)	87
<i>L. Pacheco i Arajol y M. Pujol Marzo</i>	
Capítulo 11. Readaptación al esfuerzo después de una lesión muscular	101
<i>L. Pacheco i Arajol y M. Pujol Marzo</i>	
Capítulo 12. Concepto de vuelta a la competición y de relesión	107
<i>C. Pedret Carballido y G. Rodas Font</i>	

Capítulo 13. Prevención de la lesión muscular	113
<i>C. Pedret Carballido y G. Rodas Font</i>	
Capítulo 14. Tratamiento quirúrgico de las lesiones musculares	119
<i>J. Ardèvol Cuesta y D. Codina Graño</i>	

SECCIÓN II

ENTIDADES FISIOPATOLÓGICAS EN LA LESIÓN MUSCULAR

Capítulo 15. Fatiga, un síntoma destinado a la protección	129
<i>M. C. Delicado Gómez, C. Soto Montañez, F. C. Frauzino, C. Javierre Garcés y J. R. Barbany Cairó</i>	
Capítulo 16. Mialgia posterior al esfuerzo	135
<i>R. Balius Matas y C. Pedret Carballido</i>	
Capítulo 17. Hernia muscular	145
<i>R. Balius Matas y C. Pedret Carballido</i>	
Capítulo 18. Contusión muscular	149
<i>C. Pedret Carballido y R. Balius Matas</i>	
Capítulo 19. Miositis osificante	157
<i>T. F. Fernández Jaén, F. Esparza Ros, I. Guillén Vicente y P. Guillén García</i>	
Capítulo 20. Derrame de Morel-Lavallée	165
<i>R. Balius Matas y C. Pedret Carballido</i>	
Capítulo 21. Síndromes compartimentales agudo y crónico	171
<i>D. Codina Graño y J. Ardèvol Cuesta</i>	

SECCIÓN III

LESIONES ESPECÍFICAS MUSCULARES

Capítulo 22. Lesiones del tríceps sural	181
<i>R. Balius Matas, C. Pedret Carballido y M. Pujol Marzo</i>	
Capítulo 23. Lesión del recto femoral	203
<i>R. Balius Matas, C. Pedret Carballido y L. Pacheco Arajol</i>	
Capítulo 24. Lesión de los isquiosurales	229
<i>R. Balius Matas, C. Pedret Carballido y M. Pujol Marzo</i>	
Capítulo 25. Lesión de los aductores	253
<i>C. Pedret Carballido, R. Balius Matas y M. Pujol Marzo</i>	
Capítulo 26. Lesión del tensor de la fascia lata	273
<i>M. Bossy Langella, C. Pedret Carballido, R. Balius Matas y L. Pacheco Arajol</i>	
Capítulo 27. Lesiones de la pared abdominal	279
<i>C. Pedret Carballido, R. Balius Matas y L. Pacheco Arajol</i>	
Capítulo 28. Lesiones musculares de la extremidad superior	291
<i>C. Pedret Carballido, R. Balius Matas y L. Pacheco Arajol</i>	
Índice analítico	309

✓ Síntesis conceptual

En la actualidad se denomina *tennis leg* a la lesión miofascial localizada en el tríceps sural o en el plantar delgado. Se manifiesta por un cuadro de dolor agudo invalidante, conocido como síndrome de la pedrada. La lesión más característica interesa la cabeza medial del gastrocnemio, que desarrolla, con frecuencia, hematomas a tensión, hematomas enquistados y cicatrices laminares, algunas de ellas dolorosas. La prueba de elección es la ecografía. En cambio, si la lesión interesa al sóleo, las manifestaciones clínicas son más tópidas y la prueba de elección es la resonancia magnética. Los casos de rotura del plantar delgado se consideran anecdóticos.

■ ANATOMÍA

El tríceps sural (*m. triceps surae*) se sitúa en la cara posterior de la pantorrilla y lo componen un músculo profundo, el sóleo (*m. soleus*), y un músculo superficial formado por las cabezas medial y lateral del gastrocnemio (*m. gastrocnemius, caput mediale y caput laterale*). Las tres masas musculares juntas desarrollan la lámina del tendón de Aquiles y ésta, a su vez, el tendón de Aquiles, que se inserta en el calcáneo.

Las cabezas medial y lateral del músculo gastrocnemio son dos masas musculares voluminosas que se originan en los márgenes supracondilares medial y lateral, respectivamente, y se fusionan distalmente hasta alcanzar el tendón de Aquiles. La cabeza medial posee una inserción más baja que la lateral. Las dos cabezas se separan en la zona proximal formando una V; una vez que se han unido, cubren por detrás el sóleo y el poplíteo. Ayudan a realizar la flexión plantar del pie y contribuyen a la flexión de la rodilla (Fig. 22-1).

El músculo sóleo está situado por debajo del gastrocnemio. El origen del músculo sóleo se encuentra en los puntos óseos de la tibia y el peroné, y en las aponeurosis que los cubren. Entre estos dos orígenes se observa un arco fibroso (*arcus tendineus musculi solei*) que los une entre sí y por donde profundiza el paquete vasculonervioso posterior de la pierna. También desde su inicio se observa un origen aponeurótico tanto en la cara anterior como en la cara posterior del mismo músculo, que presenta gran variabilidad interindividual en grosor, disposición y superficie.

Desde su inicio óseo existen unas expansiones aponeuróticas que se dirigen hacia la línea media del músculo y terminan conformando la aponeurosis de éste. Además, en el espesor del músculo se origina una estructura conjuntiva que corresponde al tendón central del sóleo que alcanza el tendón de Aquiles. El sóleo realiza, preferentemente, funciones de control postural de la extremidad inferior y la marcha (Fig. 22-2).

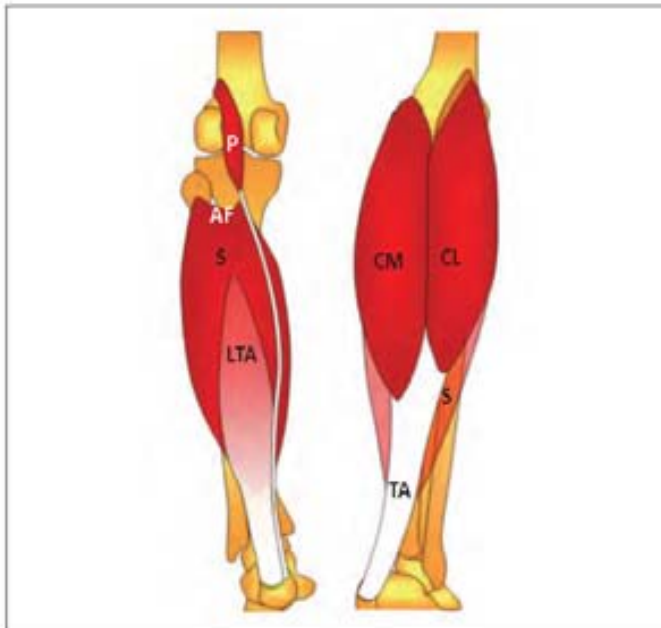


Figura 22-1. Esquema del triceps sural y del plantar delgado. AF: arco fibroso del sóleo; CL: cabeza lateral del músculo gastrocnemio; CM: cabeza medial del músculo gastrocnemio; LTA: lámina del tendón de Aquiles; P: músculo plantar delgado; S: músculo sóleo; TA: tendón de Aquiles.

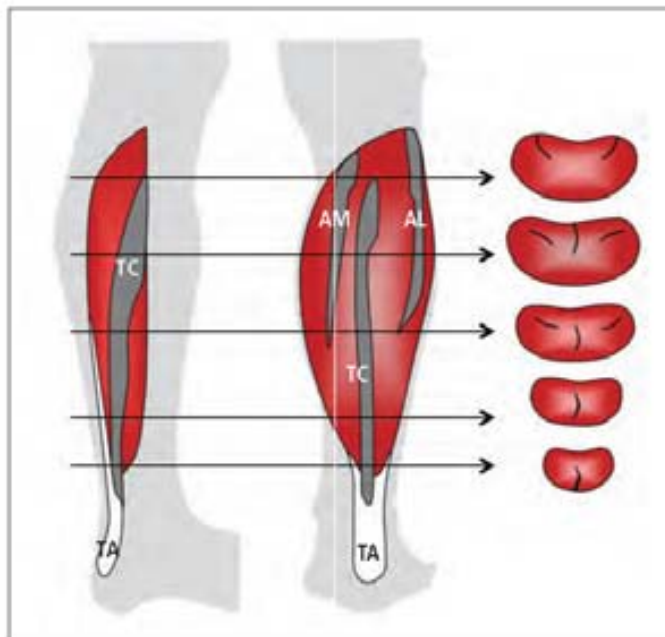


Figura 22-2. Anatomía intramuscular del sóleo. AL: expansión aponeurótica lateral; AM: expansión aponeurótica medial; TA: tendón de Aquiles; TC: tendón central.

El plantar delgado (*m. plantaris*) es un músculo variable que tiene su origen en la línea lateral supracondílea, por encima de la cabeza lateral del gastrocnemio. Posee un pequeño cuerpo muscular y se dirige, mediante un tendón delgado y largo, hacia la cara interna de la pierna hasta alcanzar el borde medial del tendón de Aquiles e insertarse en el calcáneo (Fig. 22-1).

■ MECANISMOS DE PRODUCCIÓN

Por *tennis leg* se entiende el dolor súbito e invalidante en la cara interna de la pierna, producido durante un cambio de ritmo o por la carrera.

Ambroise Paré (1509-1590), el primero en prestarle atención, la denominó *cop de fuet* y consideró que se trataba de una rotura espontánea del músculo plantar delgado. En 1958, Arner y Lindholm intervinieron cinco casos y señalaron que el *tennis leg* era la rotura miofascial de la cabeza medial del gastrocnemio. En 2002, Delgado et al. consideraron que el *tennis leg* era una lesión que se asentaba en cualquier estructura del tríceps sural: gastrocnemio, sóleo o plantar delgado.

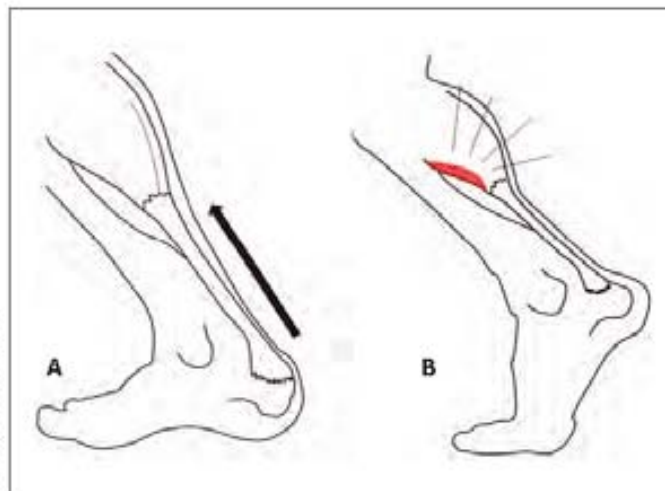
Cuando la rodilla está en extensión y el tobillo está en flexión dorsal, la cabeza medial presenta el máximo estiramiento. Cualquier impulso motor suplementario en este momento propicia una contracción excéntrica que produce la lesión del gastrocnemio (Fig. 22-3). Si existe alguna flexión de la rodilla con cierto grado de rotación interna o externa – una situación característica de la carrera –, la lesión puede situarse en el sóleo.

■ LESIÓN DE LA CABEZA MEDIAL DEL GASTROCNEMIO

El músculo gastrocnemio medial es un músculo poliarticular, rico en fibras rápidas de tipo IIB. Además, participa de forma excéntrica en multitud de gestos deportivos y laborales, por lo que es muy susceptible de lesionarse. Trabajadores y deportistas en general sufren la lesión –especialmente, aficionados al tenis y al fútbol sala–; la mayoría de ellos son veteranos con una edad de más de 40 años.

La lesión se sitúa en la unión miofascial de la cabeza medial con el sóleo. De existir rotura aponeurótica del gastrocnemio, el hematoma diseca el espacio miofascial que, en ocasiones, alcanza el hueco poplíteo (Fig. 22-4).

Figura 22-3. Mecanismo de lesión del *tennis leg*. La rodilla se coloca en extensión y el tobillo en flexión dorsal (A). Desde esta posición se realiza un impulso motor súbito y se produce la lesión en la cabeza medial del músculo gastrocnemio (B).



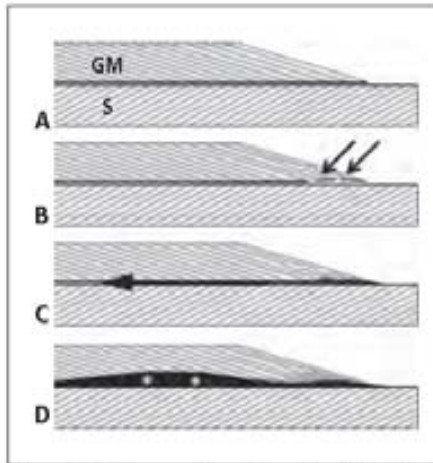


Figura 22-4. Hematoma demorado miofascial. **A)** Músculo normal. **B)** Lesión miofascial de la cabeza medial del gastrocnemio (flechas). **C)** Diseción miofascial de la lesión (flecha). **D)** Aparición demorada del hematoma (*). GM: cabeza medial del músculo gastrocnemio; S: sóleo.

Estudio clínico y exploración

El individuo, durante una carrera o un gesto específico, sufre un dolor súbito y brutal en la cara interna de la pierna que le obliga al apoyo monopodal inmediato. En ocasiones refiere un chasquido audible. A este cuadro se lo denomina *síndrome de la pedrada* porque es muy frecuente que el paciente explique la sensación de que «algo» ha contusionado con su pierna. A partir de este momento, el paciente adopta una postura antiálgica que consiste en flexión de la rodilla y flexión plantar del tobillo. La deambulación es muy dolorosa y la cojera, evidente.

La exploración mostrará una pierna globulosa y empastada de la parte medial o de la totalidad de la pierna (v. Fig. 5-4). A los pocos días, aparece una sufusión hemática, por debajo de la lesión, que puede alcanzar la raíz de los dedos del pie (Figs. 22-5).



Figura 22-5. Tenista de 52 años. *Tennis leg* de 7 días de evolución. Sufusión hemática de aparición distal inframaleolar y proximal al hueso poplíteo. Al paciente se le colocó una férula posterior de yeso almohadillado y el hematoma rebosó distal y proximalmente.

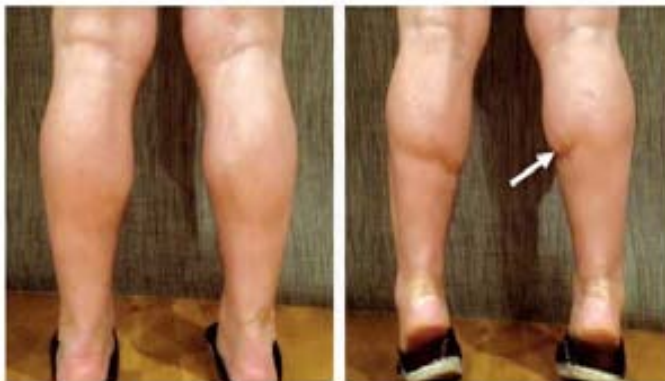


Figura 22-6. Secuela de *tennis leg* en tenista aficionado de 54 años. Ascensión del relieve muscular de la cabeza medial del gastrocnemio. Puede consultarse el vídeo en la página web.

A la palpación se localiza, especialmente durante las primeras horas, una zona selectiva de dolor en el tercio medio de la cara posteromedial de la pierna. Existe abolición parcial o total del bamboleo muscular. En algunas ocasiones, el cuadro simula una tromboflebitis profunda o una tromboflebitis que obliga a realizar pruebas complementarias. Cualquier maniobra exploratoria que comporte la extensión de la rodilla y la flexión dorsal del tobillo es dolorosa.

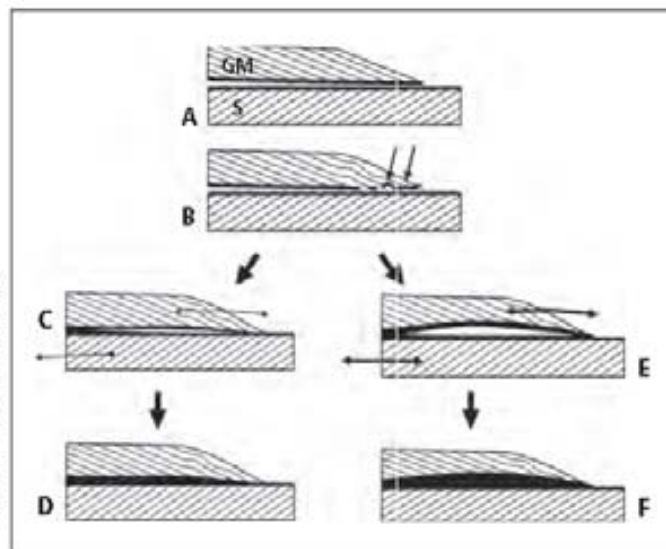
En la exploración nunca debe olvidarse la evaluación del tendón de Aquiles mediante su palpación y la maniobra de Thompson-Campbell (presión lateral de la masa de la pantorrilla que produce la flexión plantar del pie), que, en caso de ser negativa, es patognomónica de la rotura completa de dicho tendón.

Progresivamente, el dolor va desapareciendo y se recuperan la movilidad, la elasticidad y la fuerza. Como secuela se observará la ascensión del relieve muscular de la cabeza medial del gastrocnemio respecto al contralateral, tanto más alta cuanto mayor haya sido la lesión (Fig. 22-6).

La evolución tórpida de esta lesión durante la recuperación puede deberse, básicamente, a tres causas, cuya identificación obliga a realizar pruebas complementarias. La primera es la aparición de un hematoma enquistado. Puesto que la lesión se sitúa entre dos músculos con distintos vectores de fuerza, éstos cizallan la reparación fibrilar miofascial, lo cual produce un plano de despegamiento y forma un pseudoquistes con líquido en el interior. Una pared es solidaria con la cabeza medial del gastrocnemio y la otra, con el sóleo. El hematoma enquistado —la mayoría de las veces asintomático— puede predisponer a nuevos episodios de dolor agudo (Fig. 22-7).

Una segunda causa de dolor es la instauración de una cicatriz laminar fibrosa dolorosa, es decir, una cicatriz poco elástica que produce empastamiento a este nivel. El estudio ecográfico o de la resonancia magnética (RM) detallará su grosor y dimensiones. La cicatriz fibrosa predispone a dolor excesivo durante los ejercicios de recuperación instaurados, especialmente en el momento de implementar la carrera.

Figura 22-7. Evolución de *tennis leg*. Movimiento muscular (flecha en doble sentido). **A)** Gastrocnemio normal. GM: cabeza medial del músculo gastrocnemio; S: músculo sóleo. **B)** Rotura miofascial de la cabeza medial del gastrocnemio (flechas). **C)** Pequeña colección líquida. **D)** Cicatriz laminar delgada. **E)** Hematoma enquistado. **F)** Cicatriz laminar gruesa.



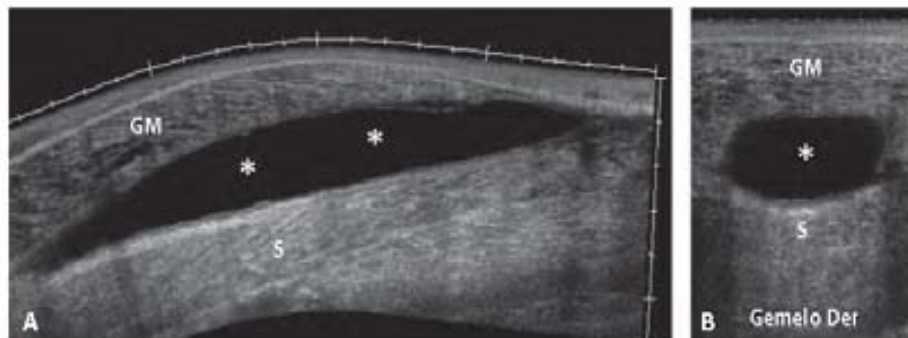


Figura 22-8. Tenista aficionado de 47 años. Lesión de tenis leg con hematómatomiofascial. Estudio ecográfico. **A)** Ecografía panorámica en eje largo. **B)** Ecografía en eje corto. Hematómatomio (*) . GM: cabeza medial del músculo gastrocnemio; S: músculo sóleo. Puede consultarse el vídeo en la página web.

La tercera causa de la aparición de dolor es una trombosis venosa profunda. Ésta suele retrasar el proceso de recuperación instaurado. Normalmente, las venas gastrocnemias están afectadas y, en principio, éstas no presentan la gravedad que presentarían los vasos poplíteos si éstos fueran los afectados.

Diagnóstico por imagen

Tanto la ecografía como la RM son útiles para el diagnóstico, pero la ecografía tiene la ventaja de que permite monitorizar la lesión con facilidad. La RM se reserva para los casos en que se desea saber si la lesión del gastrocnemio se asocia con una del sóleo, para cuando hay dudas de si el tendón de Aquiles está implicado en la lesión o ante el planteamiento quirúrgico de la misma.

Inicialmente, la ecografía suele ser negativa y el análisis se debe realizar con gran cautela, presionando muy poco el transductor para identificar pequeñas colecciones líquidas incipientes. Cuando las fibras están retraídas con un infiltrado ecoico, pero la aponeurosis permanece íntegra, la lesión es poco importante. Si el examen cuidadoso objetiva algún defecto a la altura de la aponeurosis y hematómatomio incipiente, éste podrá drenar con el tiempo al espacio miofascial, entre el gastroc-

nemio y el sóleo, lo cual producirá hematomas demorados de gran tamaño (Fig. 22-8 y v. Fig. 6-4).

