



TEMAS DE ACTUALIZACIÓN

Artículo en español

Rev Esp Podol. 2022;33(1):66-72

DOI: 10.20986/revesppod.2022.1632/2022

Actualización científica en ecografía y tendinopatía aquilea. Implicaciones anatómicas relacionadas, abordaje terapéutico y nuevas perspectivas basadas en la evidencia

Scientific update in ultrasonography and achilles tendinopathy. Related anatomical implications, therapeutic approach and new perspectives based on evidence

David Rodríguez Sanz¹, Marta Losa Iglesias², Ricardo Becerro de Bengoa Vallejo¹, Alfredo Soriano Medrano¹, Ángel Morales Ponce³, César Calvo Lobo¹, Marta San Antolín⁴, Pedro Carlos Ramírez Navarro⁵ y Daniel García García⁴

¹Universidad Complutense. Madrid, España. ²Universidad Rey Juan Carlos. Madrid, España. ³Universidad Castilla-La Mancha. Talavera de la Reina, Toledo, España. ⁴Universidad Europea de Madrid, España. ⁵Universidad de Almería, España

Palabras clave:

Tendón de Aquiles, ecografía, biomecánica.

Resumen

El tendón de Aquiles es uno de los que sufre lesiones con mayor frecuencia, pudiendo presentar diversos tipos de afecciones diferentes. Dentro de ellas, la tendinopatía de la porción media del Aquiles es la más frecuente. Su etiología es multifactorial, por lo que resulta fundamental realizar una correcta valoración con el fin de dirigir mejor nuestros tratamientos. Dentro de las herramientas de las que disponemos para valorar el tendón de Aquiles, la ecografía ha cobrado mayor importancia en los últimos años, gracias a las mejoras en los equipos y a la amplia formación que se ofrece. Esto ha posibilitado que la ecografía se haya convertido en un punto clave en nuestras investigaciones con este método cada vez más válido y fiable para la valoración morfofuncional del sistema musculoesquelético, además de servirnos como guía en tratamientos invasivos y como *feedback* visual a la hora de realizar ejercicio terapéutico.

Keywords:

Achilles tendon, ultrasonography, biomechanics.

Abstract

The Achilles tendon is one of the most frequently injured tendons, and can present various types of different conditions. Among them, the tendinopathy of the middle portion of the Achilles tendon is the most frequent. Its etiology is multifactorial, so it is essential to carry out a correct assessment in order to better direct our treatments. Within the tools that we have to assess the Achilles tendon, ultrasound has become more important in recent years because improvements in equipment and the extensive training offered. This has made it possible for ultrasound to become a key point in our research with this increasingly valid and reliable method for the morpho-functional assessment of the musculoskeletal system, in addition to serving as a guide in invasive treatments and as visual feedback to time for therapeutic exercise.

Recibido: 23-02-2022

Aceptado: 24-03-2022



0210-1238 © Los autores. 2022.
Editorial: INSPIRA NETWORK GROUP S.L.
Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC Reconocimiento 4.0 Internacional
(www.creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Correspondencia:

David Rodríguez Sanz
davidrodriguezsan@ucm.es

Introducción

El tendón de Aquiles es el más largo y fuerte del cuerpo humano, y está capacitado para soportar cargas realmente elevadas. Durante la marcha, el tendón de Aquiles debe soportar cargas de 3 veces el peso del cuerpo, mientras que en la carrera la carga asciende hasta 12 veces¹. Tal vez por esto, las lesiones de este tendón son muy comunes tanto en deportistas como en la población general. De hecho, la incidencia de patologías relacionadas con el tendón de Aquiles se ha visto incrementada en las últimas décadas. Este problema puede explicarse por el aumento de la práctica deportiva y el consumo crónico de determinados fármacos, que pueden alterar las capacidades funcionales del tendón².

Podemos decir que la ecografía es una herramienta válida y fiable para la valoración del tendón de Aquiles. Existen múltiples artículos que refieren una fiabilidad interobservador e intraobservador buena-excelente, tanto para la valoración del estado general del tendón (ecogenicidad, patrón fibrilar, neovascularizaciones) como para la realización de mediciones (habitualmente grosor y *cross sectional area*) (CSA)³⁻⁵. En varios estudios se compara la valoración del tendón de Aquiles mediante ecografía y resonancia magnética (RM). En general, existe acuerdo en que la RM tiene mejor fiabilidad y aporta una mayor exactitud diagnóstica que la ecografía, aunque no se reportan diferencias significativas en muchas de las investigaciones y se indica que existe un buen grado de acuerdo entre ambas técnicas de imagen⁶⁻⁹. Comparando la ecografía con la radiografía, se ha observado un buen acuerdo entre ambas técnicas para la medición del tamaño de los osteofitos (que se encuentran habitualmente en la tendinopatía aquilea insercional), concluyendo que la ecografía es un método válido para su valoración¹⁰.

En general, se coincide en que, para obtener unos resultados adecuados de fiabilidad y validez en la valoración ecográfica, es necesario que los observadores tengan cierta experiencia, que se sigan protocolos de valoración establecidos (dando especial relevancia a la compresión con la sonda a la hora de hacer mediciones de tamaño) y que, en caso de realizar valoraciones cuantitativas, se obtenga el valor medio de 2-3 mediciones¹¹. Si cumplimos estas pautas y tenemos en cuenta que la ecografía es una técnica inocua y más barata y accesible para los pacientes que la RM, podemos decir que la ecografía es la técnica de imagen de elección para la valoración del tendón de Aquiles.

El objetivo de este estudio es hacer una revisión bibliográfica en la que se incluya una descripción del tendón de Aquiles y una valoración de la importancia que tiene la ecografía musculoesquelética en el diagnóstico y tratamiento de las patologías relacionadas con este tendón.

