

Fiabilidad y reproducibilidad intra e inter-observador de un método semiautomático de análisis ecográfico del tendón de Aquiles

Intra and inter-observer reliability and reproducibility of a semiautomatic image analysis method over Achilles tendon ultrasonography

J. Ríos-Díaz. Fisioterapeuta. DEA en Biología de la Salud, la Actividad Física y la Longevidad. Profesor Colaborador. Departamento de Ciencias de la Salud. Universidad Católica San Antonio. Murcia. España

J. J. Martínez-Payá. Fisioterapeuta. Doctor por la Universidad Católica San Antonio de Murcia. Profesor Colaborador. Unidad Central de Anatomía. Departamento de Ciencias de la Salud. Universidad Católica San Antonio. Murcia. España

M. E. del-Baño-Aledo. Fisioterapeuta. Licenciada en Documentación. Profesora Colaboradora. Unidad Central de Anatomía. Departamento de Ciencias de la Salud. Universidad Católica San Antonio. Murcia. España

A. de-Groot-Ferrando. Fisioterapeuta. Centro Kronos Fisioterapia. Elche. España

Correspondencia:

José Ríos-Díaz.
jrios@pdi.ucam.edu

Recibido: 29 junio 2010

Aceptado: 17 julio 2010

RESUMEN

Objetivos: la ecografía cuantitativa es una técnica no invasiva que permite extraer información de la imagen tras un procesado de la misma. En el método propuesto dichos análisis se realizan automáticamente a partir del contorno trazado por el explorador. El objetivo de este trabajo fue evaluar la fiabilidad intra e inter-observador en el trazado del perímetro del tendón de Aquiles sobre imágenes ecográficas. **Material y método:** se reclutó un grupo de 15 voluntarios asintomáticos, 6 mujeres y 9 hombres, de entre 25 y 35 años pertenecientes al personal de la Universidad Católica San Antonio de Murcia (España) durante el año 2009. Se realizaron ecografías bilaterales transversales del tendón de Aquiles a 20, 40 y 60 mm de la inserción en el calcáneo. Por lo tanto, se analizó un total de 90 imágenes ecográficas. Se utilizó un ecógrafo (Sonosite S180) con una sonda lineal (L-38; 5 MHz-10 MHz). Se contorneó manualmente el tendón por dos exploradores cegados en dos momentos diferentes. Los análisis de imagen se realizaron con el programa ImageJ (versión 1.35). Se calcularon los coeficientes de correlación intraclase (CCI) complementados con gráficos de Bland y Altman. **Resultados:** la fiabilidad intra-examinador del explorador A fue excelente ($ICC > 0,90$) en las tres regiones evaluadas. El examinador B, obtuvo una fiabilidad moderada. La reproducibilidad no fue la misma en las tres regiones, de manera que en las imágenes a 40 mm de la inserción el CCI osciló entre 0,528 y 0,869, mientras que en las imágenes a 60 mm fue de 0,157 a 0,711. **Conclusiones:** la fiabilidad del método varió según la región analizada y de un examinador a otro. Se puede mejorar la fiabilidad si existe un acuerdo previo entre los exploradores.

Palabras clave: tendón de Aquiles, fiabilidad, ecografía, análisis de imagen.

ABSTRACT

Objectives: *quantitative ultrasonography is a non-invasive technique that is useful for obtaining information for therapeutic evaluation and control of tendinous injuries; but, like ultrasonography, it is an examiner-dependent technique for which necessary to know the method's reliability before clinical application. The aim of this study was to analyze intra- and inter-examiner reliability of the Achilles tendon border outlining. Material and method: it was recruited 15 (6 female, 9 male between 25 to 35 years old) asymptomatic volunteers of San Antonio Catholic University staff (Murcia-Spain) along 2009. It was taken cross-sectional and bilateral ultrasonographies of the Achilles tendon at 20, 40 and 60 mm from the insertion point onto calcaneus. Therefore, 90 images were analyzed. We used an ultrasound scanner (Sonosite S180) fitted with a linear transducer (L-38; 5 MHz-10 MHz). The Achilles tendon was contoured manually by two blinded examiners at two different moments. A training program was carried out by examiner B to increase the inter-examiner agreement. The image analyses were carried out with ImageJ software (v1.35). The intraclass correlation coefficient (ICC) was calculated and complemented with Bland and Altman plots. Results: intra-examiner reliability of examiner A was excellent (ICC > 0.90) in all three scans. For examiner B, the ICC = 0.799 (CI: 0.620-0.899) denoted only a moderate reproducibility. The confidence interval of the ICC to 40 and 60 mm slides previous to training ranged from 0.528 to 0.869 and from 0.157 to 0.717 respectively. Conclusions: the reproducibility of method changes with the region of analysis from one examiner to another. Reliable data of the Achilles tendon perimeter can be obtained if the examiners undergo a previous agreement period.*

Key words: *Achilles tendon, reliability, ultrasonography, image analysis*

INTRODUCCIÓN

La ecografía músculo-esquelética es una técnica no invasiva y de bajo coste por lo que existen buenas razones para considerarla no sólo como una técnica diagnóstica potente, sino también como una buena herramienta preventiva y para investigación⁽¹⁴⁾.