La monitorización ecográfica permite identificar la aparición de trombosis venosa profunda en, aproximadamente, el 10% de los casos (Fig. 22-9).

El control ecográfico también pondrá de manifiesto la aparición de un hematómatomio enquistado y su reabsorción progresiva (Fig. 22-10).



Figura 22-9. Tenista aficionado de 41 años. Lesión de tenis leg asociada con trombosis venosa profunda. Ecografía en eje corto. Trombosis venosa profunda en vena gastrocnemio (*). GM: cabeza medial del músculo gastrocnemio; S: músculo sóleo. Puede consultarse el vídeo en la página web.



Figura 22-10. Futbolista profesional de 32 años. Hematoma enquistado bilobulado por lesión de tenis *leg*. Estudio ecográfico. **A)** Ecografía panorámica en eje largo. **B)** Ecografía en eje corto. Hematoma (*). Seudoquistes (flechas). GM: cabeza medial del músculo gastrocnemio; S: músculo sóleo. Pueden consultarse los vídeos en la página web.

Finalmente, la ecografía permite identificar el grosor de la reparación laminar final que se sitúa en la cabeza medial del gastrocnemio (Fig. 22-11).

Tratamiento y vuelta a la competición

Durante los primeros días se aconsejan la descarga de la extremidad y la crioterapia.

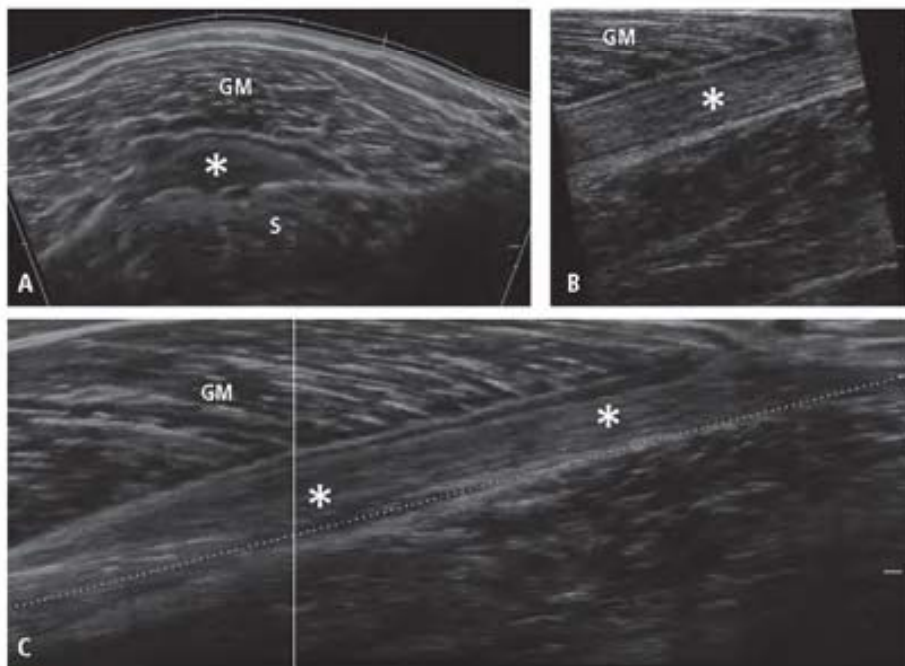


Figura 22-11. Corredor aficionado de 45 años. Cicatriz fibrosa laminar por lesión de tenis *leg*. **A)** Ecografía panorámica en eje corto. **B)** Ecografía en eje largo. **C)** Ecografía panorámica en eje largo. Cicatriz laminar (*). GM: cabeza medial del músculo gastrocnemio; S: músculo sóleo. Puede consultarse el vídeo en la página web.

Si el cuadro es muy doloroso, se puede colocar una férula posterior de yeso (cruosuropédica o suropédica) bien almohadillada y nada apretada. Hay que evitar el vendaje compresivo ya que produce mucho dolor. También es útil la colocación de una talonera bilateral con el objetivo de relajar el gastrocnemio.

Ante un hematoma de grandes dimensiones es útil su evacuación ya que se evitarán compromisos vasculonerviosos secundarios, la aparición de hematoma enquistado o de grandes cicatrices dolorosas.

La evacuación puede consistir en una punción-aspiración ecoguiada o en un desbridamiento con drenaje permanente durante 2 o 3 días hasta que éste ya no sea productivo. Es obligada la colocación de una férula posterior.

La identificación por ecografía o RM de un hematoma enquistado con gran cantidad líquida obliga a la punción-aspiración de éste y a la infiltración de un derivado corticoideo con compresión posterior mediante vendaje circular durante 5 días, aproximadamente. Este procedimiento puede repetirse hasta dos veces más en función de la reaparición de la colección líquida.

Si mediante ecografía se objetiva una gran cicatriz laminar fibrosa, la recuperación debe contrarse en el tratamiento de ésta y en la implementación de ejercicios excéntricos que se expondrán posteriormente.

Si se reconoce una trombosis venosa profunda, se descoagula al paciente tanto si existe un hematoma instaurado como si no existe.

La vuelta a la competición oscila entre las 3 semanas si no hay rotura de la aponeurosis y los 2 meses y medio si la hay. En muchas ocasiones se plantea la controversia de que la ecografía muestra un hematoma enquistado que es asintomático. Si éste es

pequeño, se permite la actividad física con una media de contención y se debe explicar al paciente una hipotética y rara recidiva. Si el enquistamiento es voluminoso, puede realizarse su punción-evacuación, lo que permitirá en pocos días la vuelta a la competición. Habrá que llevar a cabo controles posteriores.

■ LESIÓN DEL SÓLEO

Gracias al uso de la RM en el estudio de las lesiones de la pierna se ha comprobado que la lesión del músculo sóleo es más frecuente de lo que inicialmente puede parecer. Para Koulouris et al., muchas de las lesiones etiquetadas de *tennis leg* corresponden a la lesión del sóleo.

Estudio clínico y exploración

Los síntomas son menos floridos que los de la lesión del gastrocnemio. Suele iniciarse con una sensación de pedrada que –al contrario de lo que ocurre en el caso de la cabeza medial del gastrocnemio– se autolimita a las pocas horas o días. Por lo tanto, el individuo es capaz de reincorporarse a su actividad deportiva con relativa rapidez. La localización del dolor está en función de la unión miotendinosa afectada.

Con todo, la evolución será tórpida, reaparecerá el dolor de forma súbita y poco aparatosa, días o semanas después de la vuelta a la actividad física. A partir de entonces, la lesión, que inicialmente había sido despreciada, puede llegar a convertirse en un auténtico calvario para el deportista, pues reaparecerá de manera periódica, pero de forma imprevisible.

Así pues, ante un dolor tórpido de la cara posterior de la pierna, que no se sitúa en la zona distal e interna de la cabeza medial del gastrocnemio, debe sospecharse lesión del sóleo.

Tipos de lesión

Las lesiones se distribuyen en dos grupos: las que afectan la unión miotendinosa –a la altura de la interfase entre músculo y tendón– y las que afectan la unión miofascial, es decir, las que ocurren en el perímetro del músculo en relación con su epimisio. Así, las lesiones del sóleo tienen cinco posibles localizaciones mioconjuntivas:

- La unión miotendinosa del tendón central (Fig. 22-12).
- La unión miotendinosa de la expansión aponeurótica lateral (Fig. 22-13).
- La unión miotendinosa de la expansión aponeurótica medial (Fig. 22-14).
- La zona miofascial anterior en contacto con el compartimento posterior profundo de la pierna (Figs. 22-15 y 22-16).
- La zona miofascial posterior, en gran parte, en contacto con el músculo gastrocnemio,

a la altura de su cabeza medial o lateral (Fig. 22-17 y 22-18).

Diagnóstico por imagen

La valoración ecográfica está muy limitada al tratarse de un músculo profundo, de fibra gruesa y orientación espacial diversa que, en ocasiones, está muy vascularizado. Por tanto, esta técnica no es útil para la valoración y seguimiento de esta lesión.

Cuando el estudio ecográfico, ante la existencia de un cuadro de dolor tórpido en la pierna que sugiere lesión del gastrocnemio, es normal, se debe indicar RM y sugerir la lesión del sóleo.

Así pues, la prueba de elección es la RM. Con ella puede identificarse la unión miotendinosa afectada y evaluar el volumen de edema existente y los posibles hematomas asociados.

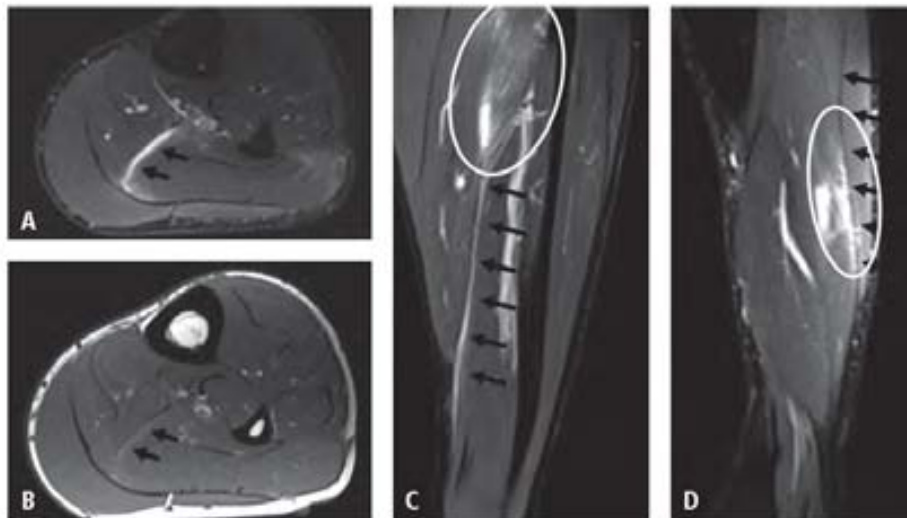


Figura 22-12. Corredor de fondo de 38 años. Rotura miotendinosa del tendón central del sóleo izquierdo en su tercio medio proximal con defecto y líquido intramuscular. **A)** Corte axial en T2 con saturación de grasa. Flechas: lesión. **B)** Corte axial en T1. Flechas: sección del tendón central. **C)** Corte sagital en T2 con saturación grasa. Elipse: lesión. Flechas: tendón central en toda su longitud. **D)** Corte coronal en T2 con saturación grasa. Elipse: lesión. Flechas: tendón central en toda su longitud. Puede consultarse todo el estudio en la página web.

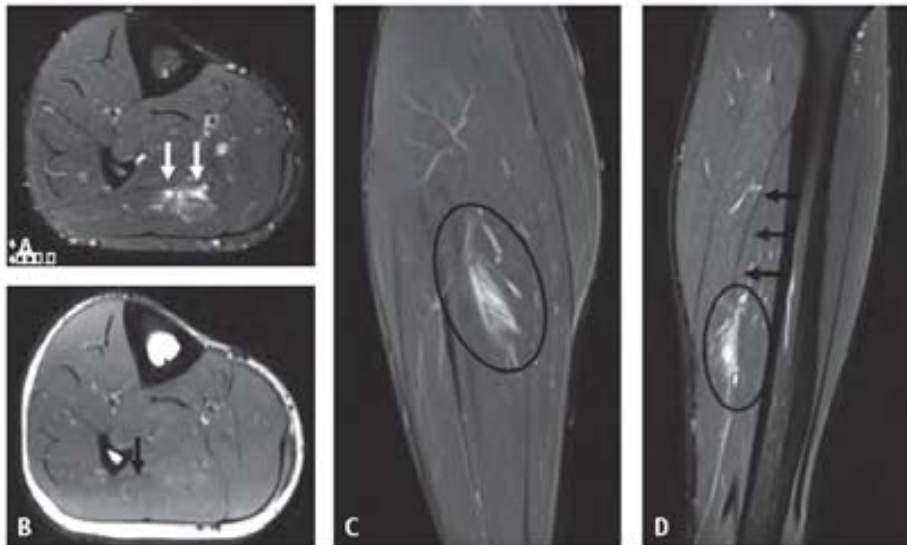


Figura 22-13. Futbolista profesional de 26 años. Rotura miotendinosa del tabique lateral del tercio medio del sóleo derecho con líquido subfasial e intramuscular. Estudio mediante resonancia magnética. **A)** Corte axial en T2 con saturación grasa. Flechas: lesión. **B)** Corte axial T1. Flecha: sección del tabique lateral. **C)** Corte sagital en T2 con saturación grasa. Elipse: lesión. **D)** Corte coronal en T2 con saturación grasa. Flechas: tabique lateral en toda su extensión. Elipse: lesión. Puede consultarse todo el estudio en la página web.

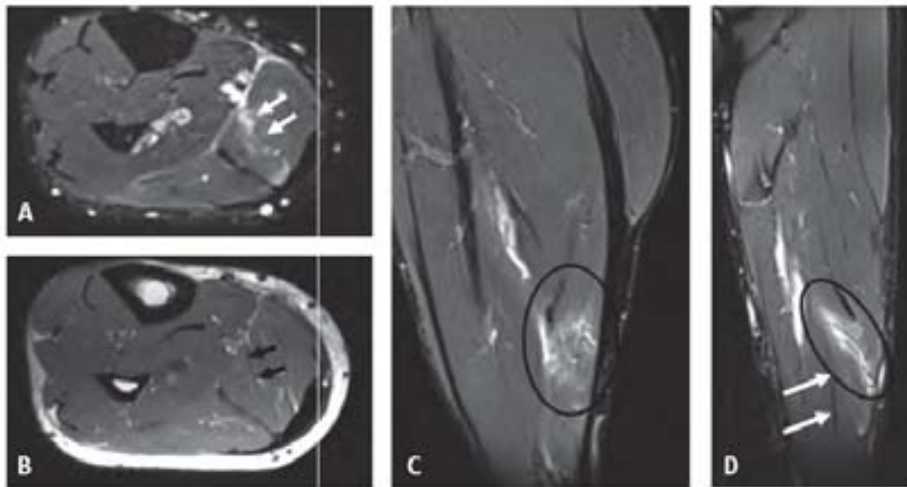
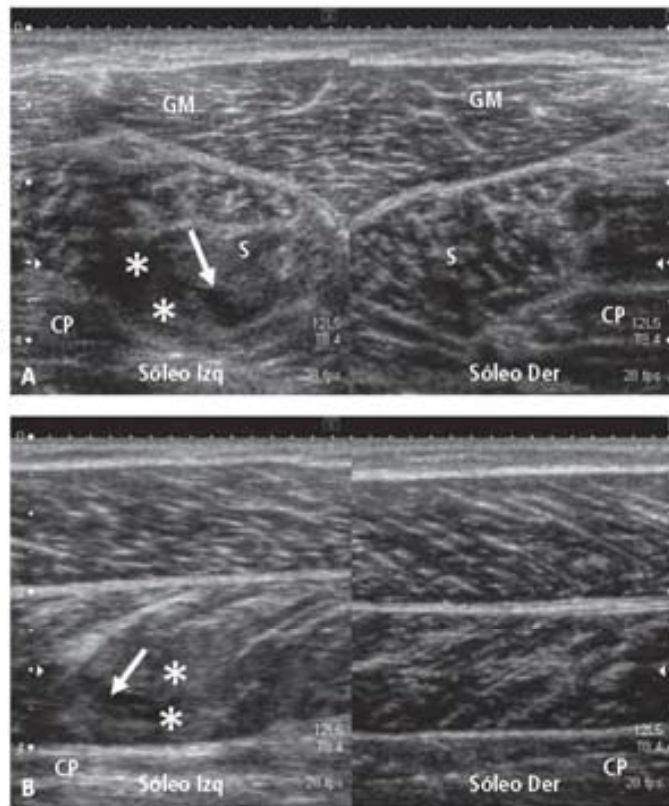


Figura 22-14. Triañeta de 42 años. Rotura miotendinosa del tabique medial del tercio medio del sóleo derecho con líquido subfasial e intramuscular. Estudio mediante resonancia magnética. **A)** Corte axial en T2 con saturación grasa. Flechas: lesión. **B)** Corte axial en T1. Flechas: sección del tabique medial. **C)** Corte sagital en T2 con saturación grasa. Elipse: lesión. **D)** Corte coronal en T2 con saturación grasa. Flechas: imagen parcial del tabique medial. Elipse: lesión. Puede consultarse todo el estudio en la página web.

Figura 22-15. Futbolista femenina profesional de 22 años con lesión muscular de larga evolución. Rotura miofascial anterior del sóleo izquierdo, en contacto con el compartimento profundo. Estudio ecográfico. **A)** Ecografía en eje corto bilateral. **B)** Ecografía en eje largo bilateral. Flecha: defecto fibrilar. Zona ecoica cicatricial (*). CP: compartimento profundo; GM: cabeza medial del músculo gastrocnemio; S: músculo sóleo. Puede consultarse el vídeo en la página web.



También se pueden objetivar lesiones a dos niveles, que afectan el músculo sóleo y el gastrocnemio medial (Fig. 22-19).

Tratamiento y vuelta a la competición

Cuando la lesión del sóleo se diagnostica de forma precoz, la evolución, por lo general, suele ser buena. El problema se plantea cuando esta lesión es despreciada por el especialista clínico o pasa inadvertida inicialmente ya que, a partir de ese momento, las recidivas pueden ser múltiples.

En la actualidad, no existen referencias bibliográficas sobre el tiempo de vuelta a la competición en función del tipo de lesión.

■ LESIÓN DEL PLANTAR DELGADO

La lesión aislada del plantar delgado es muy rara. Se ha descrito asociada con otras lesiones, como la rotura del ligamento cruzado anterior, la lesión de la cabeza medial del gastrocnemio, la rotura del poplíteo o del ligamento arqueado, o con la rotura del tendón de Aquiles.

La lesión del plantar delgado se sitúa en su unión miotendinosa o en su tendón a cualquier nivel (Fig. 22-20).

Estudio clínico y exploración

Los pocos casos descritos en la bibliografía responden al síndrome de la pedrada

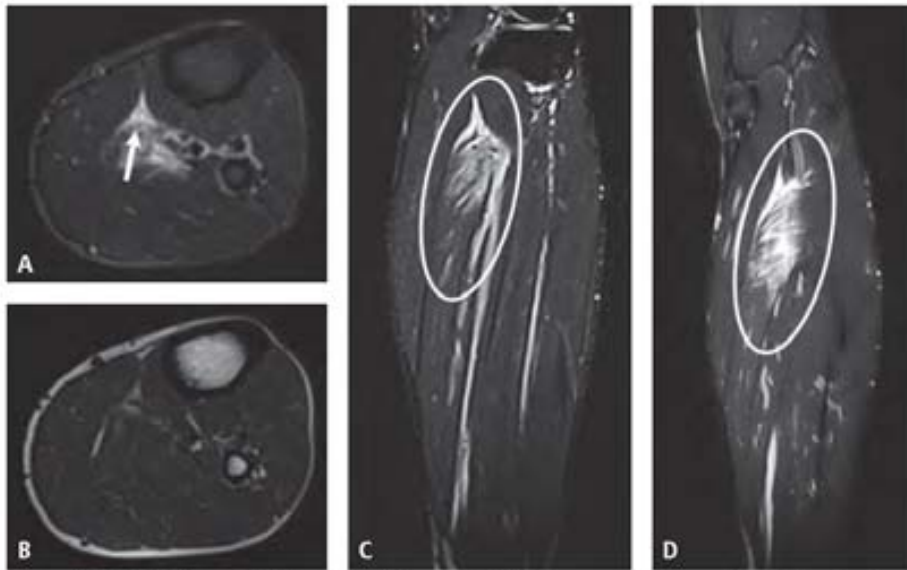


Figura 22-16. Futbolista profesional de 31 años. Rotura miofascial anterior, zona medial y superior del sóleo derecho con retracción y líquido subfascial. Estudio mediante resonancia magnética. **A)** Corte axial en T2 con saturación grasa. Flecha: lesión. **B)** Corte axial en T1. **C)** Corte sagital en T2 con saturación grasa. Elipse: lesión. **D)** Corte coronal en T2 con saturación grasa. Elipse: lesión. Puede consultarse todo el estudio en la página web.

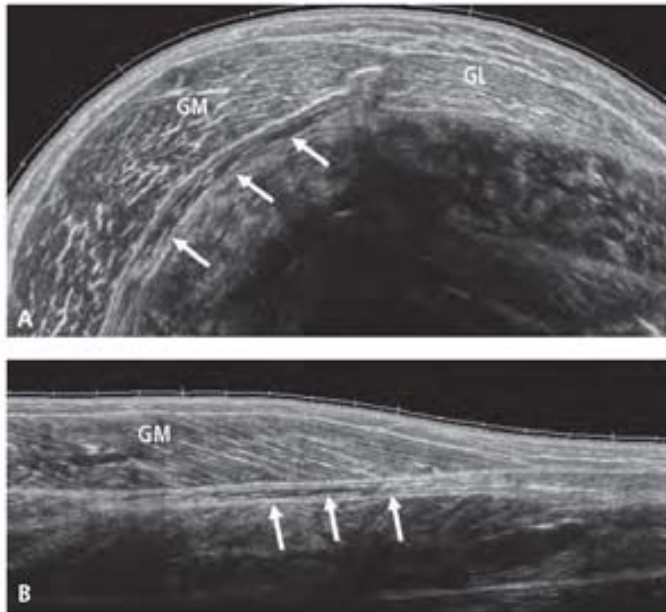


Figura 22-17. Corredor de fondo aficionado de 41 años. Rotura miofascial posterior del sóleo (S) izquierdo en contacto con la cabeza medial del músculo gastrocnemio (GM). Estudio ecográfico. **A)** Ecografía panorámica en eje corto. **B)** Ecografía panorámica en eje largo. **GL:** cabeza lateral del músculo gastrocnemio. Flechas: lesión miofascial. Puede consultarse el video en la página web.