Tendón de aquiles

En el estudio de De Jonge y cols.¹², contando con una cohorte de 57 725 sujetos, se definió una incidencia de la tendinopatía aquilea de 1.85/1000 pacientes de atención primaria, llegando hasta 2.35/1000 en la población comprendida entre 21-60 años. Respecto a la importancia de la tendinopatía en el mundo del deporte, lógicamente varía en función de los requerimientos físicos que exige la propia actividad, encontrando una mayor incidencia de patología del tendón de Aquiles en aquellos deportes en los que se realizan movimientos repetitivos, como la carrera, o movimientos balísticos

con las extremidades inferiores, como en los deportes de salto. Se ha descrito que la incidencia anual de lesiones del tendón de Aquiles en corredores de élite es del 7-9 %¹³; en fútbol se reportan datos de 3.5 lesiones del Aquiles semanales en pretemporada y una lesión semanal durante el periodo competitivo¹⁴; en la revisión de Sobhani y cols.¹⁵ se muestran ratios de incidencia diferenciados por deporte y actividad con valores de 3.6 % en tenis, 4.7-8.3 % en triatlón, 3 % en bádminton o 7.7 % en danza.

Debemos diferenciar entre varias entidades patológicas que pueden afectar al tendón de Aquiles directamente, como son¹⁶: tendinopatía de la porción proximal (muy poco frecuente), tendinopatía de la porción media (2-6 cm proximalmente a la inserción en el calcáneo), entesopatía o tendinopatía insercional, paratendinopatías y roturas del tendón. También cabe mencionar algunas otras patologías que tienen una estrecha relación con el tendón de Aquiles, como las bursitis (preaquilea y retrocalcánea), la enfermedad de Sever (en pacientes en etapas de crecimiento) y la deformidad de Haglund. Incluso podemos añadir la tendinopatía del músculo plantar como un posible origen de dolor en la región del tendón de Aquiles^{17,18}. También hay que tener en cuenta la inervación sensorial del tendón de Aquiles, a través del nervio sural, como posible fuente de dolor en la región posterior del tobillo, sin necesidad de que exista una afectación estructural del propio tendón¹⁹.

El diagnóstico diferencial entre todas estas afecciones relacionadas con el tendón de Aquiles se confirma con la ayuda de técnicas de imagen, como la ecografía y RM. De las patologías mencionadas anteriormente, la tendinopatía de la porción media del Aquiles es la más frecuente y es en la que nos centraremos principalmente en este artículo.

La etiología de la tendinopatía aquilea es multifactorial. Entre los factores de riesgo intrínsecos destacamos algunos como los desequilibrios vasculares y metabólicos, la edad, el género masculino, presentar un elevado índice de masa corporal (IMC)²⁰⁻²² y numerosas alteraciones biomecánicas, como discrepancia de miembros inferiores, desequilibrios musculares, hiperpronación del pie, limitación de movilidad de las articulaciones subastragalina y tibio-peroneo-astragalina, y varo de antepié y retropié en inversión¹³. Como factores de riesgo extrínsecos encontramos el consumo de determinados fármacos, el nivel de actividad física^{20,23}, el uso de calzado inadecuado o la superficie de entrenamiento. Se ha descrito que existe una predisposición genética para sufrir tendinopatía aquilea en relación con los niveles de determinadas sustancias como COL5A1, tenascina C y gen de la matriz de las metaloproteasas²⁴. Por lo tanto, hay factores sobre los que no podemos influir y otros muchos que sí podemos controlar, siendo este el objetivo de nuestros tratamientos. Además, en un pequeño porcentaje de pacientes, la existencia de una enfermedad sistémica, como distintos problemas reumáticos²⁵ o diabetes^{26,27}, se manifiesta con síntomas en el tendón de Aquiles.

Hallazgos ecográficos de la tendinopatía aquilea

Los hallazgos que definen la tendinopatía aquilea en la valoración ecográfica son:

- Aumento del grosor y CSA: en la tendinopatía de la porción media observamos la imagen característica con la convexidad de la zona profunda del tendón por su engrosamiento 2-6 cm proximalmente a la inserción²⁸.
- Pérdida del patrón fibrilar normal²⁹.

- Pérdida de ecogenicidad: el tendón se muestra más hipoeoico e incluso con focos anecoicos que representan pequeñas roturas intratendinosas²⁹.
- Afectación de la grasa de Kager: se puede observar una disminución de su longitud²⁸. También valoramos la presencia de adherencias entre el tendón de Aquiles y la grasa de Kager mediante la maniobra dinámica de compresión de la grasa³⁰. Cuando este test es positivo, al realizar la flexión plantar y dorsal del tobillo encontraremos que se produce una deformación y abombamiento de las fibras profundas del tendón de Aquiles.
- Disminución de los deslizamientos intratendinosos: utilizando también una maniobra dinámica se puede valorar, mediante un análisis informático, el deslizamiento entre las capas superficiales y profundas del tendón. En el estudio de Couppé y cols.³¹ encontraron que en sujetos con tendinopatía aquilea estos deslizamientos intratendinosos estaban reducidos en comparación con los que se producen en tendones sanos.
- Presencia de osteofitos: los encontramos más en las tendinopatías insercionales que en las de la porción media del tendón de Aquiles. La relevancia de los osteofitos puede ser limitada, ya que no se ha encontrado correlación entre el tamaño de los mismos y la severidad de los síntomas¹⁰.
- Neovascularizaciones: es muy habitual ver la presencia de neovasos en la interfase entre tendón de Aquiles y grasa de Kager en sujetos con tendinopatía de la porción media del Aquiles²⁹. El papel que desempeñan estas neovascularizaciones en las tendinopatías no está claro, ya que, aunque inicialmente se pensaba que estaban relacionadas con el dolor, en otros estudios se ha observado que no existe correlación entre la presencia de neovasos y el dolor o la pérdida de función³². Lo que sí está más claro es que, tanto en sujetos sanos como con tendinopatía, la vascularización del tendón aumenta tras realizar determinados tipos de ejercicios y que estos cambios se pueden mantener varios días después en muchos casos³³. Boesen y cols.³⁴, en una muestra de jugadores de bádminton, al inicio de la temporada hallaron la presencia de flujo intratendinoso en el 83 % de los jugadores, mientras que al final de la temporada hubo un descenso significativo hasta el 48 %. Los autores concluyen que la disminución del flujo intratendinoso puede interpretarse como una respuesta fisiológica de adaptación del tendón a la carga durante la temporada y que, por lo tanto, la presencia de neovascularización no siempre es un signo patológico.
- Afectación del tríceps sural: en sujetos con tendinopatía aquilea se ha descrito un menor ángulo de pennación del gemelo interno²⁸. Además, también se han encontrado mediante ecografía mayor afectación de los fascículos del sóleo y gemelo interno que del gemelo externo³⁵.
- Otros parámetros: fruto del análisis informático de la imagen ecográfica obtenemos otros parámetros que nos pueden aportar mayor información sobre la estructura del tendón de Aquiles, como la eco-intensidad, eco-varianza y ecogenicidad media^{36,37}. Por ejemplo, en un estudio realizado en cadáveres³⁸, se ha mostrado que la ecogenicidad media es un marcador que nos permite cuantificar el daño del tendón por fatiga. Este aspecto podría ser importante a la hora de valorar el riesgo lesional. Estos parámetros que dependen del análisis informá-