Figura 22-18. Corredor de fondo aficionado de 41 años (el mismo caso que el de la Fig. 22-17). Rotura miofascial posterior del sóleo. Estudio mediante resonancia magnética. **A)** Corte axial en T2 y STIR. Flechas: líquido subfascial e intramuscular. **B)** Corte sagital en T2 y STIR. Flechas: líquido subfascial e intramuscular. Puede consultarse todo el estudio en la página web.

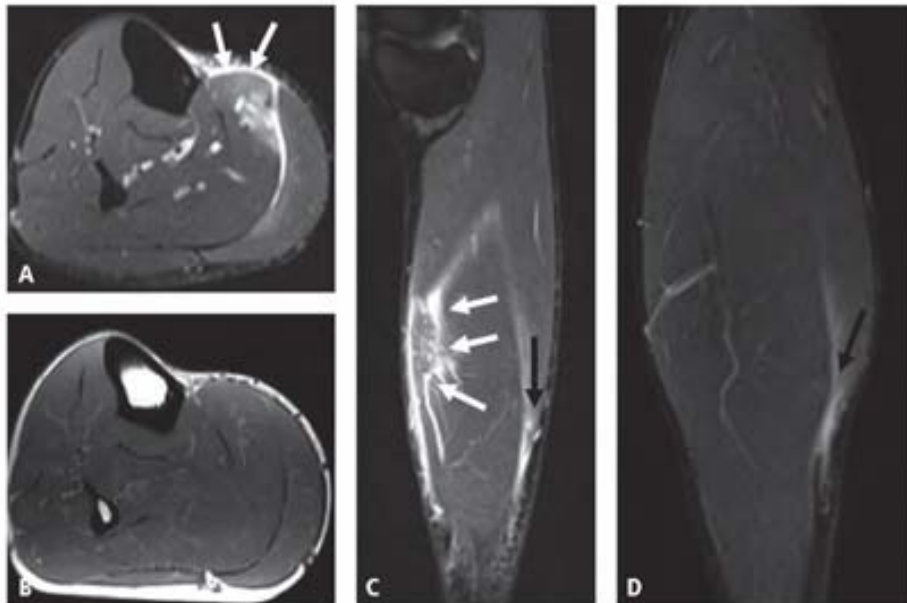
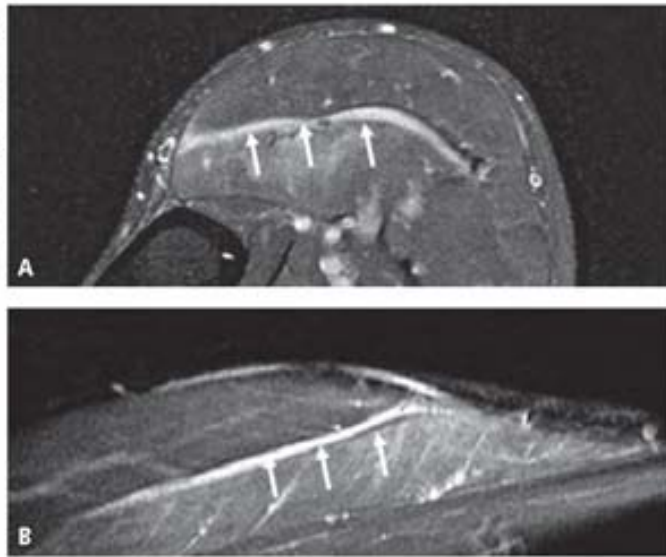


Figura 22-19. Deportista de medio fondo de 28 años. Rotura miofascial posterior del sóleo (flechas) y lesión de la cabeza corta del gastrocnemio con líquido subfascial (flechas blancas). Estudio mediante resonancia magnética. **A)** Corte axial en T2 con saturación grasa. Flechas: lesión. **B)** Corte axial en T1. **C)** Corte sagital en T2 con saturación grasa. Flechas: lesión. **D)** Corte coronal en con saturación grasa. Flecha: lesión. Puede consultarse todo el estudio en la página web.

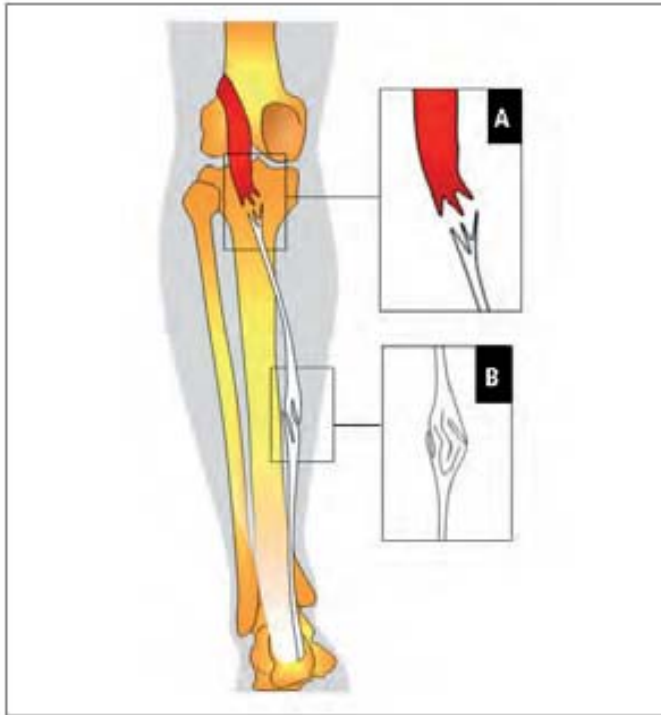


Figura 22-20. Niveles de lesión del músculo plantar. A) Lesión miotendinosa. B) Lesión tendinosa.

que sugiere inicialmente lesión del gastrocnemio. No obstante, el dolor se sitúa en la parte medial o central de la pierna, pero es más proximal que en la típica rotura de la cabeza del gastrocnemio.

Diagnóstico por imagen

Los criterios de rotura del plantar incluyen discontinuidad en el trayecto tendinoso del músculo y/o la observación de un defecto o retracción de la unión miotendinosa de éste (Figs. 22-21 y 22-22).

Tratamiento y vuelta a la competición

De ser aislada, la recuperación del plantar delgado puede durar alrededor de 3 o 4 semanas.

RECOMENDACIONES EN EL ABORDAJE DE FISIOTERAPIA

En estas lesiones, además de aplicar los principios de la recuperación (v. cap. 8), se debe tener en cuenta el concepto de globalidad: complejo suraquileoplantar y musculatura flexora (tibial posterior, flexor del dedo gordo y flexor común de los dedos; Figs. 22-23 a 22-26).

Si por la gravedad de la lesión se precisa la descarga con muletas, para mantener la función, se podrá realizar una secuencia del gesto sin apoyo o aplicar hidrocinesiterapia en piscina de agua profunda sin carga para favorecer la memoria cinestésica. Cuando sea posible el apoyo, se reeducará la marcha con apoyo parcial y, finalmente, total.

Para recuperar los patrones de respuesta anticipatoria, se inician ejercicios de rigidez activa cuya finalidad es conseguir una con-

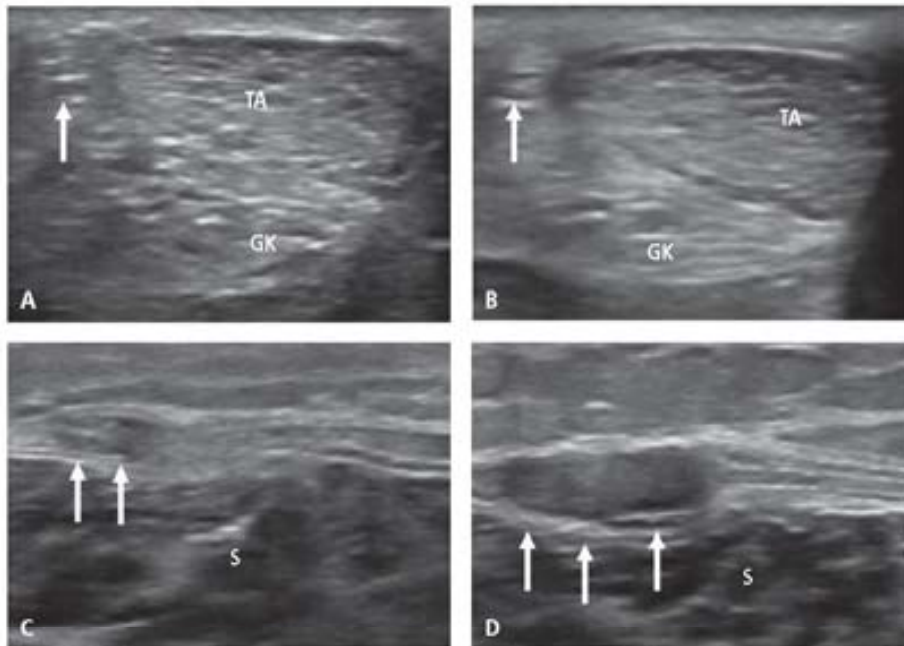


Figura 22-21. Practicante femenina de gimnasia de mantenimiento de 41 años. Ecografías seriadas en eje corto de localización distal (A) a proximal (B) en la cara posteromedial de la pierna derecha. Rotura tendinosa del plantar delgado. Flecha: sección elíptica del tendón plantar delgado que en C y D se engruesa debido a la rotura. GK: grasa de Kager; S: sóleo; TA: tendón de Aquiles. Puede consultarse el vídeo en la página web.

tracción de anticipación previa a la acción. En fases finales debe reproducirse de forma controlada la secuencia de movimiento que ha producido la lesión (movimiento encadenado en posición de flexión de rodilla y flexión dorsal del tobillo, seguidos del impulso del tobi-

llo, con colocación excéntrica de este complejo; Figs. 22-27 a 22-29).

Cuando se tolera la realización de este gesto a alta velocidad, se inician la propiocepción con alta exigencia y la pliometría (ejercicios de acción/reacción).

Figura 22-22. Saltador de trampolín de 32 años. Rotura miotendinosa del plantar delgado con retracción, asociada con una rotura del tendón de Aquiles. Hematoma y defecto (*). Flecha blanca: fibras del plantar delgado retraído. La musculatura del tríceps está afectada por edema intramuscular en pluma. A) Corte coronal en T2 y STIR. B) Corte axial en T2 y STIR.





Figura 22-23. Terapia manual del complejo suroaquileoplantar.



Figura 22-24. Ejercicio dinámico en posición en decúbito.



Figura 22-25. Ejercicio estático de gastrocnemio (rodilla en extensión) y sóleo (rodilla en flexión).



Figura 22-26. Ejercicio dinámico de gastrocnemio (arriba) y sóleo (abajo) con banda elástica.



Figura 22-27. Ejercicio dinámico de predominio excéntrico de sóleo cuya finalidad es activar la rigidez activa. Existe la posibilidad de realizarlo seguido de impulso y simular el gesto de la lesión. Puede consultarse el video en la página web.



Figura 22-28. Ejercicio excéntrico de gastrocnemio. El trabajo concéntrico se realiza con la pierna sana y, a continuación, se traslada el peso a la pierna lesionada, que frenará la flexión dorsal en un trabajo excéntrico con la rodilla en extensión. Puede consultarse el vídeo en la página web.



Figura 22-29. Ejercicio excéntrico de sóleo. El trabajo concéntrico se realiza con la pierna sana y, a continuación, se traslada el peso a la pierna lesionada, que frenará la flexión dorsal en trabajo excéntrico y añadiendo flexión de rodilla. Puede consultarse el vídeo en la página web.

En la reeducación propioceptiva se incluirán ejercicios en diferentes superficies y se hará incidencia en la coordinación y la respuesta rápida con diferentes materiales: *step*, escaleras, técnica de carrera y vallas (Fig. 22-30).

Para la pliometría se aplica un trabajo elástico sin estiramiento brusco de la tensión del salto gracias a la ayuda de una cama elástica *minitramp*. Se podrán realizar saltos con diferentes superficies y materiales (Fig. 22-31).



Figura 22-30. Ejercicio de coordinación en *step* y de técnica de carrera en escalera. Gran diversidad de posibilidades de ejercicios. Pueden consultarse los vídeos en la página web.



Figura 22-31. Ejercicio de acción y reacción (pliometría) en cama elástica y con cuerda.

En la prevención de las cicatrices laminares y fibrosas se contempla el trabajo de estiramientos adecuado y el trabajo excéntrico (Figs 22-28, 22-29 y 22-32 a 22-34 y

Tabla 22-1). Si la cicatrización es defectuosa, se incluirán técnicas de masaje transverso profundo combinadas con electroterapia.



Figura 22-32. Estiramiento estático activo en tensión pasiva de gastrocnemio, con la contracción de su antagonista, el tibial anterior.

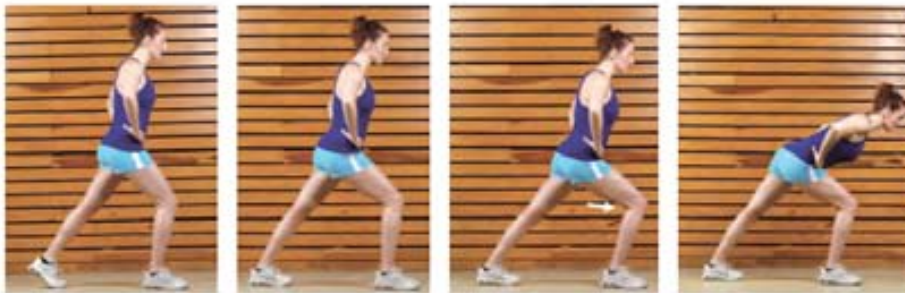


Figura 22-33. Estiramiento estático activo en tensión activa. Secuencia: posición de base, paso posterior, apoyo del talón en el suelo, flexión de la rodilla anterior y flexión del tronco por el eje coxofemoral. Puede consultarse la secuencia de estiramientos estáticos activos en tensión activa de extremidades inferiores en la página web.



Figura 22-34. Estiramiento dinámico en posición de base en bipedestación. El antepié genera un impulso, como si fuera un muelle, acompañado por el movimiento de los brazos.

Tabla 22-1. Criterios de progresión según la unión miotendinosa afectada

UMT afectada	PRICES	Dolor	Excéntrico	Pliométrico	Estramientos analíticos	Trabajo de toda la cadena miofascial	Progresión funcional
Cabeza medial gastrocnemio	✓*	Inmediato	Plantear los ejercicios con componente de extensión de rodilla	✓*	Incidendo en la extensión de rodilla y flexión dorsal de tobillo con componente de vato	✓*	✓*
Sóleo	✓*	Tápido	Plantear los ejercicios con componente de flexión de rodilla	✓*	Incidendo en la flexión dorsal de tobillo con la rodilla flexionada	✓*	✓*

* Atención especial de fisioterapia: PRICE, protección, rest, ice, compression and elevation.

■ BIBLIOGRAFÍA

- Armfield DR, Hyun-Min Kim D, Towers JD et al. Sports-related muscle injury in the lower extremity. *Clin Sports Med* 2006; 25:803-42.
- Amer O, Lindholm A. What is tennis leg? *Acta Chir Scand* 1958; 116:73-7.
- Balius R, Alomar X, Rodas G et al. The soleus muscle: MRI, anatomic and histologic findings in cadavers with clinical correlation of strain injury distribution. *Skeletal Radiol* 2013; 42:521-30.
- Balius R, Pacheco L. *Tennis leg*: Lesión del gemelo interno. En: Balius R, ed. *Patología muscular en el deporte. Diagnóstico, tratamiento y recuperación funcional*. Barcelona: Masson 2005; p.131-42.
- Bianchi S, Martinoli C, Abdelwahab IF et al. Sonographic evaluation of tears of the gastrocnemius medial head ("tennis leg"). *J Ultrasound Med* 1998; 17:157-62.
- Brukner P. Calf and ankle swelling. *Aust Fam Physician* 2000; 29:35-40.
- Cottrell WC, Pearsall AW IV, Hollis MJ. Simultaneous tears of the Achilles tendon and medial head of the gastrocnemius muscle. *Orthopedics* 2002; 25:685-7.
- Delgado GJ, Chung CB, Lektrakul N et al. Tennis leg: Clinical US study of 141 patients and anatomic investigation of four cadavers with MR imaging and US. *Radiology* 2002; 224:112-9.
- Dixon JB. Gastrocnemius vs. soleus strain: How to differentiate and deal with calf muscle injuries. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2009; 2:74-7.
- Gilbert TJ Jr, Bullis BR, Griffiths HJ. Tennis calf or tennis leg. *Orthopedics* 1996; 19:179-84.
- Gulotta L, Voos J, Shindle M. Gastrocnemius injury complicated by an arteriovenous malformation in a professional American football player. *Clin J Sports Med* 2011; 21:266-8.
- Koulouris G, Ting AYI, Jhamb A et al. Magnetic resonance imaging findings of injuries to the calf muscle complex. *Skeletal Radiol* 2007; 36:921-7.
- Millar AP. Strains of the posterior calf musculature ("tennis leg"). *Am J Sports Med* 1979; 7:172-4.
- Orchard JW, Alcott E, James T et al. Exact moment of a gastrocnemius muscle strain captured on video. *Br J Sports Med* 2002; 36:222-3.
- Weishaupt D, Schweitzer M, Morrison W. Injuries to the distal gastrocnemius muscle: MR findings. *J Comput Assist Tomogr* 2001; 25:677-82.
- Williams PL, Warwick R. *Gray, Anatomía*, 36ª ed. Barcelona: Salvat 1986; p.559-682.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio anatómico de músculo sóleo mediante disección mostró desde su inicio óseo en peroné y tibia unos tendones intramusculares que se dirigían hacia la línea media del músculo desapareciendo distalmente. Así mismo, desde la aponeurosis intramuscular situada en el espesor del músculo nacía, en su tercio proximal, un verdadero tendón central y anterior en posición anatómica que se fusionaba con el tendón de Aquiles. El estudio en voluntarios demostró diferencias significativas ($p = ,002$) entre la longitud del tendón central entre el lado derecho (31,35 cm) e izquierdo (30,36 cm) y en la distancia de inserción del mismo en el Aquiles ($p= ,02$) del lado derecho (7,19 cm) respecto al izquierdo (7,94 cm). El análisis retrospectivo de las lesiones tipificó los 5 tipos de lesión que se describen.

El estudio microscópico de este tendón central a diferentes niveles se observó que en su parte proximal es un tendón independiente, formado por fibras conectivas densas y separadas del tendón de Aquiles por tejido conectivo laxo, mientras que en la parte distal estaba unido al resto del tendón de Aquiles contribuyendo a su formación (Figura 4.1).

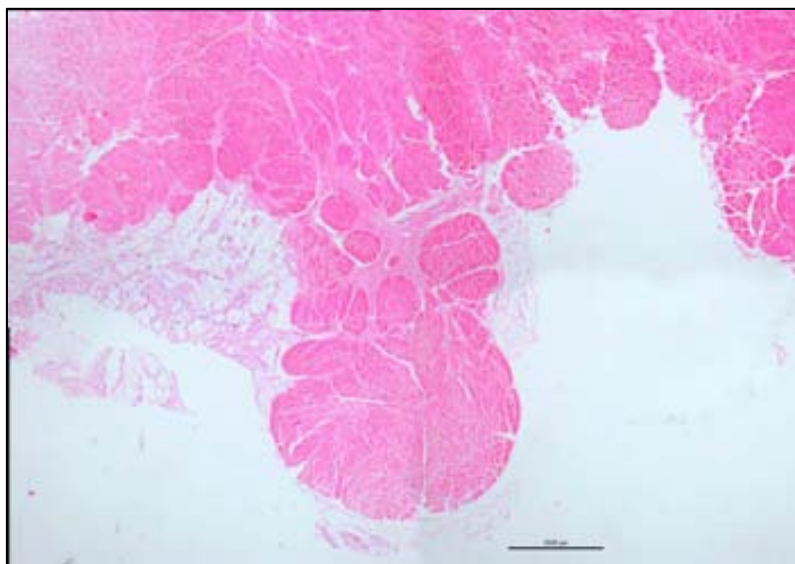


Figura 4.1 La imagen muestra el tendón de Aquiles y en la parte más anterior la aponeurosis de 2-3 mm que se une con el resto del tendón, y separada del mismo por tejido conectivo laxo.

Se estudiaron 55 casos de lesión del sóleo, 29 en la pierna derecha y 26 en la izquierda. Se distribuyeron las lesiones en dos principales grupos: los que afectaban a la unión miotendinosa y los que afectaban a la unión miofascial, las lesiones de la unión músculo-tendinosa se daban en la región de transición entre músculo y tendón. A este nivel, la lesión podía asentar en el tendón intramuscular o en las aponeurosis medial o lateral. Las lesiones que se daban en el perímetro del músculo y no en las áreas miotendinosas son denominadas miofasciales y, por tanto, podían situarse en la unión miofascial del sóleo con el gastrocnemio (miofascial posterior) o del sóleo con el compartimento posterior profundo de la pierna (miofascial anterior). Así pues, la lesión mioconectiva podía ser localizada en (*Figura 4.2*):

- La unión miotendinosa del tendón central.
- La unión miotendinosa del cada uno de las aponeurosis lateral o medial.
- La zona miofascial posterior, en gran parte en contacto con el músculo gastrocnemio, a nivel de su cabeza medial o lateral.
- La zona miofascial anterior, en gran parte en contacto con el compartimento posterior profundo.

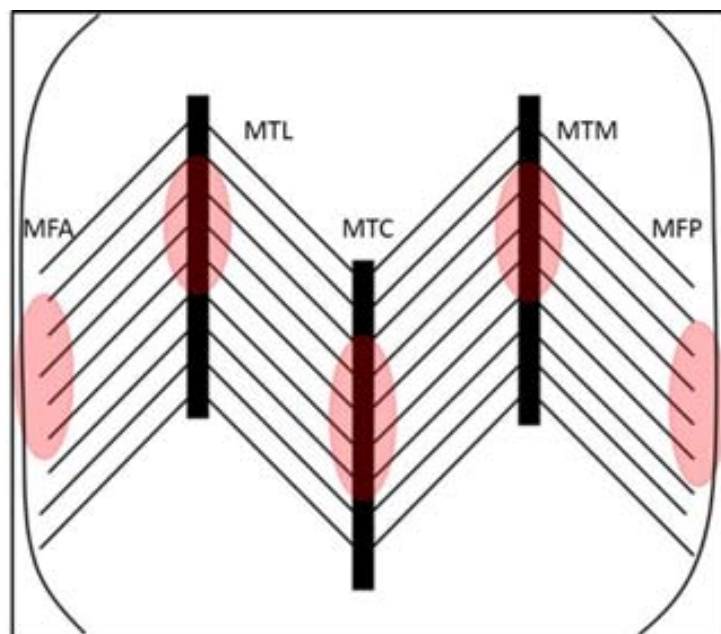


Figura 4.2 Esquema de la estructura interna del músculo sóleo y los lugares donde pueden asentar las distintas lesiones. MFA (miofascial anterior), MTL (miotendinosa lateral), MTC (miotendinosa del tendón central), MTM (miotendinosa medial), MFP (miofascial posterior).

Es muy importante tener en cuenta las distintas fases durante el tiempo que dura la reparación, que dependen de la característica biológica que predomina (inflamación, degeneración, regeneración y fibrosis). También se debe destacar que el patrón de curación muscular varía de un músculo a otro; no es lo mismo el gemelo interno que el cuádriceps o el sóleo; y de una lesión a otra, evoluciona de forma diferente una lesión de la unión músculo tendinosa que una lesión miofascial o una producida por un traumatismo directo. Es precisamente por este motivo por el que toma especial importancia el conocimiento exacto de la anatomía de los diferentes músculos y las características histológicas y fisiológicas de la región muscular donde se da la lesión.

Igualmente importante es conocer los distintos factores de riesgo que deben tenerse en cuenta por su afectación en las lesiones musculares. A nivel del complejo del tríceps sural destacan (Orchard 2005):

- Deportes que entrañen movimientos explosivos.
- Edad. A mayor edad, más posibilidades de lesión.
- Historia de anteriores *tennis leg*.
- Atrapamiento de la raíz de L5.
- Deshidratación y fatiga.
- Superficies duras y superficies de alta reacción.

El mecanismo de producción cuando la rodilla está en extensión y el tobillo está en flexión dorsal, la cabeza medial se encuentra en máximo estiramiento (Garrett 1996; Gilbert 1996). Cualquier impulsión motriz suplementaria en este momento propicia una contracción excéntrica que produce la lesión del gastrocnemio. Si existe algo de flexión de la rodilla con cierto grado de rotación interna o externa (una situación característica de la carrera) la lesión puede situarse en el sóleo (Figura 4.3).

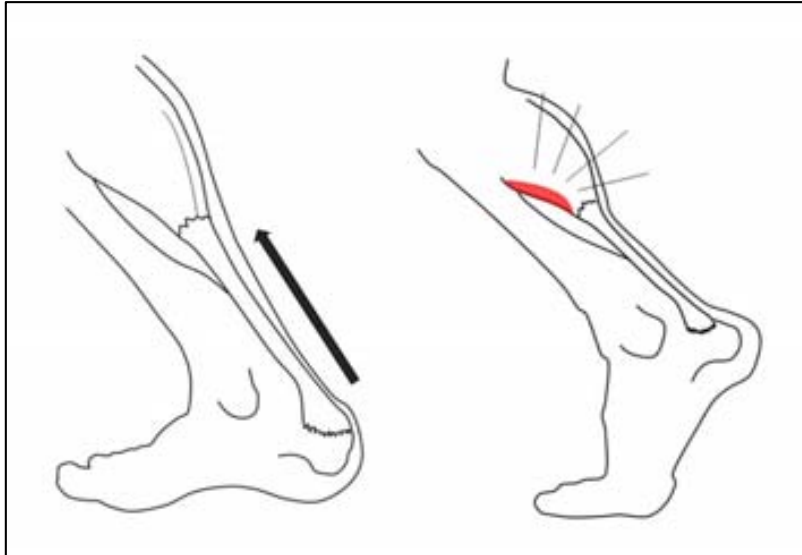


Figura 4.3 Mecanismo de lesión del Tennis leg. La rodilla se coloca en extensión y el tobillo en flexión dorsal (a). Desde esta posición se realiza una impulsión motriz súbita y se produce la lesión en la cabeza medial del músculo gastrocnemio o de manera menos abigarrada en el músculo sóleo (b).

En cuanto al diagnóstico de las lesiones del músculo sóleo la valoración ecográfica está muy limitada al tratarse de un músculo profundo, de fibra gruesa y orientación espacial muy variable, que en ocasiones está muy vascularizado (Dessl 1998; Courthaliac 2007). Por tanto, a pesar de que el conocimiento exacto de la anatomía permite una mejor aproximación al sóleo mediante la ecografía, se considera que no es una técnica de gran utilidad para la valoración y seguimiento de esta lesión.

Esta afirmación ha sido investigada mediante un estudio de fiabilidad en el diagnóstico ecográfico de las lesiones del sóleo entre dos observadores independientes utilizando la RM como *gold standard*. Se mostró un porcentaje de acuerdo del 75%. Para este porcentaje total de concordancia, un 52,8 % corresponde al acuerdo en un diagnóstico mediante ecografía positivo, mientras que un 18,2% corresponde al acuerdo en un diagnóstico mediante ecografía negativo. Se ha observado un porcentaje total de discrepancia diagnóstica en 11 casos (25%). El estudio ecográfico objetivó la lesión mioconectiva en 15 casos (27,3%), siendo los otros 40 (72,7%) negativos. De los 40 casos negativos, un 35% fueron miofasciales y un 65% miotendinosos. Estos porcentajes se invierten para los casos 15 positivos, observándose un 66,7% de casos miofasciales y un 33,3% de miotendinosos. Una prueba de chi-cuadrado de Pearson

mostró diferencias significativas para estos porcentajes ($\chi^2_{(55,1)}=4,44$; $p=.036$) (anexo 1).

Cuando, ante la existencia de un cuadro de dolor tórpido en la pierna que sugiere lesión del gastrocnemio, el estudio ecográfico es normal, se debe indicar una RM y sugerir la lesión del sóleo. Por tanto, la prueba de elección es la RM. Con ella somos capaces de identificar la unión miotendinosa afectada y evaluar el volumen de edema existente y posibles hematomas asociados (Jones 1995; Koulouris 2007). Igualmente es posible objetivar lesiones a dos niveles, que afectan el músculo sóleo y el gastrocnemio medial (Figura 4.4)

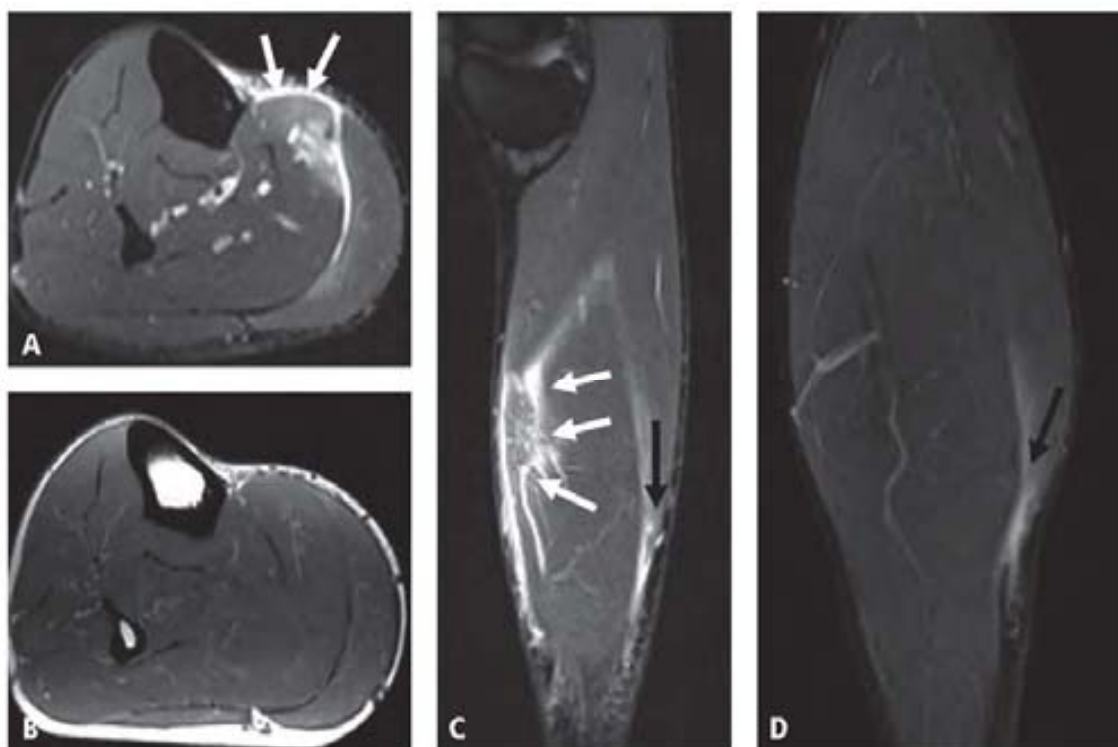


Figura 4.4 Deportista de medio fondo de 28 años. Rotura miofascial posterior del sóleo (flecha blancas) y líquida subfascial (flechas blancas). Estudio RM. a: Axial T2 fat sat. Flechas: lesión. b: Axial T1. c: Sagital T2 fat sat. Flechas: lesión. d: Coronal T2 fat sat. Flechas: lesión

Cuando la lesión del sóleo tiene un diagnóstico precoz, la evolución por lo general suele ser buena. El problema se plantea cuando esta lesión es despreciada por el clínico o pasa

desapercibida inicialmente, ya que a partir de este momento las recidivas pueden ser constantes (Cavalier 1998; Brukner 2000). Hasta el momento no existen referencias bibliográficas sobre el tiempo de vuelta a la competición en función del tipo de lesión. Este es, precisamente, el objetivo final de uno de los trabajos de este proyecto (anexo 1).

Se trabajó en un abordaje de fisioterapia para el tratamiento de este tipo de lesiones y especialmente en la prevención de grandes cicatrices fibrosas laminares. Por este motivo se debe tener en cuenta el concepto de globalidad: complejo suro-aquileo-plantar y musculatura flexora (tibial posterior, flexor del dedo gordo, flexor común de los dedos).

La recuperación de los patrones de respuesta anticipatoria se inician con ejercicios de rigidez activa cuya finalidad es conseguir una contracción de anticipación previa a la acción (Orchard 2005; Pacheco 2010). En fases finales debe reproducirse de forma controlada la secuencia de movimiento que ha producido la lesión (movimiento encadenado en posición de flexión de rodilla y flexión dorsal tobillo, seguidos del impulso del tobillo poniendo en excéntrico este complejo).

Cuando la realización de este gesto es tolerada a alta velocidad se inicia la propiocepción con alta exigencia y la pliometría (ejercicios de acción reacción). En la reeducación propioceptiva: se incluirán ejercicios en diferentes superficies incidiendo en la coordinación y la respuesta rápida con diferentes materiales: escaleras, técnica de carrera y vallas.

En la prevención de las cicatrices laminares y fibrosas se contempla el trabajo de estiramientos adecuado y trabajo excéntrico. Si la cicatrización es defectuosa se incluirán técnicas de masaje transversal profundo combinadas con electroterapia.

Los objetivos finales de todos los trabajos realizados, no únicamente esta línea de investigación del músculo sóleo, sino de todas las investigaciones que atañen a las lesiones musculares, no son otros que el de disminuir la incidencia de lesiones, poder diseñar protocolos de tratamientos específicos y programas de prevención en función del músculo y zona muscular afectada para poder realizar un proceso del RTP lo más rápido y seguro posible y finalmente el de disminuir también el índice de recaídas.

El hecho de poder realizar un diagnóstico y un tratamiento específico se encuentra íntimamente ligado a un conocimiento muy concreto de cada músculo o estructura afectada en particular pero también a disponer de una visión amplia de todos los factores que pueden condicionar, de alguna manera, la curva de resistencia de un músculo y que, por tanto, nos puedan conducir a la lesión del mismo.

Así pues, siguiendo el esquema propuesto por Mendiguchia en 2012, se considera que la lesión muscular está condicionada e interrelacionada con la anatomía y la histoarquitectura de cada músculo, con su fuerza y su flexibilidad, con la estabilidad lumbo-pélvica (especialmente en los casos de lesiones de grupos musculares de las extremidades inferiores) y con factores concretos que puedan afectar al músculo como son la fatiga o la presencia de lesiones antiguas o áreas fibrosas (Figura 4.5)



Figura 4.5 Modelo conceptual para las lesiones musculares (Mendiguchia 2012)

Esta visión poliédrica de cómo debemos ver actualmente la lesión muscular ha llevado a volver a estudiar la arquitectura y la biomecánica de los principales grupos musculares de manera pormenorizada. En este sentido la importancia del componente “conectivo” dentro de los distintos paquetes musculares y su arquitectónica especial, nos ha llevado a encontrar distintos “puntos”, o “zonas” de lesión, que por sí solos, ya pueden determinar periodos de convalecencia distintos según la lesión.

Los hallazgos en la anatomía del músculo sóleo con la presencia de las tres aponeurosis intramusculares entre las que destaca especialmente el tendón central permite poder clasificar la localización de las lesiones en función de la región donde asientan y, de esta manera, al disponer de la topografía lesional del músculo sóleo, es posible plantear un trabajo para valorar el tiempo de RTP tras una lesión en este músculo para comprobar cuál de las regiones resulta más problemática a la hora de realizar un tratamiento y de evaluar posibles factores pronósticos (anexo 1).

La investigación del proceso del RTP en función de la localización afectada del sóleo da como resultado que las lesiones que afectan la región del tendón central poseen un tiempo de RTP significativamente mayor que el resto de lesiones que asientan en el sóleo (44,29 días contra los 26,22 días del resto de lesiones; $p=.018$) y que además se diagnostican con más días de demora que otras lesiones. Este hecho permite concluir que, al igual que sucede en el músculo recto anterior femoral y en el músculo recto interno, las lesiones que afectan un tendón o aponeurosis intramuscular tienen un peor pronóstico que el resto de lesiones.

Estos hallazgos permiten clasificar las lesiones dentro de un mismo grupo muscular según un criterio de alto o bajo riesgo, hecho muy importante en clínica para poder dar un pronóstico de mayor o menor severidad. Uno de los aspectos más importantes dentro de las lesiones musculares es dar, precisamente, este pronóstico de severidad que condicionara un mayor tiempo de convalecencia y un mayor riesgo de recidiva.

Por tanto, a día de hoy, se deben gestionar las lesiones musculares teniendo en cuenta estos factores que junto a otros mencionados previamente, van a permitir mejorar la práctica clínica diaria.

5 CONCLUSIONES

Los estudios realizados y los resultados descritos en relación al músculo sóleo permiten exponer las siguientes conclusiones:

- La descripción anatómica y ecográfica no descrita previamente del músculo sóleo resulta básica para poder entender el funcionamiento y las lesiones que lo afectan.
- Se describen 5 tipos de lesiones que se sitúan en el músculo sóleo, cada una de ellas con un patrón anátomo-patológico y de imagen diferenciado.
- La ecografía posee una baja sensibilidad en el diagnóstico de las lesiones del sóleo (27.2%), que aumenta si el diagnóstico es demorado. No es por tanto la técnica diagnóstica ideal para la valoración anatómica del sóleo. La RM es la prueba que debe considerarse *gold standard*.
- Las lesiones que asientan en el tendón central del sóleo, al igual que en el caso del Recto Femoral y del Recto Interno, tienen una vuelta a la competición (RTP) mayor que el resto de las lesiones del sóleo, especialmente, si el diagnóstico se realiza de forma demorada.

6 BASES PARA ESTUDIOS FUTUROS.

El objetivo final de todas estas investigaciones es el de utilizar la complejidad del estudio del músculo sóleo como punto de partida para poder establecer protocolos de tratamiento y, en especial, de prevención para las lesiones que afectan a este músculo. Se pretende, igualmente, que los resultados y la metodología de trabajo pueda servir para asentar las bases para llevar a cabo este mismo objetivo con otros grandes grupos musculares.

Este conjunto de investigaciones aporta el conocimiento exacto de la anatomía, los diferentes factores de riesgo de lesión, las mejores pruebas complementarias para el diagnóstico de las lesiones y la topografía lesional del músculo sóleo. Una vez conocidos todos estos condicionantes, el siguiente estudio a realizar sería el de valorar qué área del músculo se activa en función de diferentes de ejercicios de características excéntricas. Este trabajo ya se encuentra en fase de desarrollo y se basa en analizar el músculo mediante RM tras una pauta de trabajo excéntrico centrado especialmente en el músculo sóleo.

El conocimiento de las áreas activadas en función de cada tipo de ejercicio permitiría poder realizar pautas adecuadas de ejercicios que ayuden a la prevención de las lesiones y de las recaídas.

7 BIBLIOGRAFÍA

Armfield DR, Hyun-Min Kim D, Towers JD, Bradley JP, Robertson DD. Sports-Related Muscle Injury in the Lower Extremity. *Clin Sports Med.* 2006; 25: 803-842.

Balius R. *Patología Muscular en el Deporte. Diagnóstico, tratamiento y recuperación funcional.* Ed. Editorial Masson, Barcelona, 2005.

Balius R, Rius M, Combalia A. *Ecografía Muscular de la Extremidad Inferior. Sistemática de exploración y lesiones en el deporte.* Ed. Masson, Barcelona, 2005.

Balius R, Sala X, Alvarez G, Jiménez F. *Ecografía músculoesquelética.* Ed. Paidotribo, Barcelona, 2007.

Balius R, Alomar X, Rodas G, Miguel-Pérez M, Pedret C, Dobado MC, Blasi J, Koulouris G. The soleus muscle: MRI, anatomic and histologic findings in cadavers with clinical correlation of strain injury distribution. *Skeletal Radiol.* 2013; 42: 521–530.

Balius R, Maestro A, Pedret C, Estruch A, Mota J, Rodríguez L, García P, Mauri E. Central aponeurosis tears of the rectus femoris: practical sonographic prognosis. *Br J Sports Med.* 2009; 43 (11): 818-824.

Balius R, Pedret C, Pacheco L, Gutierrez J, Vives J, Escoda J. Rectus abdominis muscle injuries in elite handball players: management and rehabilitation. *Open Access Journal of Sports Medicine.* 2011; 2: 69–73

Bengtsson H, Ekstrand J, Hägglund M. Muscle injury rates in professional football increase with fixture congestion: an 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. *Br J Sports Med.* 2013; 47 (12): 743-747

Bengtsson H, Ekstrand J, Waldén M, Hägglund M. Match injury rates in professional soccer vary with match result, match venue, and type of competition. *Am J Sports Med.* 2013; 41 (7): 1505-1510.

Bianchi S, Martinoli C, Abdelwahab IF, Derchi LE, Damiani S. Sonographic evaluation of tears of the gastrocnemius medial head (“*tennis leg*”). *J Ultrasound Med.* 1998; 17: 157–162.

Bianchi S, Martinoli C. *Músculoskeletal ultrasound.* Springer- Verlag; 2007.

Brukner P. Calf and ankle swelling. *Aust Fam Physician.* 2000; 29 (1): 35-40

Cavalier R, Gabos PG, Bowen JR. Isolated rupture of the soleus muscle: a case report. *Am J Orthop* 1998;27:755-777

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: 236–244.

Courthaliac C, Weilbacher H. Imaginerie du Mollet douloureux chez le sportif. *J Radiol.* 2007; 88: 200-208.

Croisier, J. L. Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *Am J Sports Med.* 2002; 30 (2): 199-203.

Cross TM, Gibbs N, Houang M, et al. Acute quadriceps muscle strains: magnetic resonance imaging features and prognosis. *Am J Sports Med.* 2004; 32:710–719.

De Visser, HM., Reijman M, et al. Risk factors of recurrent hamstring injuries: A systematic review. *Br J Sports Med.* 2012; 46 (2): 124-130.

Delgado GJ, Chung CB, Lektrakul N et al. *Tennis leg*: clinical US study of 141 patients and anatomic investigation of four cadavers with MR imaging and US. *Radiology*. 2002; 224 (1): 112–119.