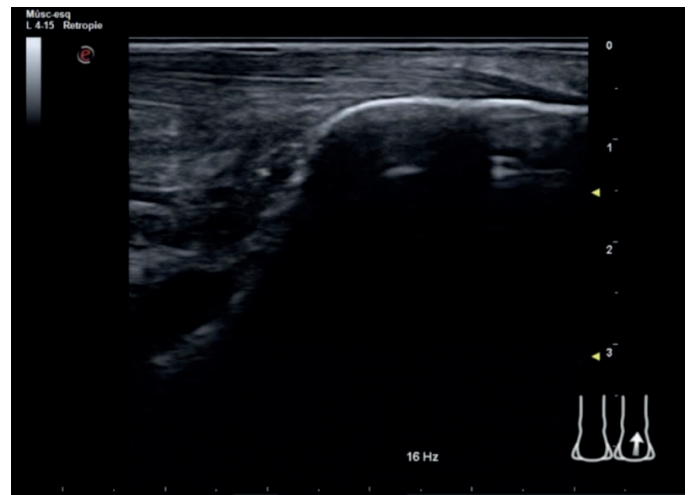


Figura 1. Corte longitudinal del tendón de Aquiles en su zona de inserción en calcáneo.

tico de la imagen ecográfica pueden tener más aplicación en la investigación que en la práctica clínica diaria (Figura 1).

Relación del tendón de aquiles con otras estructuras

La ecografía ha permitido establecer relaciones morfológicas entre el tendón de Aquiles y algunos músculos del pie, la pierna e incluso del core.

En primer lugar, se ha establecido relación entre el tendón de Aquiles y la región plantar del retropié³⁹. Sabemos que funcional y estructuralmente el complejo aquileo-calcáneo-plantar actúa como una unidad y, por lo tanto, es lógico pensar que las alteraciones estructurales de uno de los elementos afecten al resto. En este caso, la valoración ecográfica ha mostrado que, en un grupo de sujetos con tendinopatía aquilea en comparación con un grupo control, había una reducción del grosor de la grasa talar y de la fascia plantar a nivel de su inserción en el calcáneo.

Por otro lado, en sujetos con tendinopatía aquilea se observó un aumento del grosor de los músculos abductor hallucis (AbH) y flexor digitorum brevis (FDB) y un aumento del CSA del FDB y flexor hallucis brevis (FHB) en comparación con un grupo de controles sanos⁴⁰.

En cuanto a la musculatura de la pierna, se ha mostrado que sujetos con tendinopatía aquilea presentan un menor CSA de los músculos tibial anterior, extensor largo de los dedos y peroneos⁴¹.

Estas diferencias en cuanto al grosor y el CSA de la musculatura intrínseca y extrínseca del pie entre sujetos con tendinopatía aquilea y sujetos sanos las podemos explicar de 2 modos. Por un lado, se puede pensar que el origen de la tendinopatía tiene relación con alguno de estos desequilibrios musculares mencionados. Por ejemplo, sabiendo de la importancia de la musculatura intrínseca del pie podemos decir que la debilidad de la misma sea una posible causa de la tendinopatía aquilea (o al menos un factor a tener en cuenta). Pero, por otro lado, también podemos pensar que los cambios de tamaño encontrados en la musculatura del pie y de la pierna sean secundarios a la tendinopatía aquilea y, por lo tanto, estos cambios

morfológicos serían el resultado de los mecanismos de adaptación del cuerpo. Sería interesante investigar en este sentido para aclarar si las diferencias morfológicas observadas en la musculatura intrínseca y extrínseca del pie en sujetos con tendinopatía aquilea son causa o consecuencia de la lesión del tendón.

Incluso se ha encontrado relación entre la tendinopatía aquilea y la musculatura del core⁴². En el estudio de Romero y cols. se observó una reducción del grosor de la musculatura de la pared abdominal en sujetos con tendinopatía aquilea en comparación con un grupo control. Asimismo, se ha encontrado un aumento de la distancia interrectos y del grosor y CSA de los multifidos en sujetos con tendinopatía. En otro estudio del mismo grupo se comprobó que la realización de un protocolo de trabajo excéntrico para el tendón de Aquiles (combinado con tratamiento de vibración o crioterapia) producía modificaciones en la musculatura lumbo-pélvica; en este caso se observó un aumento del grosor del recto abdominal y una disminución de la distancia interrectos tras la realización del protocolo de trabajo excéntrico en sujetos con tendinopatía aquilea⁴³.

Aunque sabemos la relevancia que tiene la musculatura del core en la biomecánica de las extremidades inferiores, no deja de ser curioso que se encuentren relaciones morfológicas en estructuras tan distantes como el pie y la zona abdominal. Al igual que ocurre con la musculatura del pie y la pierna, podemos pensar que estos cambios encontrados en el core en sujetos con tendinopatía aquilea pueden ser causa o consecuencia de la misma.

Valor predictivo de la ecografía

Uno de los objetivos más discutibles del uso de la ecografía es su papel como herramienta de predicción del desarrollo de futuras patologías. Se han realizado múltiples estudios en los que se valora ecográficamente cierta estructura en sujetos asintomáticos y se hace un seguimiento a lo largo de un periodo de tiempo para intentar relacionar los hallazgos ecográficos iniciales con el desarrollo de síntomas relacionados con la estructura estudiada.