Dessl A, Bodner G, Springer P et al. Ruptures of the medial gastrocnemius muscle: diagnosis with high resolution Ultrasound. *Ultraschall Med*. 1998; 19 (5): 230–233.

Dixon JB. Gastrocnemius vs. Soleus strain: how to differentiate and deal with calf muscle injuries. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2009; 2: 74-77

Elias JJ, Faust AF, Chu YH, Chao EY, Cosgarea AJ. The soleus muscle acts as an agonist for the anterior cruciate ligament. An in vitro experimental study. *Am J Sports Med* 2003; 31 (2): 241–246.

Ekstrand J. Epidemiology of football injuries. *Science & Sports*. 2008; 23: 73–77.

Ekstrand J, Askling C, Magnusson H, Mithoefer K. Return to play after thigh muscle injury in elite football players: implementation and validation of the Munich muscle injury classification. *Br J Sports Med*. 2013; 47 (12): 769-774

Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med*. 2011; 39 (6): 1226-1232

Ekstrand J, Healy J, Waldén M, Lee J, English B, Hägglund M. Hamstring muscle injuries in professional football: the correlation of MRI findings with return to play. *Br J Sports Med*. 2012; 46: 112-117

Fiorentino NM, F. H. Epstein, et al. Activation and aponeurosis morphology affect in vivo muscle tissue strains near the myotendinous junction. *Journal of Biomechanics*. 2012; 45 (4): 647-652.

Fuller CW, Ekstrand J, Junge A, Andersen TE, Bahr R, Dvorak J, Hagglund et al. Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. *Br. J. Sports Med.* 2006; 40:193-201

Garrett WE Jr. Muscle strain injuries. *Am J Sports Med.* 1996;24: S2-8.

Gaulrapp H. “*Tennis leg*”: ultrasound differential diagnosis and follow-up. *Sportverletz Sportschaden.* 1999; 13(2): 53–58.

Gilbert TJ Jr, Bullis BR, Griffiths HJ. Tennis calf or *tennis leg*. *Orthopedics.* 1996; 19(2): 179–184.

Gillies AR, Lieber RL. Structure and function of the skeletal muscle extracellular matrix. *Muscle Nerve.* 2011; 44: 318–331,

Hägglund M, Waldén M, Bahr R, Ekstrand J. Methods for epidemiological study of injuries to professional football players: developing the UEFA model. *Br. J. Sports Med.* 2005; 39; 340-346.

Hägglund, M., Waldén, M. Ekstrand, J. Injuries among male and female elite football players. *Scand J of Med & Science in Sports.* 2009; 19: 819–827

Hägglund M, Waldén M, Ekstrand J. Risk Factors for Lower Extremity Muscle Injury in Professional Soccer the UEFA Injury Study. *Am J Sports Med.* 2013; 41 (2): 327-335

Hägglund M, Walden M, Til L, Pruna R. The importance of epidemiological research in sports medicine. (Editorial) *Apunts Med de l’Esport.* 2010; 45 (166):57-59.

Hägglund M, Waldén M, Ekstrand J. UEFA injury study--an injury audit of European Championships 2006 to 2008. *Br J Sports Med.* 2009; 43 (7): 483-489.

Hodgson J, Finni T, Lai A, et al. Influence of structure on the tissue dynamics of the human soleus muscle observed in MRI studies during isometric contractions. *J Morphol.* 2006; 267:584–601.

Jones DC, Singer K.M. Soft-tissue condition of the ankle and foot. In: Nicholas JA, Herchman EB, 2nd ed. St Louis, Missouri: Mosby, 1995: 441-462

Joshi SS, Joshi SD, Kishve PS. Feathered fibres of human soleus. *Int J Morphol.* 2010; 28: 239–242.

Kane D, Balint PV, Gibney R, Bresnihan B, Sturrock RD. Differential diagnosis of calf pain with musculoskeletal ultrasound imaging. *Ann Rheum Dis* 2004; 63: 11–14.

Kerkhoffs GM, van Es N, Wieldraaijer T, Sierevelt IN, Ekstrand J, van Dijk CN. Diagnosis and prognosis of acute hamstring injuries in athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013; 21(2): 500-509.

Koulouris G, Ting AYI, Jhamb A, Connell D, Kavanagh E.C. Magnetic resonance imaging findings of injuries to the calf muscle complex. *Skeletal Radiol.* 2007; 36: 921-927.

Lieber RL, Friden J. Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. *Muscle Nerve.* 2000; 23: 1647-1666.

MacIntosh BR, Gardiner PF, McComas AJ. *Skeletal Muscle. Form and Function. Human Kinetics, Second Edition, 2006.*

Mair, S.D. The role of fatigue in susceptibility to acute muscle strain injury. *Am J Sports Med.* 1996; 24(2): 137-143.

Medical Services Futbol Club Barcelona. Clinical Practice Guide for muscular injuries. Epidemiology, diagnosis, treatment and prevention. *Apunts. Med Esport.* 2009; 164: 179–203

Mendiguchia J, Alentorn-Geli E, Brughelli M. Hamstring strain injuries: are we heading in the right direction? *Br J Sports Med.* 2012; 46 (2): 81-85

Mendiguchia J, Alentorn-Geli E, Idoate F, Myer GD. Rectus femoris muscle injuries in football: a clinically relevant review of mechanisms of injury, risk factors and preventive strategies. *Br J Sports Med.* 2013; 47 (6): 359-366.

Mendiguchia J, Arcos AL, Garrues MA, Myer G, Yanci J, Idoate F. The use of MRI to evaluate posterior thigh muscle activity and damage during Nordic Hamstring exercise. 2013 Mar 21. [Epub ahead of print]

Mendiguchia J, Garrues MA, Cronin JB, Contreras B, Los Arcos A, Malliaropoulos N, Maffulli N, Idoate F. Nonuniform changes in MRI measurements of the thigh muscles after two hamstring strengthening exercises. *J Strength Cond Res.* 2013; 27 (3): 574-581.

Menz MJ, Lucas GL. Magnetic resonance imaging of a rupture of the medial head of the gastrocnemius muscle. A case report. *J Bone Joint Surg Am.* 1991; 730 (8): 1260–1262.

Millar AP. Strains of the posterior calf musculature (“*tennis leg*”). *Am J Sports Med* 1979; 7 (3): 172–174.

Mueller-Wohlfahrt HW, Haensel L, Mithoefer K, Ekstrand J, English B, McNally S, Orchard J, van Dijk CN, Kerkhoffs GM, Schamasch P, Blottner D, Swaerd L, Goedhart E, Ueblacker P. Terminology and classification of muscle injuries in sport: the Munich consensus statement. *Br J Sports Med.* 2013; 47 (6): 342-350.

Murphy, D F. Risk factors for lower extremity injury: a review of the literature. *Br J Sports Med.* 2003; 37: 13-29

Nazarian LN. The Top 10 Reasons Músculoskeletal Sonography Is an Important Complementary or Alternative Technique to MRI. *AJR.* 2008; 190: 1621–1626.

Noya J, Sillero M. Incidencia lesional en el fútbol profesional español a lo largo de una temporada: días de baja por lesión. *Apunts Med Esport*. 2012; 47 (176):115-123.

Orchard J, Best T, Verrall G. Return to play follow muscular strains. *Clin J Sport Med*. 2005. 15; 6: 436-441.

Pacheco Arajol L, García Tirado JJ. Sobre la aplicación de estiramientos en el deportista sano y lesionado. *Apunts. Medicina de l'Esport*. 2010; 45: 109-125

Peetrons P. Ultrasound of muscles. *Eur Radiol*. 2002; 12: 35–43.

Pedret C, Balius R, Barceló P, Miguel M, Lluís A, Valle X, Gougoulas N, Malliaropoulos N, Maffulli N. Isolated tears of the gracilis muscle. *Am J Sports Med*. 2011 May; 39 (5): 1077-1080.

Pedret C, Balius R, Idoate F. Sonography and MRI of latissimus dorsi strain injury in four elite athletes. *Skeletal Radiol*. 2011 May; 40 (5): 603-608.

Rae K, Orchard J. The Orchard Sports Classification System (OSICS) Version 10. *Clin J Sport Med*. 2007; 17:1-4

Smigielski R. Management of Partial Tears of the Gastro-Soleus Complex. *Clin Sports Med*. 2008; 27: 219–229.

Soukupa T, Zachařová G, Smerdub V. Fibre type composition of soleus and extensor digitorum longus muscles in normal female inbred Lewis rats. *Acta Histochemica* 2002. 104; 4: 399-405

Testut L, Latarget A. *Anatomía Humana*, 9th ed. Barcelona: Salvat Editores, 1979: 1149-1198.

Van Mechelen W; Lobil H, Kemper HC. Incidence, severity, aetiology and prevention of sports injuries. A review of concepts. *SportsMed*. 1992; 14: 82–99.

Van Tiggelen D, Wickes S, Stevens V, Roosen P, Vitvrouw E. Effective prevention of Sports injuries: A Modelintegrating efficacy, efficiency, compliance and risk-taking behavior. *Br J Sports Med.* 2008; 42: 648–652

Walden M, Hägglund M, Ekstrand J. UEFA Champions League study: a prospective study of injuries in professional football during the 2001–2002 seasons. *Br J Sports Med.* 2005; 39:542–546.

Waldén M, Hägglund M, Orchard J, Kristenson K, Ekstrand J. Regional differences in injury incidence in European professional football. *Scand J of Med & Science in Sports.* 2013; 23: 424–430.

Williams PL, Warwick R. *Gray Anatomía*, 36th ed (Spanish version). Barcelona: Salvat Editores 1986: 559-682.

Yablonka Reuveni Z. The skeletal muscle satellite cell: still young and fascinating at 50. *Journal of Histochemistry and Cytochemistry.* 2011; 59: 1041-1050.

8 ANEXO 1

En el anexo 1 se presentan los resultados preliminares y en fase de publicación que forman parte del conjunto de líneas de investigación de las lesiones del músculo sóleo.

En primer lugar se realizó una comparativa para valorar el grado de utilidad de las diferentes herramientas diagnósticas que permiten objetivar con seguridad las lesiones del músculo sóleo y proponer cuál de ellas resulta de mayor utilidad.

Una vez analizados los resultados obtenidos hasta el momento se planteó el diseño de un estudio final. Se seleccionaron 44 casos de lesiones de sóleo y se realizó una comparativa del tiempo de RTP en función del lugar donde asentaban las distintas lesiones siguiendo un protocolo de tratamiento igual para cada una de ellas.

Estos resultados son importantes porque permiten realmente sentar las bases para la elaboración de protocolos concretos de tratamiento y prevención primaria y secundaria de las lesiones del músculo sóleo. Como se ha comentado, se considera que la complejidad de este músculo puede permitir realizar la extrapolación de esta metodología de estudio al estudio de otros grandes grupos musculares.

8.1 Soleus muscle injury: Sensitivity of ultrasound and sonographic patterns. Balius R, Rodas G, Pedret C, Capdevila Ll, Alomar X.

La presentación subaguda de la lesión del sóleo y su buena tolerancia (Dixon 2009) evita en muchas ocasiones la visita médica y por tanto el registro de la lesión. Como se ha presentado, la lesión del sóleo se visualiza con facilidad mediante RM (Koulouris 2007) y debido al buen pronóstico de la misma, ésta suele indicarse en deportistas de alto nivel (Nolla 2012). Además, el uso tradicional de la ecografía en las lesiones del sóleo limita la visión de lesiones situadas en él (Koulouris 2007). Ello se debe a que este músculo es profundo y multipennato. Además, en muchas ocasiones, está ampliamente vascularizado. Todo ello, dificulta su visualización ecográfica.

El objetivo de este trabajo fue el de describir la variada semiología ecográfica de la lesión del sóleo y evaluar la sensibilidad de esta técnica utilizando la RM como *gold standard*.

Durante cuatro años (2009 – 2013) se realizaron estudios de ecografía y RM a todos aquellos casos que, siguiendo los criterios de Dixon (2009), debutaban clínicamente con dolor agudo compatible con lesión del músculo sóleo.

En los casos donde se observó lesión, se describió la semiología ecográfica de forma pormenorizada. Se valoró la existencia de colección líquida y su situación músculo-tendinosa o miofascial. También se evaluó la disposición de las aponeurosis del sóleo y si existía defecto fibrilar a este nivel. Igualmente se valoró la existencia de zonas de aumento de la ecogenicidad y alteración de la ecotrama.

Con la finalidad de estudiar la fiabilidad de la técnica ecográfica en el estudio de esta lesión se realizó un test de fiabilidad entre dos ecografistas que consistió en la revisión de las imágenes y clips de video de los 55 casos estudiados y en registrar si se objetivaba la lesión o no.

Siguiendo la clasificación propuesta recientemente por Balius et al (2013) se dividió la muestra en cinco tipos de lesiones. Veinticuatro casos (43,7%) fueron miofasciales localizándose la lesión en la aponeurosis posterior (MFP) en 15 casos (27,3%) y en la aponeurosis anterior (MFA) en 9 casos (16,4%). Treinta un casos (56,3%) fueron músculo-tendinosos; localizándose 9 de los casos (16,4%) en la aponeurosis medial (MTM), 11 de los casos (20%) en la aponeurosis lateral (MTL) y finalmente, los últimos 11 casos (20%) en el tendón central (MTC).

El estudio de fiabilidad en el diagnóstico entre dos observadores independientes mostró un porcentaje de acuerdo del 75%. Para este porcentaje total de concordancia, un 52,8 % corresponde al acuerdo en un diagnóstico mediante ecografía positivo, mientras que un 18,2% corresponde al acuerdo en un diagnóstico mediante ecografía negativo. Se ha observado un porcentaje total de discrepancia diagnóstica en 11 casos (25%) (Tabla 8.1.1).

Tabla 8.1.1. Concordancia en las interpretaciones de las ecografías entre dos observadores independientes (0: ecografía negativa; 1: ecografía positiva)

Concordancia	Número de Ecografías	Porcentaje de concordancia	
		Acuerdo en 0	8
Acuerdo en 1	25	56,8 %	
Desacuerdo	11	25,0 %	25,0 %
Total	44	100,0 %	100,0 %

El estudio ecográfico objetivó la lesión mioconectiva en 15 casos (27,3%), siendo los otros 40 (72,7%) negativos. De los 40 casos negativos, un 35% fueron miofasciales y un 65% miotendinosos. Estos porcentajes se invierten para los casos 15 positivos, observándose un 66,7% de casos miofasciales y un 33,3% de miotendinosos. Una prueba de chi-cuadrado de Pearson mostró diferencias significativas para estos porcentajes ($\chi^2_{(55,1)}=4,44$; $p=.036$) (Tabla 8.1.2).

Tabla 8.1.2 Distribución de las lesiones del sóleo agrupadas en miofasciales (MF) o músculo-tendinosas (MT), según el diagnóstico en la ecografía (0: ecografía negativa; 1: ecografía positiva). *Las diferencias en los porcentajes son significativas ($\chi^2_{(55,1)}=4,44$; $p=.036$)

		Ecografía		Total
		0	1	
MF	Lesiones	14	10	24
	Porcentaje	35,0%	66,7%*	43,6%
MT	Lesiones	26	5	31
	Porcentaje	65,0%*	33,3%	56,4%
Total	Lesiones	40	15	55
	Porcentaje	100,0%	100,0%	100,0%

Cuando se parte del conocimiento exacto de la anatomía y de la evaluación pormenorizada de cada una de las uniones mioconectivas existentes en el sóleo, utilizando la RM como gold standard, se identifican hasta un 27,3% de los casos de nuestra serie, siendo el estudio de fiabilidad interobservador del método ecográfico relativamente alto (75%). A pesar de la limitación de la técnica ecográfica para la identificación de las lesiones en el sóleo, la ecografía debe seguir siendo la técnica de elección en la evaluación de las lesiones que clínicamente cursan como un *tennis leg* (Kane 2004). Ello se debe a la fácil accesibilidad de la técnica y al precio que ésta tiene si la comparamos con la RM (Nazarian 2008; Bianchi 1998) y muy especialmente, por la posibilidad de monitorizar la lesión e identificar posibles complicaciones como pueden ser el hematoma miofascial demorado o la aparición de trombosis venosa profunda (TVP). Para Cavalier (1998) la rentabilidad del uso de la RM para las lesiones del sóleo no está justificada. Por tanto, la RM se indicaría en aquéllos casos en los cuales existe una clínica compatible con *tennis leg* y el cuidadoso estudio ecográfico no objetiva lesión alguna. Otra indicación de la RM estaría reservada al deporte de alto rendimiento, donde se precisa de un diagnóstico rápido y seguro.

Si se valora la sensibilidad de la ecografía en función de la localización de la lesión, se observa que las lesiones que se sitúan en las uniones miofasciales se identifican con mucha mayor facilidad que aquéllas que se sitúan en las uniones músculo-tendinosas. Así, si la lesión es miofascial, se identifican el 41,7% de los casos (10 de 24), mientras que si la lesión es musculotendinosa sólo el 16,1% (5 de 26). A ello ayuda el hecho que la lesión miofascial cursa siempre con cierto grado de colección líquida que facilita su visión ecográfica.

Las lesiones MFP fueron las únicas que demostraron poder ser objetivadas con relativa facilidad mediante US ($p=.05$) y poseían un patrón ecográfico en donde se observaba un defecto filiforme anecoico aponeurótico en vecindad con el músculo gastrocnemio, estando la aponeurosis de este músculo respetada. Prácticamente nunca se observó hematoma miofascial abundante (Figura 8.1).

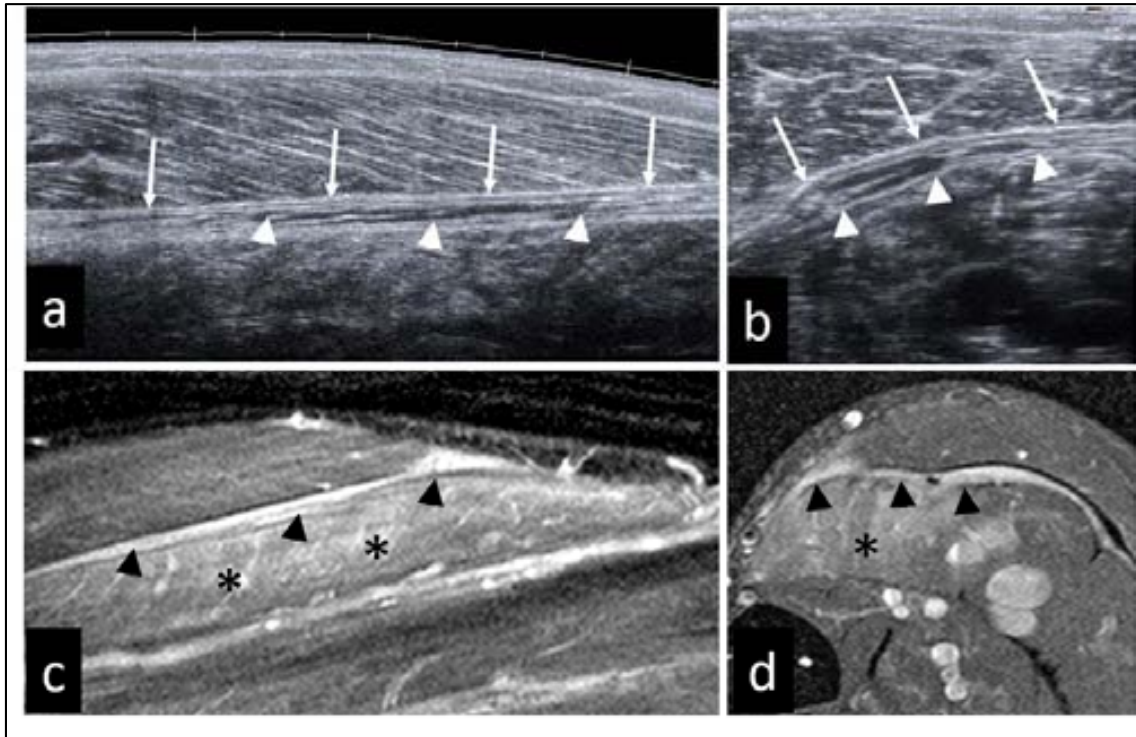


Figura 8.1 Estudios por RM y ecografía en un corredor de media distancia de 45 años que experimentó dolor en la región póstero-medial de la pantorrilla demuestran lesión MFP de la cara medial del sóleo (a): exploraciones ecográficas en eje largo y (b): eje corto que muestran un hematoma filiformes (puntas de flecha) entre la cabeza medial del gastrocnemio y el músculo sóleo. Se observa la integridad de la aponeurosis de la cabeza medial del gastrocnemio. (c): Imágenes de RM. Sagital T2-FatSat y (d): axial T2-FatSat muestran una hemorragia se extiende a través del perímetro miofascial (epimisio) (punta de flecha) y edema en el sóleo (*).

La conclusión de este estudio es la de que utilizando la RM como *gold standard*, la lesión del sóleo tiene una sensibilidad por ecografía del 27,2% de los casos. Cuando la lesión es del tipo miofascial posterior, es más visible que si la lesión es miofascial anterior o asienta en una de las aponeurosis intramusculares o en el tendón central. A estos niveles, las lesiones son más fácilmente objetivadas cuando su evolución es tórpida y el tiempo de demora en la realización de la ecografía es largo (28,8 días). Además, existen unos patrones ecográficos para cada tipo de lesión del sóleo como se expone en el artículo.

8.2 Return to play after soleus muscle injuries. Balius R, Rodas G, Pedret C, Capdevila Ll, Alomar X.

El RTP o retorno a la competición es el proceso de decisión sobre cuándo un deportista lesionado o enfermo puede volver de manera segura a la práctica deportiva y/o a la competición (Walden 2005; Hägglund 2006, 2010, 2013). Cuando la lesión es muscular, debe crearse cada vez un modelo de RTP individualizado en función del tipo de lesión, del nivel del deportista y del deporte que practica.

En primer lugar es necesario hacer un pronóstico de cuánto será el tiempo necesario para volver a la práctica deportiva. Es evidente que esto va a implicar un tiempo de baja deportiva en el cual hay que decidir cuál es el momento justo en que el jugador puede volver a competir (Hägglund 2005; Ekstrand 2013).

Cuando se crea un pronóstico y se determina el RTP se condiciona un riesgo de re-lesión, es decir, el riesgo de recaída, recurrencia o recidiva, en la misma temporada o en las temporadas siguientes (Orchard 2005; Ekstrand 2008).

Si valoramos este proceso de RTP en lesiones musculares deben tenerse en cuenta una serie de factores que lo hacen especial como son que las lesiones musculares son las más frecuentes de todas las lesiones (31%) y con un tiempo de baja muy variable (Ekstrand 2009, 2010), que no existe ni un protocolo de rehabilitación para cada lesión ni una guía clara para estandarizar el proceso (Orchard 2005, 2009) y que muchas de las lesiones musculares son menospreciadas de entrada y su evolución suele ser tórpida y con recaídas frecuentes (30% de recaídas) (Ekstrand 2009).

Este trabajo se centra en el RTP de las lesiones que afectan al músculo sóleo. Como se ha comentado, el músculo sóleo presenta una topografía lesional muy variable y ya descrita en uno de los trabajos publicados (Balius 2012) y se considera que el lugar de lesión en este músculo puede ser más determinante que en otros ya que no intervienen otros factores como pueden ser el mecanismo lesional (como en la musculatura isquiosural) o el tipo de deporte (como en los aductores).

El objetivo de este trabajo fue el de valorar si la topografía de la lesión del músculo sóleo condiciona el tiempo del RTP.

Durante cuatro años se realizaron estudios de RM a todos aquellos casos que, siguiendo los criterios de Dixon (2009), debutaban clínicamente con dolor agudo compatible con lesión del músculo sóleo. Una vez diagnosticada la lesión, se describió su topografía de forma pormenorizada: se valoró la existencia de colección líquida y su situación músculo-tendinosa o miofascial. También se evaluó la disposición de las aponeurosis del sóleo y si existía defecto fibrilar a este nivel. De igual manera se estudió si el diagnóstico precoz (en las primeras 48 horas post-lesión) tenía incidencia en el proceso del RTP.

Finalmente se realizó un seguimiento del tratamiento (los servicios médicos de los diferentes clubs disponían de un protocolo de tratamiento estandarizado) para poder valorar el proceso del RTP de cada uno de los diferentes tipos de lesiones. (Tabla 8.2.1).

Tabla 8.2.1 Protocolo de rehabilitación utilizado para la planificación del RTP en las lesiones del músculo sóleo.

De 0 a 3 días	<ul style="list-style-type: none"> - RICE. - Electroterapia - Masaje de tipo drenaje.
De 3 a 7 días	<ul style="list-style-type: none"> - Ultrasonido diario o hipertermia a días alternos, o diatermia diaria. - Inicio de ejercicios isométricos manuales (4 series de 10 repeticiones en 3 amplitud diferentes y con tiempos de contracción progresivos, pe : 6 segundos de contracción y 2 segundos de relajación) - Estiramientos activos a partir del trabajo con los m. antagonistas, siguiendo una pauta de 12 segundos de estiramiento y 12 segundos de pausa. - Trabajo de propiocepción. - Trabajo de fisioterapia a la piscina. - Bicicleta , trabajo interválico - inicio de fisioterapia en el campo (andar hacia delante y atrás, desplazamientos laterales, etc.).
De 7 a 10 días	<ul style="list-style-type: none"> - Inicio del trabajo manual de la fuerza mediante método concéntrico submáximo de 4 a 6 series de 8 a 10 repeticiones.- Seguir con refuerzo isométrico, - Seguir contrabajo en el campo , introducimos pelota - Pauta de refuerzo lumbopélvico en el gimnasio . Elíptica , trabajo interválico - seguir pauta de estiramientos activos
De 11 a 15 días	<ul style="list-style-type: none"> - Inicio del trabajo manual de la fuerza mediante método excéntrico submáximo de 4 a 6 series de 8 a 10 repeticiones. - seguir pauta de refuerzo isométrico y concéntrico y trabajo de propiocepción - carrera continua a varias intensidades y cambios de ritmo. - ejercicios con pelota con readaptación a todos los gestos deportivos
De 15 a 21 días	<ul style="list-style-type: none"> - incorporación progresiva en los entrenamientos con el equipo

De los 44 casos estudiados, 27 eran futbolistas, 6 tenistas, 5 atletas de fondo, 2 triatletas, 3 de baloncesto y uno de hockey. La edad del grupo fue de 31,85 (19-50) (DS: 7,45) años, con un peso medio de 77 (59-98) kg y una altura media de 179,9 (162-206) cm. El 29,5% de los voluntarios eran zurdos y el resto diestros. El sóleo más lesionado fue el derecho (61,4%). En 32 casos, la lesión era miotendinosas (MT) (72,7%) y en 12 fueron miofasciales (MF) (27,3%) (Tabla 8.2.2).

Tabla 8.2.2 Distribución de las lesiones en cuanto a su localización. MFA: miofascial anterior, MFP: miofascial posterior, MTM: músculo-tendinosa medial, MTL: músculo-tendinosa lateral, MTC: músculo-tendinosa tendón central.

	Tipo	Número	Porcentaje
MT	MTM	13	29,5%
	MTC	7	15,90%
	MTL	12	27,30%
MF	MFA	8	18,20%
	MFP	4	9,10%

En 23 (52,3%) casos la lesión era proximal, 7(15,9%) en la zona central y 14 (31,8%) distal. Por otro lado, 22 (50%) fueron mediales; 8 (18,2%) centrales y 14 (31,8%) laterales.

En cuanto a la vuelta a la actividad, en función de la región afectada, la distribución era como se muestra en la Tabla 8.2.3 y la prueba de CHI-cuadrado objetivaba una $p= .025$ para las lesiones del tendón central (MTC) y músculo-tendinosas laterales (MTL). Ello nos indicaba que en el grupo de estudio las lesiones del tendón central tenían un tiempo de recuperación mayor (44,29 días) respecto al resto de la muestra y las lesiones que se situaban en la aponeurosis lateral eran de mejor pronóstico (18,31 días para la Vuelta a la Competición) como se observa en la Tabla 8.2.3.

Tabla 8.2.3 Vuelta a la Competición en función de la localización de la lesión. N: número de lesiones, MFA: miofascial anterior, MFP: miofascial posterior, MTM: músculo-tendinosa medial, MTC: músculo-tendinosa tendón central, MTL: músculo-tendinosa lateral.

	N	Media (días)	Desviación típica (días)	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo (días)	Máximo (días)
				Límite inferior	Límite superior		
MFA	8	33,13	18,977	17,26	48,99	9	62
MFP	5	35,60	25,890	3,45	67,75	17	81
MTM	12	25,00	10,700	18,53	31,47	13	54
MTC	7	44,29	23,690	22,38	66,20	21	79
MTL	12	18,31	13,357	10,24	26,38	6	54
Total	44	28,61	18,715	23,05	34,17	6	81

Al realizar la comparación de los días de RTP de las lesiones del tendón central respecto a las otras lesiones se llega a la conclusión de que su tiempo de RTP es significativamente más largo (44,29 días contra los 26,22 días del resto de lesiones; $p=.018$) y que además se diagnostican con más días de demora que otras lesiones (Tabla 8.2.4). Este hecho permite concluir que, al igual que sucede en el músculo recto anterior femoral y en el músculo recto interno, las lesiones que afectan un tendón o aponeurosis intramuscular tienen un peor pronóstico que el resto de lesiones.

Tabla 8.2.4 Comparativa de los días de duración del proceso de retorno a la competición (RTP) de las lesiones del tendón central respecto a las otras localizaciones.

Descriptivos RTP	Número lesiones	Media (días)	Desviación típica (días)	Mínimo (días)	Máximo (días)	Significancia estadística ANOVA de un factor Inter-grupos
Tendón central	7	44,29	23,70	21	79	0,018
Otras lesiones	37	26,22	16,70	6	81	
Total	44	29,09	18,88	6	81	

9 ANEXO 2

Se adjuntan los artículos publicados con una vinculación directa a los objetivos finales de esta tesis doctoral, es decir, el estudio de la anatomía exacta, la topografía lesional, el diagnóstico, el pronóstico y el tratamiento de las lesiones musculares en función de la región afectada. En esta línea también se pone de manifiesto la importancia de las lesiones que se dan a nivel de los tendones centrales intramusculares en este caso referentes al tendón o septo intramuscular del recto anterior femoral y del recto interno.

- Central aponeurosis tears of the rectus femoris: practical sonographic prognosis. Balius R, Maestro A, **Pedret C**, Estruch A, Mota J, Rodríguez L, García P, Mauri E. Br J Sports Med. 2009 Oct; 43 (11):818-24.
- Isolated tears of the gracilis muscle. **Pedret C**, Balius R, Barceló P, Miguel M, Lluís A, Valle X, Gougoulas N, Malliaropoulos N, Maffulli N. Am J Sports Med. 2011 May; 39 (5):1077-80.



Central aponeurosis tears of the rectus femoris: practical sonographic prognosis

R Balius, A Maestro, C Pedret, A Estruch, J Mota, L Rodríguez, P García and E Mauri

Br. J. Sports Med. 2009;43:818-824; originally published online 27 Jan 2009; doi:10.1136/bjsm.2008.052332

Updated information and services can be found at:

<http://bjsm.bmj.com/cgi/content/full/43/11/818>

These include:

References

This article cites 19 articles, 12 of which can be accessed free at:

<http://bjsm.bmj.com/cgi/content/full/43/11/818#BIBL>

1 online articles that cite this article can be accessed at:

<http://bjsm.bmj.com/cgi/content/full/43/11/818#otherarticles>

Rapid responses

You can respond to this article at:

<http://bjsm.bmj.com/cgi/eletter-submit/43/11/818>

Email alerting service

Receive free email alerts when new articles cite this article - sign up in the box at the top right corner of the article

Topic collections

Articles on similar topics can be found in the following collections

Trauma (12083 articles)

Injury (11340 articles)

Football (soccer) (107 articles)

Editor's choice (485 articles)

Notes

To order reprints of this article go to:

<http://journals.bmj.com/cgi/reprintform>

To subscribe to *British Journal of Sports Medicine* go to:

<http://journals.bmj.com/subscriptions/>



Central aponeurosis tears of the rectus femoris: practical sonographic prognosis

R Balius,¹ A Maestro,² C Pedret,^{3,4} A Estruch,¹ J Mota,⁵ L Rodríguez,⁶ P García,⁶ E Mauri⁷

¹Consell Català de l'Esport, Generalitat de Catalunya, Barcelona, Spain; ²Freemop Cantabria, Real Sporting de Gijón, Gijón, Spain; ³Physical Activity and Sports Professional Medicine School, University of Barcelona, Barcelona, Spain; ⁴Unitat Medicina de l'Esport, Fundació Hospital Comarcal Sant Antoni Abad, Vilanova i la Geltrú, Spain; ⁵Drem Medical, Barcelona, Spain; ⁶Hospital de Cabuñes, Gijón, Spain; ⁷Aspetar Hospital, National Sports Medicine Program, Doha, Qatar

Correspondence to:
Dr R Balius, Consell Català de l'Esport, Sant Mateu s/n St. Esparguers del Ullastrog, Barcelona 08950, Spain;
rbalius@gsccat.cat;
23694@com.es

Accepted 19 November 2008
Published Online First
13 March 2009

ABSTRACT

Objective: This study is a statistical analysis to establish whether a correlation exists between the level and degree of rectus femoris (RF) central tendon injury and the amount of time that an athlete is unable to participate subsequently, referred to as "sports participation absence" (SPA).

Design: Causal-comparative study.

Patients: 35 players from two high-level Spanish soccer teams with an injury to the central tendon of the RF based on clinical and ultrasound criteria.

Main Outcome Measure: Ultrasound examination was performed with an 8–2 MHz linear multifrequency transducer. All studies included both longitudinal and transverse RF sections.

Results: At the proximal level the SPA time is 45.1 days when the injury length is 4.0 cm. This value increases by 5.3 days with each 1 cm increase in the length of injury. In the case of distal level injury, SPA time is 32.9 days when the injury length is 3.9 cm. This value increases by 3.4 days with each 1 cm increase. In the total representative sample, SPA time when the injury length is 4.2 cm corresponds to 39.1 days. This value increases by 4.2 days per length unit.

Conclusions: RF central tendon injury at the proximal level is associated with a greater SPA time than at the distal level. Patients with a grade II injury have an SPA time longer than those with a grade I injury whether the injury is located proximal or distal.

The rectus femoris (RF) muscle is particularly vulnerable to injury because of the following characteristics: it spans two joints; the majority of its fibres are type II fast twitch; it performs eccentric-specific work during sporting activities.¹

This study is a statistical analysis to establish whether a correlation exists between the level and degree of RF central tendon injury and the amount of time that an athlete is unable to participate, subsequently referred to as "sports participation absence" (SPA).

Data were collected over a 4-year period (2002–5) from high-level soccer players in different categories.

PATIENTS AND METHODS

We recruited 35 players from two high-level Spanish soccer teams. We chose ultrasound as the main exploration method because of its accessibility in our clinical practice, its lower cost and its comparability to magnetic resonance imaging (MRI). The clinical diagnosis was based on acute pain in the anterior thigh during physical soccer

activity according to the Union of European Football Associations criteria.^{2–4}

No pain due to delayed onset muscle soreness or direct trauma was included in the study.⁴

Variables such as weight (kilograms), age (years), height (centimetres) and days delayed to the first medical consultation were registered along with dominance of the lower extremity involved. We have also excluded those players with previous RF injury or with any other lower extremity injury that occurred 5 months before the present injury.

Ultrasound examination

Ultrasound examination was performed using a Toshiba PowerVision ultrasound with an 8–12 MHz linear multifrequency transducer. All studies included both longitudinal and transverse RF sections.⁵

Ultrasound examination was performed by a sports physician in one club and a radiologist in the other. Both sonologists are recognised experts in ultrasound (in Spain and some other European countries the muscular ultrasound examination is commonly performed by sports physicians).⁶ The echographic criteria were agreed before the start of the study.

Injuries to the central tendon topography were divided into two groups: proximal and distal. We define a proximal lesion as one that is located above the intersection created between the lateral edge of the sartorius muscle and medial edge of the RF (fig 1). Distal lesions are those below this line (fig 2).

We chose to evaluate the RF injury with the Peetrons classification as a result of its wide acceptance and ease of application. Measurement of the cross-sectional area (CSA) of the injury along with the injury percentage (CSA%) in the axial plane has been validated with MRI. The CSA has only been validated with ultrasound in healthy muscle.⁷ CSA% in injured muscle has not yet been validated with ultrasound as a result of its technical difficulty.

Peetrons classification (2002) for assessing the degree of disruption by ultrasound was utilised with the following grading system: grade 0 represents a negative ultrasound, negative with positive clinical findings; grade I lesions represent an ill-defined hyper or hypoechoic area without objective fibrillar discontinuity or inflammation of the fascia; grade II lesions represent a partial fibrillar discontinuity; grade III lesions represent complete discontinuity of the fibrillar structure. This kind of injury is referred to us as a "bull's eye lesion" in MRI in most of the cases.^{8,9} Our

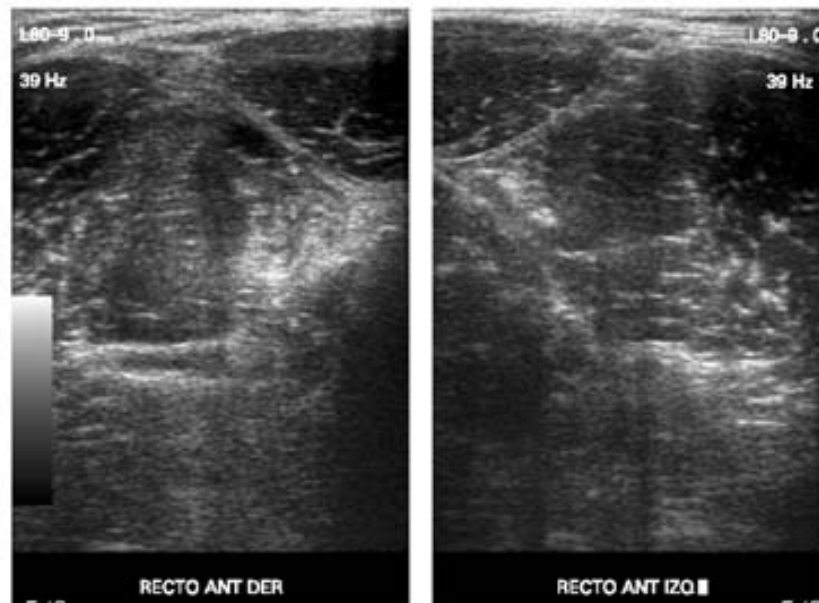


Figure 1 Proximal axial bilateral image of the rectus femoris central tendon. A minimum fluid collection can be seen that causes the central tendon to disappear into the right one (arrowhead). The section of the sartorius can also be seen.

classification only includes injuries graded I, II and III omitting grade 0.¹¹

The length of the injury was also recorded by placing a mark on the skin overlying the most distal transverse section of the injury. The probe was then moved proximally until the first appearance of normal tissue. A second mark was placed and the distance between the two marks was measured.¹²

Rehabilitation protocol

Despite the fact that there is not a universally accepted rehabilitation protocol,⁸ the two clubs used the same programme. It consisted initially of absolute rest for the first week with application of ice, compression and non-steroidal anti-inflammatory medication. After a week, a four-stage active recovery was initiated ranging from light running to hard kick

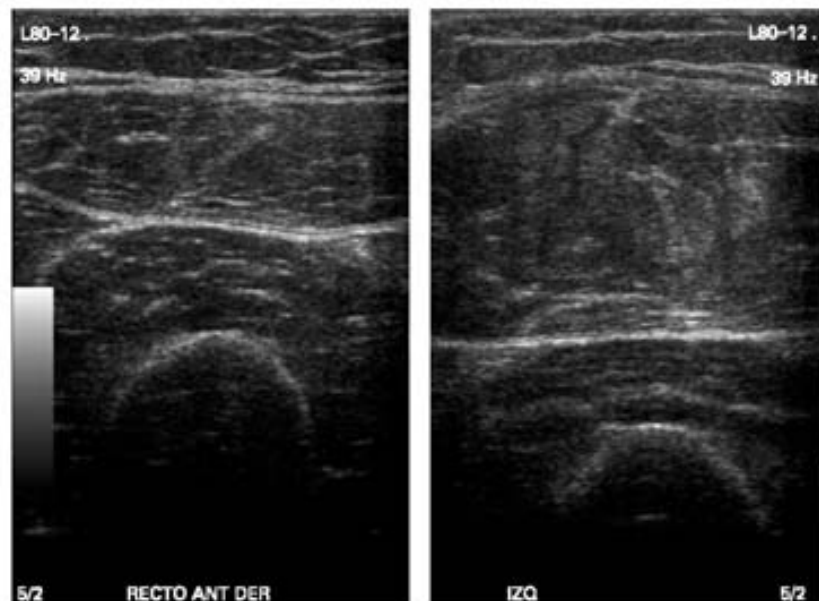


Figure 2 Distal axial bilateral image of the rectus femoris central tendon. The image demonstrates an area of mixed echogenicity surrounding an irregular central tendon in the left one. The muscle is slightly swollen.

Original article

and explosive sprint. To pass from one stage to another the athlete must be absolutely free of pain.⁹

Once again the SPA time was defined as the days taken from the injury until the player returns to full training with the team.^{2,3,12} A player is totally rehabilitated when the medical team considers that he is suitable to re-start soccer activity fully.^{2,3,12,14} We did not use any specific functional or metabolic test for the purpose of evaluating recovery as none of the current testing has been shown to be statistically valid as suggested by Cross and colleagues.^{4,12,14}

Statistical analysis

Treatment of study variables

The "level" variable was treated as categorical: proximal and distal.

Weight, age, height and days delayed to first consultation variables were treated as continuous variables; the dominant leg was treated as categorical. The "SPA" variable, in days, was treated as continuous and categorical (0–30 days, 31–45 days and >45 days).

The "length" variable of the lesion was treated as a continuous variable, in centimetres.

The categorical variable grades I (minor), II (moderately severe) and III (severe) have been reduced to two categories (I, minor; and II, moderately severe) because only one patient was

classified as a grade III. This change avoids comparisons between grades without statistical power.

Initially, a description of the representative sample was developed through absolute and relative frequencies and measures of central tendency and dispersion. To check the uniformity of the representative sample the Kolmogorov–Smirnov test and the test of homogeneity of variances from the Levene test were applied.

Comparisons of averages were carried out by *t* test for comparison of two independent representative samples.

The specific analysis of the SPA time stratified by the level of injury was studied for the correlation between variables with the Pearson correlation. We also calculated a linear regression model taking as the dependent variable SPA time and as the explanatory variable the injury length that was centred on their average to facilitate the model interpretation. This was repeated for the pattern for each level of injury and in the total representative sample.