En este sentido y, en relación con el tendón de Aquiles, existen varios estudios que usan poblaciones de deportistas, en los que se ha descrito la alteración estructural del tendón en sujetos asintomáticos mediante ecografía. La prevalencia de estos cambios degenerativos en deportistas asintomáticos es muy variable de unos estudios a otros, en función del tipo de población que forma el estudio. Por ejemplo, en un estudio con futbolistas profesionales de Fredberg y cols.⁴⁴ se diagnosticaron ecográficamente cambios estructurales en el 11 % de los tendones de Aquiles asintomáticos; Kudron y cols.²⁰ encontraron alteraciones en el 11 % de los tendones de Aquiles estudiados en una muestra formada por corredores; por su parte, utilizando también una muestra de corredores amateurs asintomáticos, Cushman y cols.⁴⁵ describen cambios estructurales en el 24.1 % de los tendones de Aquiles; en bailarines preprofesionales asintomáticos, De la Cruz y cols.²³ encontraron anomalías estructurales hasta en un 62 % de los tendones de Aquiles valorados. En resumen, es lógico pensar que la prevalencia de alteraciones estructurales en el tendón de Aquiles es variable en función de las demandas mecánicas que sufre el tendón en los diferentes deportes y niveles competitivos. Lo que puede ser más discutible es la relevancia de estos cambios estructurales asintomáticos del tendón.



Figura 2. Imagen ecográfica del corte longitudinal del tendón de Aquiles patológico.

En la revisión sistemática con metanálisis de McAuliffe y cols.⁴⁶ se incluyeron estudios prospectivos en los que se realizaba una valoración ecográfica inicial para evaluar la estructura de los tendones aquileo y rotuliano y una escala de dolor o funcionalidad durante el seguimiento del estudio realizado con sujetos asintomáticos. En esta revisión se concluyó que la presencia de anomalías estructurales en el tendón de Aquiles se asoció con un aumento del riesgo de desarrollar síntomas de tendinopatía en los meses siguientes (riesgo relativo = 7.33). La mayoría de los estudios incluidos en esta revisión están formados por muestras de deportistas. Concretamente, en el estudio de Fredberg y cols., mencionado anteriormente, se describió un aumento del 45 % del riesgo de desarrollar síntomas de tendinopatía aquilea en los sujetos que presentaban anomalías estructurales ecográficas. Por otro lado, Jhingam y cols.¹⁴ no encontraron asociación entre la existencia de signos de ecográficos de degeneración tendinosa y el desarrollo de síntomas durante una temporada, pero sí definieron que un mayor grosor de la porción media del tendón de Aquiles es un factor de riesgo de la tendinopatía aquilea.

Esta aplicación de la ecografía como herramienta predictiva puede ser interesante desde el punto de vista de la investigación o incluso en la práctica clínica en determinados ámbitos como el deporte, con el objetivo de desarrollar planes de prevención si se encuentran alteraciones ecográficas significativas. Sin embargo, pensamos que en la práctica clínica "habitual" este uso de la ecografía no es tan aplicable ni útil como la ecografía que realizamos para la valoración morfofuncional o el uso como herramienta de *feedback* visual y guía de abordajes invasivos (Figura 2).

Tratamientos de la tendinopatía aquilea

Para realizar un tratamiento adecuado y tener altas posibilidades de obtener una mejoría clínica importante, lo primero y fundamental es realizar una valoración completa del paciente. Esto nos permitirá medir la relevancia de los distintos factores de riesgo intrínsecos y extrínsecos que nos encontremos. Por lo tanto, el primer objetivo

del tratamiento de la tendinopatía será abordar los factores de riesgo susceptibles de ser mejorados desde el ámbito de la podología. Concretamente, podemos ayudar a corregir las distintas alteraciones biomecánicas de los miembros inferiores, además de controlar el calzado y la superficie de entrenamiento y hacer recomendaciones sobre el IMC y el nivel de actividad física. Otros factores de riesgo de la tendinopatía aquilea los deben abordar otros profesionales de la salud o no son modificables, por lo que nuestra actuación tendrá ciertas limitaciones posiblemente.

Evidentemente, también es necesario realizar un abordaje directamente sobre el tendón. Para ello, el tratamiento de elección en la tendinopatía aquilea es el conservador. La transmisión adecuada de cargas se antoja fundamental en el manejo del tendón. El trabajo de carga excéntrica, entre otros, son las técnicas que mayor evidencia presentan sobre su eficacia en el tratamiento de la tendinopatía aquilea⁴⁷. Se ha observado mediante ecografía que distintos protocolos de trabajo excéntrico para el tendón de Aquiles producen un aumento de su grosor y CSA y del ángulo de pennación del gemelo interno⁴⁸, es decir, el trabajo de sobrecarga excéntrica es capaz de producir cambios estructurales en el tendón. En el estudio de Romero y cols.⁴⁹ se combina el ejercicio excéntrico con un protocolo de crioterapia en un grupo y vibración en otro grupo, obteniendo como resultado el aumento en el grosor y CSA del tendón de Aquiles en ambos grupos, aunque siendo significativamente mayor en el grupo de excéntrico combinado con vibración, por lo que podemos tener esta herramienta también en cuenta en el tratamiento de la tendinopatía aquilea.

Pese a la eficacia demostrada del ejercicio excéntrico para producir cambios estructurales en el tendón, hay que tener en cuenta el tipo y la fase de la tendinopatía en la que nos encontremos, ya que también se sabe que la realización del trabajo excéntrico en una tendinopatía en fase reactiva o en una tendinopatía insercional puede estar contraindicado o debe realizarse siguiendo una serie de pautas^{50,51}. Tampoco se ha demostrado que el trabajo excéntrico tenga un efecto preventivo sobre la tendinopatía aquilea⁵².