The type I error was fixed at 5% (95% CI). Statistical software SPSS version 13 was used.

RESULTS

Descriptive variables

We recruited 35 patients. In 18 (51.4%) the level of injury was proximal and in 17 (48.6%) distal (table 1).

Table 1 Patient characteristics and cases description

	Age (years)	Weight (kg)	Height (cm)	Tight	Dominant	Delayed days	Level	Grade	Length	SPA (days)
1	25	70	175	D	D	0	Distal	I	3	21
2	16	70	180	D	D	3	Distal	I	3	30
3	26	73	180	I	ND	1.5	Proximal	II	5	60
4	40	70	165	D	D	2	Distal	II	5	30
5	20	78	180	D	D	2	Proximal	II	4	42
6	28	76	176	D	D	2	Proximal	II	7	60
7	18	67	170	D	D	1	Distal	I	2	21
8	22	68	174	I	ND	2	Proximal	II	3	42
9	16	68	174	D	D	4	Distal	II	4	60
10	16	71	174	D	D	4	Distal	I	2	30
11	26	78	178	D	D	2	Distal	I	5	40
12	20	65	166	D	D	2	Proximal	II	4	42
13	24	67	173	I	D	1	Proximal	I	1	28
14	26	79	185	D	D	4	Proximal	II	8	75
15	22	75	168	D	D	3	Proximal	I	5	45
16	25	79	184	D	D	3	Distal	I	1	15
17	29	77	176	D	D	1	Proximal	II	4	42
18	25	78	178	I	ND	1	Proximal	II	4	35
19	28	78	182	D	D	1	Proximal	I	1	28
20	27	72	170	D	D	0	Proximal	I	1	28
21	15	66	175	D	D	4	Proximal	II	4	60
22	22	75	180	D	D	3	Distal	I	3	30
23	28	81	185	I	D	3	Distal	I	4	21
24	28	70	175	I	ND	3	Distal	II	5	30
25	26	71	172	D	D	0	Proximal	II	3	24
26	41	80	182	I	ND	0	Distal	II	8	45
27	24	77	184	D	ND	0	Proximal	II	5	42
28	15	67	170	D	D	3	Distal	II	2	30
29	19	73	180	D	ND	3	Distal	I	2	21
30	25	72	175	D	D	0	Proximal	II	4	56
31	19	75	180	D	D	1	Distal	III	10	45
32	23	74	180	D	D	0	Proximal	II	2	42
33	27	82	180	I	D	3	Distal	II	7	60
34	24	75	174	D	D	3	Distal	I	1	30
35	30	78	173	D	D	4	Proximal	II	8	60

SPA, sports participation absence.

Table 2 Injury length

Length (cm)	Level		Total n (%)
	Proximal n (%)	Distal n (%)	
<2	3 (16.7)	2 (11.8)	5 (14.3)
2-6	12 (66.6)	12 (70.6)	24 (68.6)
>6	3 (16.7)	3 (17.6)	6 (17.1)
Total	18 (100.0)	17 (100.0)	35 (100.0)

Percentages calculated on the whole number of patients in each level.

The sample was homogeneous in weight, age, height, delay in consultation and dominant leg regard to the SPA ($p > 0.05$).

In 13 cases there existed a previous injury in another location and in three cases in the same RF, all had occurred at least 5 months before.

To pass from one stage to another the athlete must be absolutely free of pain. During the rehabilitation protocol no recurrent muscle strain injury was recorded. In some cases pain prevented progress from one stage to another.

We found 29 cases of peripheral RF muscle strains that were not included in the study sample. Their SPA time was 15.31 days (5-29). We also found two vastus intermediate muscle strains (SPA 9.5).

Fourteen cases of thigh pain without echographic translation were also discarded (Petrone's grade 0). Their SPA time was 6.5 days (3-12).

Grade I injuries were located mainly in the distal central tendon (10 cases) and grade II were located proximal (14 cases). Only one grade III lesion was noted, with both in the distal central tendon area.

The injury length was very similar between the proximal septal (4.4 cm, SD 2.4) and distal septal level (4.5 cm, SD 2.9; table 2).

Depending on the septal level affected, the injury grade and the SPA time, we found a fairly uniform distribution, with a significant percentage of cases resolving before one month and a similar percentage between one month and one month and a half after being diagnosed (table 8).

SPA time comparison

Comparisons were made between SPA time and injury level (table 4), between SPA time and the grade of the injury (table 5), between SPA time and the levels depending on the grade (table 6) and between SPA time and the grade of injury depending on the level (table 7). Finally, injury length depending on the level (proximal/distal) was compared with SPA time (table 8).

Table 4 SPA time between levels

Level	Proximal (SD)	Distal (SD)	p Value* (95% CI)
	45.1 (14.1)	32.9 (13.1)	0.013 (2.8 to 21.6)

Average (SD). *Independent samples t test. 95% CI, confidence interval of the difference between averages. Comparison of sports participation absence (SPA) time between levels. There is a statistically significant difference in SPA time between the two levels ($p = 0.013$), the positive time difference is what tells us that the SPA time of the proximal level is significantly higher than the SPA time in the distal level.

Table 5 Comparison between SPA time and injury grades

Grade	I (SD)	II (SD)	p Value* (95% CI)
	27.7 (7.9)	46.8 (13.4)	<0.001 (-27.1 to -10.9)

Average (SD). *Independent samples t test. 95% CI, confidence interval of the difference between averages. Grade I, mild injury; grade II, less severe injury. SPA, sports participation absence.

Validating SPA time depending on the length and level of injury, we can see that in all cases, a greater length of injury is associated with more SPA time (table 9).

The linear regression model taking as the dependent variable the SPA time and as the explanatory variable the injury length is described in table 10. At the proximal level the SPA time is 45.1 days when the injury length is 4.0 cm. This value increases by 5.3 days with each 1 cm increase in the length of injury. In the case of distal level injury, SPA time is 32.9 days when the injury length is 3.9 cm. This value increases by 3.4 days with each 1 cm increase. In the total representative sample, SPA time when the injury length is 4.2 cm corresponds to 39.1 days. This value increases by 4.2 days per length unit. The adjusted value of R^2 is less than 0.5.

DISCUSSION

The RF has a complex origin with a characteristic structure that has been evaluated by imaging methods (MRI, ultrasound) and in cadaveric studies.

Hasselmann *et al*¹⁷ have explained the anatomical differences between two insertions: the anterior and/or superficial (direct) at the proximal level and another deeper (indirect) insertion.

The direct one has its origin at the anterior inferior iliac spine. The indirect tendon originates at the upper edge of the acetabulum and runs parallel to the direct tendon.¹⁸ The indirect tendon is situated in the medial part of the thigh proximally and is cordlike. It travels laterally to finish in the distal part of the muscle with the appearance of a band.

The direct fibres run from the aponeurotic superficial expansion to the posterior RF fascia. Therefore, its structure is unipennate. The central tendon fibres run medial, lateral and

Table 3 Patients distribution depending on the level, degree and SPA time

Diagnostic level	Grade	SPA time (days)			Total
		0-30 n (%)	31-45 n (%)	>45 n (%)	
Proximal n = 18	I	3 (75.0)	1 (25.0)	-	4
	II	1 (7.1)	7 (50.0)	6 (42.8)	14
Distal n = 17	I	9 (90.0)	1 (10.0)	-	10
	II	3 (42.8)	2 (28.6)	2 (28.6)	7

Percentages calculated on the whole number of patients in each level. Grade I, mild injury; grade II, less severe injury. SPA, sports participation absence.

Original article

Table 6 Comparisons of the SPA time between levels depending on the grade

Grade	Level		p Value* (95% CI)
	Proximal (SD)	Distal (SD)	
I	32.3 (8.5)	25.9 (7.3)	0.185 NS (-3.4 to 16.2)
II	48.7 (13.4)	42.9 (13.5)	0.357 NS (-7.1 to 18.8)

Average (SD). *Independent samples t test. 95% CI, confidence interval of the difference between averages. Grade I, mild injury; grade II, less severe injury. There were no statistically significant differences in the sports participation absence (SPA) time between the two levels in any of the three grades ($p > 0.05$).

then from there to the posterior fascia and are bipennate. These fibres produce a "muscle-within-muscle" appearance at its distal half.

Few series have been published about central tendon injury.^{13,14,19} Most of these have been retrospective studies or with patients with slowly evolving injuries, with an average duration of 5 months or more. According to Hughes *et al*,¹⁹ an injury in the central tendon acts independently producing a shearing phenomenon on the direct head in contrast to what occurs normally in the RF. This hypothesis could explain the longer recovery time associated central tendon injury.

Cross *et al*,⁹ in a prospective study, compared the rehabilitation interval of eight cases of peripheral injury to seven cases of central tendon injury. When the injury is peripheral, the mean rehabilitation interval is 9.2 days, whereas when the injury is located in the central tendon the mean rehabilitation interval is 26.9 days. This group was made up of professional athletes who received early intervention with gradual rehabilitative therapy. In previous group studies, the subjects studied were high school or collegiate athletes or soldiers and, perhaps, had less rigorous one-one-one initial management after a long delay in consultation.

In our series the mean rehabilitation of the 29 cases of peripheral injury was 15.31 days. This value is similar to that in the series of Cross *et al*⁹ but lower than RF bull's eye injuries. Those injuries were complicated but really well tolerated by patients. The same occurred with the two intermediate vastus muscle injury cases.

Our 14 cases with a negative ultrasound (Petrons grade 0) had a little more SPA time than the average of the three cases with a negative ultrasound in the Cross study. Cross *et al*⁹ consider that the lesion was too small to be resolved or the oedema/inflammatory response was delayed until after the "cute" MRI (ie, the MRI was done too early). In ultrasound it is

Table 7 Comparisons of SPA time between grades depending on the diagnostic level

Level	Grade		p Value* (95% CI)
	I (SD)	II (SD)	
Proximal	32.3 (8.5)	48.7 (13.4)	0.035 (-31.6 to -1.3)
Distal	25.9 (7.3)	42.9 (13.5)	0.004 (-27.7 to -6.2)

Average (SD). *Independent samples t test. 95% CI, confidence interval of the difference between averages. Grade I, mild injury; grade II, less severe injury. Comparisons of the sports participation absence (SPA) time between the two grades in each of the two diagnostic levels.

common to delay the exploration 2-3 days to prevent the non-detection of minimum injuries.

Finding an objective prognostic factor by the ultrasound technique has great significance because it allows adaptation of rehabilitation periods and ultimately a decrease in injury recurrence. We have not utilised grade 0 of the Petrons classification injuries (2002) because it has no ultrasound correlation.⁹

Comparison of SPA between levels (table 4)

The SPA is significantly higher in proximal injuries (45.1 days) in comparison with distal injuries (32.9 days). This could be related to the largest number of severe injuries occurring in the proximal group (14 of grade II) in relation to the distal group (six of grade II and one of grade III) and a possible delay in consultation as they are more likely to be clinically unnoticed.

In the proximal lesions we can observe the shearing phenomenon described by Hughes *et al*¹⁹ that might contribute, on one hand, to the majority of the injuries in the proximal level and, on the other, to increase the sensitivity of SPA time. This "double effect" could help to understand the proximal injuries as injuries with a worse prognosis than distal ones.

Also, the sartorius may play a role. Frequent exercises in the rehabilitation period, such as easy running and progressive exercises, would enable the sartorius to act as a constrictor of the rectus. This would generate discomfort at the anterior part of the thigh and thus delay the passage from one rehabilitation stage to another.

A possible biomechanical mechanism for proximal injuries of the RF was suggested by Soderberg.²⁰ He proposed that by attaching a compliant tissue to a stiff one, the tendon has a very difficult mechanical role in attempting to overcome impedance mismatch. Impedance mismatch occurs when two mechanically

Table 8 Comparison between the injury length depending on the diagnostic level and the SPA time

SPA time/level	Length, cm (SD)	t Test for the average comparison*		
		Difference between averages	95% CI	p Value
0-30 days				
Proximal	1.33 (1.12)	-1.42	(-3.04 to 0.20)	0.081 NS
Distal	2.75 (1.36)			
31-45 days				
Proximal	3.88 (0.99)	-3.79	(-6.04 to -1.53)	0.004
Distal	7.67 (2.52)			
>45 days				
Proximal	6.00 (1.90)	0.50	(-3.36 to 4.36)	0.763 NS
Distal	5.50 (2.12)			

Average (SD). *Independent samples t test. 95% CI, confidence interval of the difference between averages. NS, non-significance. There was a statistically significant difference in the injury length between the two levels ($p = 0.004$) only in the players who have been out of sports participation between 31 and 45 days, the players with distal injury level being those with the longest injury. SPA, sports participation absence.

Table 9 Correlation between SPA time (days) and length (cm) depending on the level

Level	n	r	p Value
Proximal	18	0.823	<0.001
Distal	17	0.650	0.006
Total	35	0.672	<0.001

r, Pearson correlation coefficient. There is a significant correlation between sports participation absence (SPA) time and the length whether the injury is proximal or distal ($p < 0.001$, $p = 0.006$) and if we study the total representative sample ($p < 0.001$).

different tissues are joined, resulting in strain concentrations in which injury is most likely to occur.

Comparison SPA time between grades (table 5)

It seems logical that the results confirm that grade II injuries have a greater SPA time (46.3 days, SD 13) than grade I injuries (27.7 days, SD 8) as a result of the increased severity of the lesion. This was confirmed at both proximal and distal levels. There were insufficient grade III lesions in our series to allow us to make comparisons.

There was a statistically significant difference in SPA time between grades I and II ($p < 0.001$), the negative difference in SPA time being what tells us that the grade II SPA time is significantly higher than grade I.

Comparison SPA time between levels depending on the grade of injury (table 6)

The SPA of injuries in grade I (32.3, SD 8.5) or II (48.7, SD 13.4) at the proximal level are higher than at the distal level (I, 25.9, SD 7.3; II, 42.9, SD 13.5). There were no significant differences in the SPA time between the two levels of diagnosis for any of the three grades that could be attributed to a greater level of significance in the degree of injury.

Comparison SPA time between grades depending on the diagnostic level (table 7)

We found a significant difference in SPA time at the proximal level between grades I (32.3, SD 8.5) and II (48.7, SD 13.4). In the distal level there was also a significant difference in SPA time observed between grades I (25.9, SD 7.3) and II (42.9, SD 13.5). Logically there were no differences between grades I and III and between grades II and III, due to lack of a sufficient number of cases. These results confirm the significance of the level of injury that influenced the SPA time depending on the grade.

Comparison of injury length with the injury level and the SPA time (table 8)

There was a direct correlation of injury length to SPA time in proximal lesions. In the group of injuries with shorter SPA time (less than 30 days) we did not find a significant difference in the length of the injury between the proximal and distal location,

**Figure 3** "Muscle-within-muscle".

although we did note a tendency for the proximal level (1.33 cm, SD 1.12) injuries to be shorter than the ones in the distal level (2.75 cm, SD 1.36). We found a significant difference when we compared the group with an SPA time of 31–45 days. In this group, the length is significantly shorter in the proximal level (3.88 cm, SD 0.99) than in the distal one (7.67 cm, SD 2.52). In injuries with an SPA time longer than 45 days, the length of the proximal level injury (6.0 cm, SD 1.90) is higher than the shorter SPA periods and cannot be compared with the distal as there were only two of these cases.

SPA time (days) depending on the injury length (cm) and the injury level (proximal/distal)

It seems logical that the longest injuries would have longer SPA time. This fact was confirmed both distally and proximally (table 9).

Although the ratios are statistically significant ($p < 0.001$) in the three models, it is noted that the adjusted value of R^2 is below 0.5. As a result, our model does not explain more than 50% of the variability of our data. Therefore, none of the three

Table 10 Regression model (regression coefficients)

	Proximal level		Distal level		Total	
	Coefficient β_1	p Value	Coefficient β_1	p Value	Coefficient β_1	p Value
{Constant}	$\beta_0 = 45.1$	<0.001	$\beta_0 = 32.9$	<0.001	$\beta_0 = 39.1$	<0.001
Length (cm)	$\beta_1 = 5.3$	<0.001	$\beta_1 = 3.4$	0.006	$\beta_1 = 4.2$	<0.001
Model	SPA = 45.1 + 5.3(long - 4.0)		SPA = 32.9 + 3.4(long - 3.9)		SPA = 39.1 + 4.2(long - 4.0)	
R^2	0.667		0.422		0.442	

β_0 , Lineal regression model coefficients; R^2 , fit goodness coefficient. SPA, sports participation absence.

Original article

What this study adds

RF central tendon injury at the proximal level is associated with a greater SPA time than at the distal level. Ultrasound is helpful in predicting the prognosis for acute central tendon RF injuries.

What is already known on this topic

RF injuries are one of the most frequent injuries in the thigh. Within the lesions of the rectus, those affecting the central tendon have longer SPA time.

models appear to be good predictors of the SPA time dependent solely on the injury length. We do not agree with this adjustment because other variables affect the SPA time such as the grade of injury. This is substantiated by the fact that injuries involving the RF central tendon are known to evolve erratically.^{9,17}

Therefore, the injury length is correlated with SPA time, whether the injury is located proximal or distal. Although injury length itself was not sufficient to predict the SPA time as other variables need to be taken into account.

CONCLUSION

RF central tendon injury at the proximal level is associated with a greater SPA time than at the distal level. Patients with a grade II injury have an SPA time longer than those with a grade I injury whether the injury is located proximal or distal. Greater injury length corresponds to longer SPA time, although we cannot say that the injury length by itself is enough to predict the SPA time of an RF central tendon injury.

Acknowledgements: The authors would like to thank Dr David Song (Vancouver Clinic, Vancouver Washington) for advice on the translation.

Competing interests: None.

Ethics approval: Ethics approval was obtained from the Consell Catala de l'esport.

Patient consent: Obtained.

REFERENCES

1. Soterias G, Zehava Sadka R, Schweitzer M, et al. Normal anatomy and strains of the deep musculotendinous junction of the proximal rectus femoris. MRI features. *Am J Roentgenol* 2008;**190**:W102-6.
2. Walden M, Haglund M, Ekstrand J. UEFA Champions League study: a prospective study of injuries in professional football during the 2001-2002 season. *Br J Sports Med* 2005;**39**:542-6.
3. Hägglund M, Wiklén M, Ekstrand J, et al. Methods for epidemiological study of injuries to professional football players: developing the UEFA model. *Br J Sports Med* 2005;**39**:340-6.
4. Alegre M, Uribe I. DDMs: dolor muscular de aparición retardada. *Apunts Medicina de l'esport* 2001;**36**:5-13.
5. Hasselikh Z, Guner F, Ukar B, et al. Comprehensive isokinetic knee measurements and quadriceps tendon evaluations in footballers for assessing functional performance. *Br J Sports Med* 2003;**37**:507-10.
6. Gibbon WW. Diagnostic ultrasound in sports medicine. *Br J Sport Med* 1998;**32**:3.
7. Walton JM, Roberts N, Whitehouse GR. Measurement of the quadriceps femoris using magnetic resonance and ultrasound imaging. *Br J Sports Med* 1997;**31**:59-64.
8. Hughes C, Hasselman C, Best T, et al. Incomplete, intrasubstance strain injuries of the rectus femoris muscle. *Am J Sports Med* 1995;**23**:500-6.
9. Cross TM, Gibbs N, Houng M, et al. Acute quadriceps muscle strains: magnetic resonance imaging features and prognosis. *Am J Sports Med* 2004;**32**:710-19.
10. Bordalo-Rodrigues M, Rosenberg ZS. MR imaging of the proximal rectus femoris musculotendinous unit. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2006;**13**:717-25.
11. Paetrans P. Ultrasound of muscles. *Eur Radiol* 2002;**12**:35-43.
12. Bianchi S, Martinoli C, Waser N, et al. Central aponeurosis tears of the rectus femoris: sonographic findings. *Skeletal Radiol* 2007;**31**:581-6.
13. Ekstrand J, Walden M, Haglund M. A congested football calendar and the wellbeing of players: correlation between match exposure of European footballers before the World Cup 2002 and their injuries and performances during that World Cup. *Br J Sports Med* 2004;**38**:493-7.
14. Orchard J, Best T, Veeral G. Return to play follow muscle strains. *Clin J Sport Med* 2005;**6**:436-41.
15. Guarrero M, Gulu-Comadrell M, Cadelau J, et al. Fast and slow myosins as markers of muscle injury. *Br J Sports Med* 2006;**42**:581-4.
16. Balua R, Estiuch A, Guerrero M, et al. Valor diagnóstico de las mioquinas séricas en las lesiones musculares. *Apunts Medicina de l'esport* 2005;**146**:25-30.
17. Hasselman C, Best T, Hughes C, et al. An explanation for various rectus femoris strain injuries using previously undescribed muscle architecture. *Am J Sports Med* 1995;**23**:493-6.
18. Burns B, Spicole J, Smyth H. Acute compartment syndrome of the anterior thigh following quadriceps strain in a footballer. *Br J Sports Med* 2004;**38**:218-20.
19. Rask MR, Lattig GJ. Traumatic fibrosis of the rectus femoris muscle: Report of five cases and treatment. *JAMA* 1977;**221**:268-9.
20. Soderberg G. Muscle mechanics and pathomechanics. Their clinical relevance. *Physical Ther* 1983;**3**:216-20.