Desde el punto de vista del ejercicio terapéutico y el control de las cargas es interesante el estudio de Baxter y cols.¹, en el que se describe un protocolo de ejercicios en función de la carga que suponen para el tendón de Aquiles, desde el ejercicio más sencillo (elevación de talones sentado supone 0.5 veces el peso corporal) hasta el que supone mayor carga para el tendón (en el salto monopodal hacia delante el tendón soporta hasta 7.3 veces el peso corporal).

Por su parte, las ondas de choque han mostrado ser efectivas en cuanto a la disminución del dolor y en la mejora de la funcionalidad⁵³ más que en la regeneración estructural del tendón. Además, otras técnicas invasivas, como la electrólisis percutánea o las infiltraciones de determinadas sustancias, muestran resultados esperanzadores en muchos casos^{47,54}.

El tratamiento quirúrgico de la tendinopatía de la porción media del tendón de Aquiles se puede recomendar en casos en los que el abordaje conservador haya fracasado tras 6 meses de seguimiento⁵⁵. Las técnicas de cirugía mínimamente invasivas, tanto para el abordaje de tendinopatías como de roturas, aportan beneficios similares a la cirugía abierta en cuanto a su eficacia, reduciendo los riesgos y complicaciones derivadas de la propia herida quirúrgica^{56,57}. También se ha reportado mejoría clínica a corto plazo con la técnica de hidrodissección ecoguiada para liberar adherencias entre el tendón

de Aquiles y la grasa de Kager, siendo esta otra opción a considerar en el tratamiento médico de la tendinopatía aquilea³⁰.

Para determinar si se opta por un abordaje conservador o quirúrgico en pacientes con rotura crónica del tendón de Aquiles, se desaconseja tener en cuenta el tamaño del gap como criterio para la elección del tratamiento según los resultados que se ofrecieron en el estudio de Mubark y cols.⁵⁸. En esta investigación se comprobó la eficacia de un programa de rehabilitación en sujetos con rotura crónica del tendón de Aquiles y se comprobó que no existía correlación entre el tamaño del gap y el grado de mejoría de los pacientes.

Aplicaciones relacionadas con la ecografía

Además de la ecografía en modo B, tenemos varias opciones que nos ayudan en la valoración ecográfica. En primer lugar, para valorar la vascularización de las estructuras contamos con el doppler. Tanto el *power doppler* como el *color doppler* han mostrado una alta fiabilidad intraobservador y moderada fiabilidad interobservador; además, la aplicabilidad de ambas técnicas es comparable para la valoración del flujo sanguíneo intratendinoso⁵⁹. Actualmente existen herramientas como el doppler color de alta frecuencia y la ecografía realizada por contraste que aportan una mayor capacidad de detectar áreas de vascularización^{32,60}.

La elastografía es una herramienta interesante, que nos permite evaluar cuantitativamente las propiedades del tendón de Aquiles, midiendo por ejemplo su grado de elasticidad o el ratio de estiramiento grasa de Kager-tendón de Aquiles⁶¹. Se ha mostrado correlación entre los hallazgos de la ecografía en modo B y los de la elastografía⁶². También se observó en cadáver la correlación entre los hallazgos elastográficos (variaciones en la velocidad de transmisión de la onda) y la carga que se aplicaba al tendón de Aquiles⁶³. Sin embargo, la elastografía es una herramienta que requiere una mayor experiencia para hacer un uso correcto de la misma; los estudios hacen especial mención a la posición que debe mantener el tobillo a la hora de realizar la valoración con elastografía.

Como otra aplicación más de la ecográfica, tenemos la imagen panorámica. Esta nos puede resultar de menor utilidad en la práctica clínica diaria. Respecto al tendón de Aquiles, Femmo-Brouwer y cols.⁶⁴ mostraron resultados excelentes de fiabilidad intra e interobservador para la medición de la longitud del tendón de Aquiles desde la unión miotendinosa distal medial hasta la inserción en el calcáneo mediante el uso de la ecografía panorámica. Sin embargo, se reportaron mejores resultados cuando la medición se hacía mediante marcadores cutáneos.

Conclusiones

La tendinopatía aquilea es una patología de gran relevancia, tanto en deportistas como en la población en general. La ecografía es una herramienta muy útil que nos permite valorar el tendón a nivel estructural y funcional y ha permitido establecer correlaciones del tendón de Aquiles con otras estructuras, haciéndonos tener en cuenta otros posibles factores asociados a la tendinopatía. En cuanto al tratamiento de la tendinopatía, las ondas de choque y el ejercicio excéntrico son las técnicas que tienen mayor evidencia sobre su eficacia. Aunque existen varias técnicas que aportan resultados prometedores,

la clave para obtener el éxito en el tratamiento se debe basar en el manejo de los factores de riesgo y, por lo tanto, en una buena valoración del paciente.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses relevante con la realización del presente estudio.

Financiación

Ninguna.