The American Journal of Sports Medicine

<http://ajs.sagepub.com/>

Isolated Tears of the Gracilis Muscle

Carles Pedret, Ramon Balius, Pablo Barceló, Maribel Miguel, Anna Lluís, Xavier Valle, Nikolaos Gougoulas, Nikolaos Malliaropoulos and Nicola Maffulli

Am J Sports Med 2011 39: 1077 originally published online February 18, 2011
DOI: 10.1177/0363546510394436

The online version of this article can be found at:
<http://ajs.sagepub.com/content/39/5/1077>

Published by:



<http://www.sagepublications.com>

On behalf of:



American Orthopaedic Society for Sports Medicine

Additional services and information for *The American Journal of Sports Medicine* can be found at:

Email Alerts: <http://ajs.sagepub.com/cgi/alerts>

Subscriptions: <http://ajs.sagepub.com/subscriptions>

Reprints: <http://www.sagepub.com/journalsReprints.nav>

Permissions: <http://www.sagepub.com/journalsPermissions.nav>

>> Version of Record - May 5, 2011

OnlineFirst Version of Record - Feb 18, 2011

[What is This?](#)

Isolated Tears of the Gracilis Muscle

Carles Pedret,^{*†‡} MD, Ramon Balius,[§] MD, Pablo Barceló,^{||} MD, Maribel Miguel,[¶] MD, Anna Lluís,^{**} MD, Xavier Valle,^{††‡‡} MD, Nikolaos Gougoulas,^{§§} MD, PhD, Nikolaos Malliaropoulos,^{|||} MD, MS, PhD, and Nicola Maffulli,^{¶¶} MD, PhD, FRCS(Orth)

Investigation performed at Queen Mary University of London, London, United Kingdom, and National Track & Field Centre, Thessaloniki, Greece

Background: Although posterior thigh muscle strains are common in athletes, there are no reports regarding isolated gracilis muscle injuries. The authors present a case series of 7 elite athletes with isolated gracilis muscle ruptures.

Purpose: To present the injury pattern, clinical presentation, diagnosis, and outcome of gracilis muscle ruptures.

Study Design: Case series; Level of evidence, 4.

Methods: This is a retrospective review of 7 elite athletes with posterior thigh pain (3 dancers, 2 soccer players, 1 taekwondo player, 1 tennis player). In all athletes, the injury occurred during thigh adduction with the hip internally rotated, as clearly evident at ultrasound scans performed 1 to 20 days after the injury. Management included an initial rest period, followed by physiotherapy and gradual return to sports activities.

Results: According to the ultrasound scans, the lesions were in the proximal-middle third junction of the thigh, at the muscle-tendon junction. The lesions were classified as grade 2 (partial discontinuity). The muscle injury area was, on average, 17.1 × 23.7 mm (range, 10-31 × 9-46 mm). The average length of the lesions was 40.14 mm (range, 20-52 mm). All athletes recovered and returned to full performance within 6 weeks of the injury (average, 35.6 days).

Conclusion: Medial thigh pain after eccentric contraction during hip adduction should raise suspicion of a gracilis muscle tear. Ultrasound is useful, and full recovery occurs within 6 weeks from the injury.

Keywords: gracilis muscle; ultrasound; magnetic resonance imaging; sports; muscle injury

*Address correspondence to Nicola Maffulli, MD, PhD, FRCS(Orth), Centre Lead and Professor of Sports and Exercise Medicine, Consultant Trauma and Orthopaedic Surgeon, Centre for Sports and Exercise Medicine, Barts and the London School of Medicine and Dentistry, Mile End Hospital, 275 Bancroft Road, London E1 4DG, United Kingdom (e-mail: n.maffulli@qmul.ac.uk).

†Centre de Diagnòstic per Imatge de Tarragona, Tarragona, Spain.

‡Centro Magre de Medicina del Tenis, Barcelona, Spain.

§Unitat Medicina de l'esport, Consorci Sanitari del Garraf, Barcelona, Spain.

¶Consell Català de l'Esport, Generalitat de Catalunya, Barcelona, Spain.

**Servicios Médicos Brigestone, Barcelona, Spain.

††Human Anatomy and Embryology, Department of Experimental Pathology and Therapeutics, Faculty of Medicine, Bellvitge Campus, University of Barcelona, Barcelona, Spain.

‡‡Servei d'Ecografia, Centres Mèdics Creu Blanca, Barcelona, Spain.

§§Escola Medicina de l'esport, University of Barcelona, Barcelona, Spain.

||Serveis Mèdics del FC Barcelona, Barcelona, Spain.

|||UAPE CAR de Sant Cugat del Vallès, Barcelona, Spain.

¶¶ECOSEP Scientific Committee, Thessaloniki, Greece.

¶¶National Track & Field Centre, Sports Injury Clinic, Sports Medicine Clinic of SEGAS, Thessaloniki, Greece.

¶¶Centre of Sports and Exercise Medicine, Barts and the London School of Medicine and Dentistry, Mile End Hospital, Queen Mary University of London, London, United Kingdom.

The authors declared that they had no conflicts of interest in their authorship and publication of this contribution.

The American Journal of Sports Medicine, Vol. 39, No. 5

DOI: 10.1177/0363546810394436

© 2011 The Author(s)

Muscle injuries are produced by the application of a tension higher than tissue resistance force, when it is in active contraction (eccentric contraction). The force and speed with which the force is applied are important factors leading to tears.^{1,3,5,13} Posterior thigh muscle strains are common in athletes—especially, those participating in disciplines involving high-speed movements.^{1,3,5,13} Anatomic reasons, such as spanning of the hip and knee joints, possibly make athletes prone to injury.^{1,3,5,9-13} Usually, the injuries involve the proximal or distal musculotendinous junction, with the biceps femoris being most commonly affected^{5,11,15} and the semitendinosus and semimembranosus strains being less frequent.^{10,11,13,15} To our knowledge, there are no published studies regarding isolated gracilis muscle injuries. We present a series of 7 isolated gracilis muscle ruptures in athletes.

MATERIALS AND METHODS

From January 2007 to December 2009, we diagnosed an isolated traumatic tear (incomplete rupture) of the gracilis muscle in 7 elite athletes, none of whom had a history of direct trauma or previous pain in the thigh. The athletes participated in different sports, and the diagnosis was confirmed by ultrasound imaging in all cases (Table 1).

All the athletes had posteromedial thigh pain at the junction between the proximal and middle thirds of the thigh. The nondominant leg was involved in 5 of the 7 cases.

TABLE 1
Patient Profiles^a

Case	Age, y	Sex	Sport	Dominance	Clinical Diagnosis	Presentation	Mechanism of Injury	Ultrasound, d
1	31	Male	Tennis	Right	Hamstring strain	Sudden pain	Forced adduction	15
2	18	Female	Dancer	Right	Hamstring strain	Sudden pain	Jump-hip flexion	20
3	27	Male	Soccer	Right	Adductor tear	Small bundle	Forced adduction	7
4	33	Male	Soccer	Right	Adductor tear	Sudden pain	Forced adduction	9
5	23	Male	Dancer	Right	Hamstring strain	Sudden pain	Jump-hip flexion	17
6	20	Female	Tae kwon do	Left	Gracilis tear	Sudden pain	Jump-hip flexion	1
7	32	Female	Dancer	Left	Hamstring strain	Sudden pain	Lateral epagat	15

^aGracilis muscle tear occurred on left side for each patient.

TABLE 2
Results: Gracilis Muscle Lesion^a

No.	Area, mm	Length, mm	MRI	Return to Play, d
1	12 × 15	40	Not performed	42
2	16 × 18	45	Performed	32
3	31 × 46	52	Not performed	45
4	17 × 28	45	Not performed	33
5	21 × 35	44	Performed	32
6	10 × 9	35	Not performed	30
7	13 × 15	20	Performed	35
Average	17.1 × 23.7	40		35.6

^aUltrasound results for each patient were positive.

Bruising was present in 3 of the 7 athletes (cases 2, 3, 5). There was functional limitation of internal rotation and adduction of the leg. The athletes sought medical advice at an average of 12 days after the acute injury (range, 0-20 days). Only the tae kwon do player went to his team physician on the same day of the injury. All athletes tolerated the pain well, and all were able to train despite the discomfort. Of the 7 athletes, 6 reported initial sharp pain; the other experienced increasing discomfort for 2 weeks following the appearance of a palpable lump in the thigh.

All athletes underwent sonographic examination.^{6,16} The ultrasound scans were performed 1 to 20 days after the injury. Two ultrasound scanners were used: the Toshiba-6SE Xario scanner (Toshiba, Tokyo, Japan) with a VP13-5 linear probe (frequency range, 5-13 MHz) set to 7 MHz (patients 1-4) and the MyLab 70 scanner (Esaote Ultrasound, Genoa, Italy) with a M12L linear probe (frequency range, 5-11.5 MHz) set to 10 MHz (patients 5-7). In 4 athletes (cases 2, 5, and 7), an MRI scan of the affected thigh was also performed.¹⁷ The area of the lesion was calculated by multiplying the posteroanterior diameter in the axial plane and the sagittal diameter in the area where the muscle disruption was at its greatest dimension. The length of the lesion was defined as the distance of the injury from proximal to distal in the coronal plane.

In 3 athletes (cases 1, 3, 4), the muscle strain occurred during a forced adduction from a position of the hip in maximum internal rotation and abduction of the affected lower extremity, with the foot fixed to the floor (maximum stretch of the gracilis while initiating the adduction). Athletes 2 and 5 were professional dancers who sustained their injury during a jump, with the hip of the affected side in maximum flexion

and internal rotation. Another professional dancer (athlete 7) was performing the splits with the left hip flexed. A female tae kwon do player (case 6) made a roundhouse kick, undertaking adduction and internal rotation of the affected leg.

Management was nonoperative in all athletes. An initial rest period for 7 days—with application of ice, compression, and administration of nonsteroidal anti-inflammatory drugs—was followed by gradual return to sports under the supervision of the team physician. A 4-stage active recovery¹⁵ was initiated, ranging from light running to full sport activity, including kicking for the soccer players and explosive sprint and jump. To pass from one stage to another, the athlete had to be free of pain.

RESULTS

At ultrasound,^{6,16} a gracilis muscle lesion was diagnosed in each athlete. The lesion was at the border between the proximal and middle third of the thigh, at the most proximal portion of the myotendinous junction of the distal tendon of the gracilis in all patients. In all instances, the lesion was classified as a grade 2 injury (partial discontinuity of the muscle) according to Peetrons classification.¹⁴ At ultrasound, the estimated muscle injury area was, on average, 17.1 × 23.7 mm (range, 10-31 × 9-46 mm), extending for an average length of 40.1 mm (range, 20-52 mm) (Table 2).

In all athletes, the tears were in the posterior portion of the elliptical section of the gracilis muscle, giving a crescent moon appearance in the most posterior part of the gracilis. The fibrillar defect area was covered by an organized blood

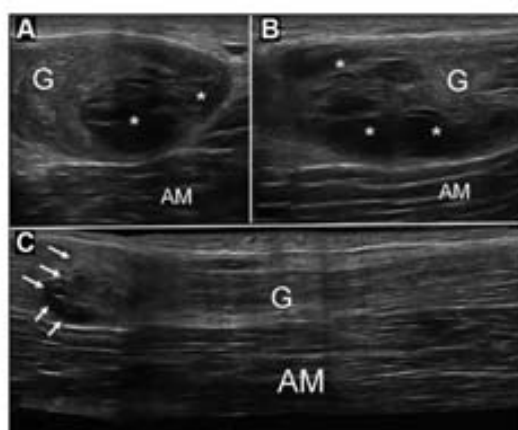


Figure 1. Ultrasound scan of case 5: A, cross section; B, longitudinal section. In the posterior part of the gracilis (G), there is an organized image with hyperechoic areas (asterisks). C, a panoramic image is displayed where the lesion is organized into a small stump (arrows). AM, adductor major.

collection, evident as a structure with hyperechoic areas and an absence of fluid hematoma (Figure 1). The lesion was at the musculotendinous region (Figure 2), a finding confirmed with the patients for whom MRI was performed (Figure 3).

Within 6 weeks of the injury (average, 35.6 days; range, 30-45 days), all athletes were asymptomatic and had returned to their normal training routines, without limitations and with a complete range of motion and strength of both lower limbs. No reinjuries were reported after a mean follow-up of 12.2 months (range, 4-28 months).

DISCUSSION

The injury pattern that produces gracilis muscle ruptures is the result of the gracilis muscle anatomy and function. The gracilis—a thigh adductor, knee flexor, and internal rotator of the tibia^{7,16}—is a superficial, thin, striplike muscle with an elliptical cross section, located on the medial aspect of the thigh and spanning 2 joints (the hip and the knee). It originates in the pubic symphysis and pubic arch and runs vertically downward, ending in a rounded tendon that passes behind the medial condyle of the femur and curves around the medial condyle of the tibia, where it inserts as part of the pes anserinus.^{7,16} The gracilis mostly consists of type II (fast-twitch) fibers that perform eccentric-specific work during sporting activities.^{2,5} The combination of fast-twitch fibers in a thin muscle spanning 2 joints may predispose the gracilis to rupture. The intramuscular tendon portion distally reaches up to more than half the length of the muscle and ends in the middle-proximal posterior fascia, which may explain the location of the lesion. However, it is possible that its anatomic location between the hamstrings and adductors protects it from injuries. A reasonable explanation is that the latter 2 muscles act synergistically in most sports and that

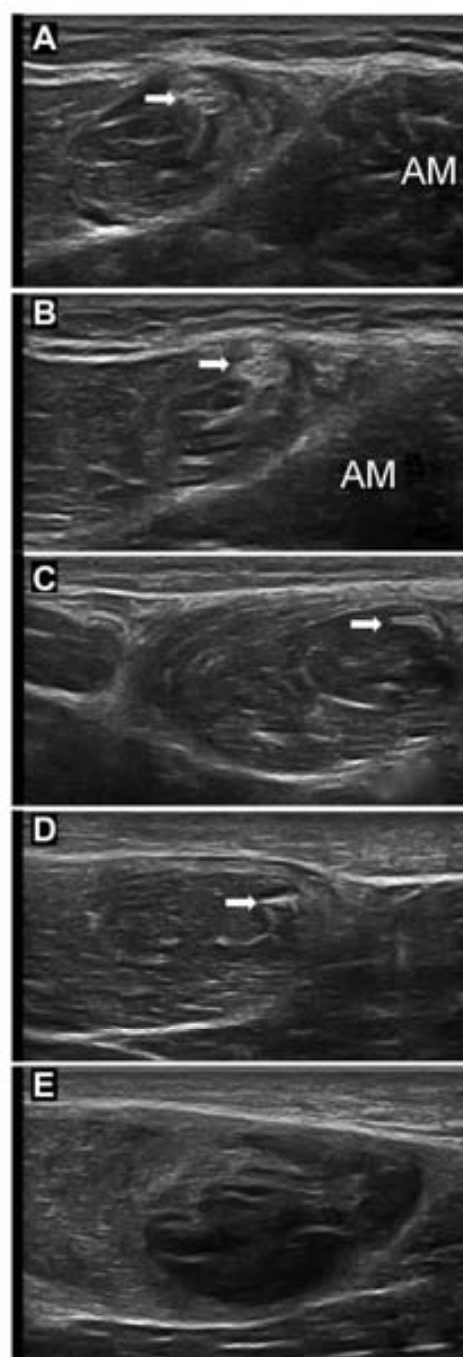


Figure 2. Cross-sectional ultrasound of an injured gracilis (case 5). The ultrasound scan shows the insertion tendon (arrows) (A-D) and a rupture of the gracilis (E), located in the posterior muscle aponeurotic area. AM, adductor major.

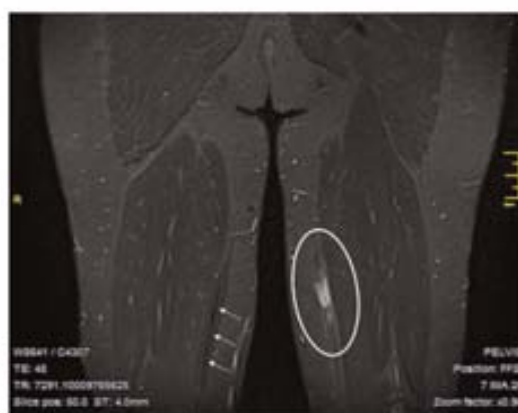


Figure 3. Grade 2 gracilis muscle strain. Coronal fat-suppressed fast spin echo T2-weighted image depicts partial disruption and edema at the tendon of the gracilis muscle (arrow).

the "small" gracilis seems to be protected by the 2 larger muscles close by.

Although injuries were produced in different physical activities, their mechanisms seem common: An eccentric muscle contraction was involved whereby the hip is placed in internal rotation and maximum flexion, with the knee fully extended. In such a position, the gracilis is at full stretch, and from this position, there is a contraction to adduct the thigh. Foot position is probably not critical: In 3 athletes, the foot was fixed to the floor, whereas in 4 athletes (3 dancers, 1 taekwondo athlete), it was in the air.

The high incidence of gracilis muscle injuries in an "animal athlete," the greyhound, may have implications regarding the mechanics of the injury.⁴ Increased internal hip rotation in these dogs gives the gracilis muscle a leading role in the race, similar to the way that the hamstrings act in humans.

We cannot offer an explanation why the gracilis injury occurred in the nondominant limb in 5 of 7 athletes. The dominant leg was used as support while the nondominant performed an eccentric-type movement (cases 1-5). Only the taekwondo player was performing the eccentric movement with the dominant limb (side kick) while the nondominant limb was on the floor.

Imaging findings in our study are consistent with the location of the symptoms in the myotendinous region of the muscle.^{2,8,12}

It is possible that isolated lesions of the gracilis are more frequent than actually diagnosed. The pain caused by the injury may be well tolerated by the athlete, preventing him or her from presenting early to the team physician. Continuing sports leads to greater discomfort at a later stage. It appears that the isolated injury of the gracilis muscle is a well-tolerated injury and, in most instances, the athlete can continue to train and compete. This is

supported by our imaging findings, indicating subacute injury of the muscle.

Sports medicine specialists and team physicians should be aware of this clinical entity. Medial thigh pain following eccentric contraction during adduction of the thigh from a position of hip internal rotation should raise suspicion of a gracilis muscle tear. Ultrasound^{6,18} is useful in the diagnostic process, and full recovery of the athlete is expected within 6 weeks from the injury.

ACKNOWLEDGMENT

The authors acknowledge Dr Jose Coira, Club Deportivo Lugo, for his contribution to the management of cases 3 and 4.

REFERENCES

1. Árnason Á, Sigurdsson SB, Gudmundsson Á, Home I, Engebretsen L, Bahr R. Risk factors for injuries in football. *Am J Sports Med.* 2004;32(suppl 1):5S-16S.
2. Ballus R, Maestro A, Pedret C, et al. Central aponeurosis tears of the rectus femoris: practical sonographic prognosis. *Br J Sports Med.* 2009;43:818-824.
3. Brooks JHM, Fuller CW, Kemp SPT, Reddin DB. Incidence, risk, and prevention of hamstring muscle injuries in professional rugby union. *Am J Sports Med.* 2006;34:1297-1306.
4. Edge-Hughes L. Hip and sacroiliac disease: selected disorders and their management with physical therapy. *Clin Tech Small Anim Pract.* 2007;22:183-194.
5. Garrett WE Jr. Muscle strain injuries. *Am J Sports Med.* 1996;24(6)(suppl):S2-S8.
6. Gibbon WW. Diagnostic ultrasound in sports medicine. *Br J Sports Med.* 1998;32:3.
7. Gray H. *Gray Anatomía*. 38th ed. Vol. 1. Madrid, Spain: Churchill Livingstone; 1992:660.
8. Hasselman CT, Best TM, Hughes C 4th, Martinez S, Garrett WE Jr. An explanation for various rectus femoris strain injuries using previously undescribed muscle architecture. *Am J Sports Med.* 1995;23:493-499.
9. Jonhagen S, Nemeth G, Eriksson E. Hamstring injuries in sprinters: the role of concentric and eccentric hamstring muscle strength and flexibility. *Am J Sports Med.* 1994;22:262-266.
10. Koulouris G, Connell D. Evaluation of the hamstring muscle complex following acute injury. *Skeletal Radiol.* 2003;32:582-589.
11. Kujala UM, Orava S, Karpakka J, Leppävuori J, Mattila K. Ischial tuberosity apophysitis and avulsion among athletes. *Int J Sports Med.* 1997;18:149-155.
12. Lempainen L, Sarimo J, Heikkilä J, Mattila K, Orava S. Surgical treatment of partial tears of the proximal origin of the hamstring muscles. *Br J Sports Med.* 2006;40:688-691.
13. Malliaropoulos N, Papacostas E, Kritsi O, Papalada A, Gougoulas N, Maffulli N. Posterior thigh muscle injuries in elite track and field athletes. *Am J Sports Med.* 2010;38:1813-1819.
14. Peetrons P. Ultrasound of muscles. *Eur Radiol.* 2002;12:35-43.
15. Speer KP, Lohnes J, Garrett WE. Radiographic imaging of muscle strain injury. *Am J Sports Med.* 1993;21:89-96.
16. Testut L, Latarjet A. *Anatomía Humana*. Vol 1. Barcelona, Spain: Salvat Editores SA; 1979:1122-1125.
17. Verrall GM, Slavotinek JP, Barnes PG, Fon GT. Diagnostic and prognostic value of clinical findings in 83 athletes with posterior thigh injury: comparison of clinical findings with magnetic resonance imaging documentation of hamstring muscle strain. *Am J Sports Med.* 2003;31:969-973.
18. Warden SJ. A new direction for ultrasound therapy in sports medicine. *Sports Med.* 2003;33(2):95-107.