Bibliografía

1. baxter JR, Corrigan P, Hullfish TJ, O'Rourke P, Silbernagel KG. Exercise progression to incrementally load the Achilles tendon. *Med Sci Sports Exerc.* 2021;53(1):124-30. DOI: 10.1249/MSS.0000000000002459.
2. Barbachan Mansur NS, Furtado Fonseca L, Teruo Matsunaga F, Baumfeld DS, Nery CAS, Tamaoki MJS. Achilles tendon lesions-Part 1: Tendinopathies. *Rev Bras Orthop.* 2020;55(6):657-64.
3. Tweedell AJ, Ryan ED, Scharville MJ, Rosenberg JG, Sobolewski EJ, Kleinberg CR. The influence of ultrasound measurement techniques on the age-related differences in Achilles tendon size. *Experimental Gerontol.* 2016;76:68-71. DOI: 10.1016/j.exger.2016.01.015.
4. Matthews W, Ellis R, Furness JW, Rathbone E, Hing W. Staging Achilles tendinopathy using ultrasound imaging: the development and investigation of a new ultrasound imaging criteria based on the continuum model of tendon pathology. *BMJ Open Sport and Exerc Med.* 2020;6:e000699. DOI: 10.1136/bmjsem-2019-000699.
5. Nadeau MJ, Desrochers A, Lamontagne M, Larivière C, Gagnon DH. Quantitative ultrasound imaging of Achilles tendon integrity in symptomatic and asymptomatic individuals: reliability and minimal detectable change. *J Foot and Ankle Res.* 2016;9:30. DOI: 10.1186/s13047-016-0164-3.
6. Gatz M, Bode D, Betsch M, Quack V, Tingart M, Kuhl C, et al. Multimodal ultrasound versus MRI for the diagnosis and monitoring of Achilles tendinopathy- A prospective longitudinal study. *Orthop J Sports Med.* 2021;9(4):23259671211006826. DOI: 10.1177/23259671211006826.
7. Kruse A, Stafilidis S, Tilp M. Ultrasound and magnetic resonance imaging are not interchangeable to assess the Achilles tendon cross-sectional-area. *Eur J Appl Physiol.* 2017;117:73-82. DOI: 10.1007/s00421-016-3500-1.
8. Barford KW, Riecke AF, Boesen A, Hansen P, Maier JF, Doessing S, et al. Validity and reliability of an ultrasound measurement of the free length of the Achilles tendon. *Dan Med J.* 2018;65(3):A5453.
9. Stenroth L, Sefa S, Arokoski J, Töyräs J. Does magnetic resonance imaging provide superior reliability for Achilles and patellar tendon cross-sectional area measurements compared with ultrasound imaging? *Ultras in Med and Biol.* 2019;45(12):3186-98. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2019.08.001.
10. Chimenti RL, Chimenti PC, Buckley MR, Houck JR, Flemister AS. Utility of ultrasound for imaging osteophytes in patients with insertional Achilles tendinopathy. *Arch Phys Med Rehabil.* 2016;97(7):1206-9. DOI: 10.1016/j.apmr.2015.12.009.
11. Thoires KA, Childs J. Are ultrasound measurements of Achilles tendon size reliable? A systematic review of rater reliability. *Ultras in Med and Biol.* 2018;44(12):2476-91. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2018.07.011.
12. De Jonge S, Van Den Berg C, De Vos RJ, van der Heide HJ, Weir A, Verhaar JA, et al. Incidence of midportion Achilles tendinopathy in the general population. *Br J Sports Med.* 2011;45(13):1026-8. DOI: 10.1136/bjsports-2011-090342.
13. Järvinen T, Kannus P, Mafulli N, Khan KM. Achilles tendon disorders: Etiology and epidemiology. *Foot Ankle Clin N Am.* 2005;10(2):255-66. DOI: 10.1016/j.fcl.2005.01.013.
14. Jhingan S, Perry M, O'Driscoll G, Lewin C, Teatino R, Malliaras P, et al. Thicker Achilles tendon are a risk factor to develop Achilles tendinopathy in elite professional soccer players. *Muscle, lig and tend J.* 2011;1(2):51-6.
15. Sobhani S, Dekker R, Postema K, Dijkstra PU. Epidemiology of ankle and foot overuse injuries in sports: A systematic review. *Scand J Med Sci Sports.* 2013;23(6):669-86. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2012.01509.x.
16. Weinfeld S. Achilles tendon disorders. *Med Clin N Am.* 2014;98(2):331-8. DOI: 10.1016/j.mcna.2013.11.005.
17. Masci L, Spang C, Van Schie HTM, Alfredson H. Achilles tendinopathy-do plantaris tendon removal and Achilles tendon scraping improve tendon structure? A prospective study using ultrasound tissue characterization. *BMJ Open Sports Exerc Med.* 2015;1(1):e000005. DOI: 10.1136/bmjsem-2015-000005.
18. Alfredson H, Masci L, Spang C. Ultrasound and surgical inspection of plantaris tendon involvement in chronic painful insertional Achilles tendinopathy: a case series. *BMJ Open Sports Exerc Med.* 2021;7(1):e000979. DOI: 10.1136/bmjsem-2020-000979.
19. Kammar H, Carmont MR, Kots E, Laver L, Mann G, Nyska M, et al. Anatomy of the sural nerve and its relation to the Achilles tendon by ultrasound examination. *Orthopedics.* 2013;37(3):298-301.
20. Kudron C, Carlson MJ, Meron A, Sridhar B, Brakke Holman R. Using ultrasound measurement of the Achilles tendon in asymptomatic runners to assist in predicting tendinopathy. *J Ultras Med.* 2020;39(3):491-6. DOI: 10.1002/jum.15125.
21. Macchi M, Spezia M, Elli S, Schiaffini G, Chisari E. Obesity increases the risk of tendinopathy, tendon tear and rupture, and postoperative complications: A systematic review of clinical studies. *Clin Orthop Relat Res.* 2020;478(8):1839-47. DOI: 10.1097/CORR.0000000000001261.
22. De Sá A, Hart DA, Khan K, Scott A. Achilles tendon structure is negatively correlated with body mass index, but not influenced by statin use: A cross-sectional study using ultrasound tissue characterization. *PLoS ONE.* 2018;13(6):e0199645. DOI: 10.1371/journal.pone.0199645.
23. De La Cruz Torres B, Barrera García-Martín I, De La Cueva Reguera M, Bravo-Aguilar M, Abuin-Porras V, Romero-Morales C. Ultrasound imaging features of the Achilles tendon in dancers. Is there a correlation between the imaging and clinical findings? A cross-sectional study. *Phys Therapy Sports.* 2020;43:181-7. DOI: 10.1016/j.ptsp.2020.03.004.
24. Fu SC, Rolf C, Cheuk YC, Lui PP, Chan KM. Deciphering the pathogenesis of tendinopathy: a three-stages process. *Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol.* 2010;2:30.
25. Expósito Molinero MR, De Miguel Mendieta E. Estudio sobre la validez discriminante de la ecografía de entesis aquilea. *Reumatol Clin.* 2016;12(4):206-9. DOI: 10.1016/j.reuma.2015.08.006.
26. Abate M, Salini V, Antinolfi P, Schiavone C. Ultrasound morphology of the Achilles in asymptomatic patients with and without diabetes. *Foot Ankle Int.* 2014;35(1):44-9. DOI: 10.1177/1071100713510496.
27. Afolabi BI, Idowu BM, Onigbinde SO. Achilles tendon degeneration on ultrasound in type 2 diabetic patients. *J Ultrason.* 2020;20(83):291-9. DOI: 10.15557/JoU.2020.0051.
28. Romero Morales C, Martín Llantino PJ, Calvo Lobo C, Palomo-López P, López-López D, Pareja-Galeano H, et al. Comparison of the sonographic features of the Achilles tendon complex in patients with and without Achilles tendinopathy: A case-control study. *Phys Ther Sport.* 2019;35:122-6. DOI: 10.1016/j.ptsp.2018.12.003.
29. Mascarenhas S. A narrative review of the classification and use of diagnostic ultrasound for conditions of the Achilles tendon. *Diagnostics.* 2020;10(11):944. DOI: 10.3390/diagnostics10110944.
30. He L, Genin J, Delzell P. Ultrasound diagnosis and percutaneous treatment of Achilles tendon tethering: A case series. *Skeletal Radiol.* 2016;45(9):1293-8. DOI: 10.1007/s00256-016-2416-5.
31. Couppé C, Svensson RB, Josefsen CO, Kjeldgaard E, Magnusson SP. Ultrasound speckle tracking of Achilles tendon in individuals with unilateral tendinopathy: a pilot study. *Eur J Appl Physiology.* 2020;120(3):579-89. DOI: 10.1007/s00421-020-04317-5.
32. De Marchi A, Pozza S, Cenna E, Cavallo F, Gays G, Simbula L, et al. In Achilles tendinopathy, the neovascularization, detected by contrast-enhanced ultrasound (CEUS), is abundant but not related to symptoms. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26(7):2051-8. DOI: 10.1007/s00167-017-4710-8.
33. Roesch HJ, Milanese S, Osborne B, Spurrier DJ, Thoires KA. The acute effects of exercise on tendon dimensions and vascularity. An exploratory study using diagnostic ultrasound of the male Achilles tendon. *J Sci Med Sports.* 2018;21(10):982-7. DOI: 10.1016/j.jsams.2017.11.009.
34. Boesen AP, Boesen MI, Torp-Pedersen S, Christensen R, Boesen L, Hölmich P, et al. Associations between abnormal ultrasound color Doppler mea-

- tures and tendon pain symptoms in badminton players during a season: a prospective cohort study. *Am J Sports Med.* 2012;40(3):548-55. DOI: 10.1177/0363546511435478.
35. Counsel P, Comin J, Davenport M, Connell D. Pattern of fascicular involvement in midportion achilles tendinopathy at ultrasound. *Sports Health.* 2015;7(5):424-8. DOI: 10.1177/1941738115595226.
 36. Lalumiere M, Larivière C, Nadeau MJ, Paquette P, Lamontagne M, Desmeules F, et al. Proposing a minimal data set of musculoskeletal ultrasound imaging biomarkers to inform clinical practice: an analysis founded on the Achilles tendon. *Ultras Med Biol.* 2020;46(9):2222-35. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2020.04.024.
 37. De La Cruz Torres B, Barrera García-Martín I, Almazán Polo J, Jaén-Crespo G, Romero-Morales C. Ultrasound imaging evaluation of structural and textural features in asymptomatic Achilles tendons in pre-professional dancers: A cross-sectional study. *Phys Ther Sport.* 2020;44:85-91. DOI: 10.1016/j.ptsp.2020.05.008.
 38. Schmidt EC, Hullfish TJ, O'Connor KM, Hast MW, Baxter JR. Ultrasound echogenicity is associated with fatigue-induced failure in a cadaveric Achilles tendon model. *J Biomech.* 2020;105: 109784. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2020.109784.
 39. Romero Morales C, Martín Llantino PJ, Calvo Lobo C, López-López D, Sánchez-Gómez R, De-La-Cruz-Torres B, et al. Ultrasonography features of the plantar fascia complex in patients with chronic non-insertional Achilles tendinopathy: A case-control study. *Sensors.* 2019;19(9):2052. DOI: 10.3390/s19092052.
 40. Romero Morales C, Martín Llantino PJ, Calvo Lobo C, Almazán-Polo J, López-López D, de la Cruz-Torres B, et al. Intrinsic foot muscles morphological modifications in patients with Achilles tendinopathy: A novel case-control research study. *Phys Ther Sports.* 2019;40:208-12. DOI: 10.1016/j.ptsp.2019.09.014.
 41. Romero Morales C, Martín Llantino PJ, Calvo Lobo C, Sánchez-Gómez R, López-López D, Pareja-Galeano H, et al. Ultrasound evaluation of extrinsic foot muscles in patients with chronic non-insertional Achilles tendinopathy: A case-control study. *Phys Ther Sport.* 2019;37:44-8. DOI: 10.1016/j.ptsp.2019.02.006.
 42. Romero Morales C, Martín Llantino P, Calvo Lobo C, San-Antolín M, López-López D, Blanco-Morales M, et al. Ultrasound imaging of the abdominal wall and trunk muscles in patients with Achilles tendinopathy versus healthy participants. *Diagnostics.* 2019;10(1):17. DOI: 10.3390/diagnostics10010017.
 43. Romero Morales C, Martín Llantino P, Calvo Lobo C, Beltran-Alacreu H, López-López D, Sánchez-Gómez R, et al. Effectiveness of eccentric exercise and a vibration or cryotherapy program in enhancing rectus abdominis muscle thickness and inter-rectus distance in patients with chronic mid-portion Achilles tendinopathy: A randomized clinical trial. *Int J Med Sci.* 2018;15(14):1764-70. DOI: 10.7150/ijms.28656.
 44. Fredberg U, Bolvig L. Significance of ultrasonographically detected asymptomatic tendinosis in the patellar and achilles tendons of elite soccer players: a longitudinal study. *Am J Sports Med.* 2002;30(4):488-91. DOI: 10.1177/03635465020300040701.
 45. Cushman DM, Petrin Z, Eby S, Clements ND, Haight P, Snitily B, et al. Ultrasound evaluation of the patellar tendon and Achilles tendon and its association with future pain in distance runners. *The Phys Sportsmed.* 2021;49(4):410-9. DOI: 10.1080/00913847.2020.1847004.
 46. McAuliffe S, McCreesh K, Culloty F, Purtill H, O'Sullivan K. Can ultrasound imaging predict the development of Achilles and patellar tendinopathy? A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2016;50(24):1516-23. DOI: 10.1136/bjsports-2016-096288.
 47. Magnussen RA, Dunn WR, Thomson AB. Nonoperative treatment of mid-portion Achilles tendinopathy: A systematic review. *Clin J Sports Med.* 2009;19(1):54-64. DOI: 10.1097/JSM.0b013e31818ef090.
 48. Sanz López F, Berzosa C, Hita Contreras F, Cruz-Díaz D, Martínez-Amat A. Ultrasound changes in Achilles tendon gastrocnemius medialis muscle on squat eccentric overload and running performance. *J Strength Condition Research.* 2015;30(7):2010-8. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001298.
 49. Romero Morales C, Martín Llantino P, Calvo Lobo C, Palomo-López P, López-López D, Fernández-Carnero J, et al. Ultrasonography effectiveness of the vibration vs cryotherapy added to an eccentric exercise protocol in patients with chronic mid-portion Achilles tendinopathy: A randomized clinical trial. *Int Wound J.* 2019;16(2):542-9. DOI: 10.1111/iwj.13074.
 50. Mascaró A, Cos MA, Morral A, Roig A, Purdam C, Cook J. Load management in tendinopathy: Clinical progression for Achilles and patellar tendinopathy. *Apunts Med Esports.* 2018;53(197):19-27. DOI: 10.1016/j.apunts.2017.11.005.
 51. Jonsson P, Alfredson H, Sunding K, Fahlström M, Cook J. New regimen for eccentric calf-muscle training in patients with chronic insertional Achilles tendinopathy: results of a pilot study. *Br J Sports Med.* 2008;42(9):746-9. DOI: 10.1136/bjism.2007.039545.
 52. Fredberg U, Bolvig L, Andersen NT. Prophylactic training in asymptomatic soccer players with ultrasonographic abnormalities in achilles and patellar tendons. The Danish Super League study. *Am J Sports Med.* 2008;36(3):451-60. DOI: 10.1177/0363546507310073.
 53. Santamato A, Beatrice R, Micello MF, Fortunato F, Panza F, Bristogiannis C, et al. Power doppler ultrasound findings before and after focused extracorporeal shock wave therapy for Achilles tendinopathy: a pilot study on pain reduction and neovascularization effect. *Ultrasound Med Biol.* 2019;45(5):1316-23. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2018.12.009.
 54. Sánchez Sánchez JL, Calderón Díez L, Herrero Turrión J, Méndez-Sánchez R, Arias-Burúa JL, Fernández-de-Las-Peñas C. Changes in gene expression associated with collagen regeneration and remodeling of extracellular matrix after percutaneous electrolysis on collagenase-induced Achilles tendinopathy in an experimental animal model: A pilot study. *J Clin Med.* 2020;9(10):3316. DOI: 10.3390/jcm9103316.
 55. Mafulli N, Via AG, Oliva F. Chronic Achilles tendon disorders. Tendinopathy and chronic rupture. *Clin Sports Med.* 2015;34(4):607-24.
 56. Bisaccia M, Rinonapoli G, Meccariello L, isaccia O, Ceccarini P, Rollo G, et al. Validity and reliability of mini-invasive surgery assisted by ultrasound in Achilles tendon rupture. *Acta Inform Med.* 2019;27(1):40-4. DOI: 10.5455/aim.2019.27.40-44.
 57. Mafulli N, Via AG, Oliva F. Chronic Achilles tendon rupture. *Open Orthop J.* 2017;11:660-9. DOI: 10.2174/1874325001711010660.
 58. Mubark I, Abouelela A, Arya S, Buchanan D, Elgalli M, Parker J, et al. Achilles tendon rupture: Can the tendon gap on ultrasound scan predict the outcome of functional rehabilitation program? *Cureus.* 2020;12(9):e10298. DOI: 10.7759/cureus.10298.
 59. Risch L, Cassel M, Messerschmidt J, Intziogianni K, Fröhlich K, Kopinski S, et al. Is sonographic assessment of intratendinous blood flow in Achilles tendinopathy patients reliable? *Ultras Int Open.* 2016;2(1):e13-e18. DOI: 10.1055/s-0035-1569286.
 60. Liu W, Zhuang H, Shao D, Wang L, Shi M. High-frequency color doppler ultrasound in diagnosis, treatment, and rehabilitation of Achilles tendon injury. *Med Sci Monit.* 2017;23:5752-9. DOI: 10.12659/MSM.904186.
 61. Liu W, Zhuang H, Shao D, Wang L, Shi M. High-frequency color doppler ultrasound in diagnosis, treatment, and rehabilitation of Achilles tendon injury. *Med Sci Monit.* 2017;23:5752-9. DOI: 10.12659/MSM.904186.
 62. Shao YH, Peng Z, Kong X, Wang B, Zhang H. Real-time ultrasound elastography evaluation of Achilles tendon properties in patients with mild hemiplegic stroke after rehabilitation training. *J Ultrasound Med.* 2019;38(3):713-23. DOI: 10.1002/jum.14755.
 63. Capalbo E, Peli M, Stradiotti P. Sonoelastography of the distal third of the Achilles tendon in asymptomatic volunteers: correlation with anthropometric data, ultrasound findings and reproducibility of the method. *Radiol Med.* 2016;121(8):667-74. DOI: 10.1007/s11547-016-0642-5.
 64. Sahr M, Sturnick DR, Nwawka OK. Quantitative ultrasound assessment of the Achilles tendon under varied loads. *J Ultrasound Med.* 2018;37(10):2413-8. DOI: 10.1002/jum.14589.
 65. Brouwer EF, Myhrvold SB, Benth JS, Hoelsbrekken SE. Ultrasound measurements of Achilles tendon length using skin markings are more reliable than extended-field-of-view imaging. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26(7):2088-94. DOI: 10.1007/s00167-017-4815-0.