Sin embargo, presenta ciertas desventajas o dificultades relacionadas con la interpretación por parte del explorador, por lo que se requiere habilidad en la realización de la toma ecográfica y experiencia en su interpretación⁽⁵⁾. Por tanto, la fiabilidad y la reproducibilidad, tanto inter como intra-observador, son un punto crítico en la planificación de estudios ecográficos^(6, 7).

La evaluación de la fiabilidad en ecografía musculoesquelética ya ha sido estudiada para intentar establecer un acuerdo diagnóstico entre expertos⁽⁸⁻¹⁰⁾. El propósito de estos estudios fue determinar la validez de la interpretación ecográfica y el efecto que podría tener en la toma de decisiones clínicas. Además, varios autores han investigado la capacidad de exploradores con experiencia en ecografía musculoesquelética, de obtener mediciones con un fin observacional y no clínico⁽¹¹⁻¹³⁾.

Existen numerosos autores que han examinado la estructura del tendón de Aquiles (TA) mediante ecografía^(14, 15). Estos análisis pueden ser completados e incluso mejorados con análisis de imagen más o menos automatizados que permitan obtener no sólo variables como el grosor o la anchura del tendón, sino también el área transversal, la circularidad, la ecogenicidad media u otros parámetros texturales⁽¹⁶⁾.

Aunque el perímetro por sí mismo pueda tener poca relevancia clínica, su trazado y delimitación constituyen un punto clave en el proceso de análisis puesto que es examinador-dependiente, y afecta a todas las demás variables de cálculo automático que tienen interés clínico, tales como el área de sección, anchura, grosor, circularidad o ecogenicidad media⁽¹⁷⁾.

Además la forma del tendón varía a lo largo del recorrido y la dificultad para la identificación del contorno puede ser diferente de una región a otra. Por tanto, la consistencia de los perímetros trazados por el explorador es una cuestión importante que no ha sido considerada hasta el momento.

El coeficiente de correlación intraclass (CCI) es el estadígrafo más apropiado para un estudio de fiabilidad de

variables cuantitativas continuas⁽¹⁸⁻²⁰⁾; de hecho, en un estudio de fiabilidad del área transversal del músculo tibial anterior, Rankin y Stokes⁽²¹⁾ concluyeron que el CCI es adecuado para análisis de la fiabilidad en estudios con un diseño similar al que ellos describieron.

En el presente estudio se determinó la fiabilidad intra e inter-observador en la determinación del perímetro del tendón de Aquiles sobre imagen ecográfica con el fin de verificar la concordancia interobservador y la reproducibilidad del método (concordancia intraobservador).

MATERIAL Y MÉTODO

El diseño del trabajo corresponde al de un estudio de fiabilidad, y por tanto se trata de un estudio observacional y transversal en el que las ecografías se tomaron en un mismo momento y los análisis sobre las imágenes se realizaron por dos exploradores en dos momentos diferentes.

El estudio tuvo lugar en la Universidad Católica San Antonio de Murcia a lo largo del 2009 después de la aprobación por el comité ético de la institución.

Se dispuso de un grupo de 15 voluntarios, 6 mujeres y 9 hombres, de entre 25 y 35 años (tabla 1) con lo que la muestra de ecografías para el estudio fue $n = 30$. Todos los sujetos pertenecían al personal de la Universidad Católica San Antonio de Murcia (España). Se obtuvieron los correspondientes consentimientos informados y se excluyeron aquellos que habían sufrido cirugía en el TA, o padecían alguna patología reciente o dolor en los miembros inferiores.

Las ecografías se tomaron con un ecógrafo (SonoSite S-180, SonoSite, Ltd., United Kingdom) dotado de una sonda lineal (L 38-mm *broadband*, SonoSite Ltd., United Kingdom) con una frecuencia de 5-10 MHz.

Los sujetos fueron examinados en posición decúbito prono con el pie colocado fuera de la camilla en una po-

sición neutra (figura 1). Las ecografías se realizaron colocando el transductor transversalmente al eje longitudinal del tendón, en ambas piernas y a tres niveles distintos: a 20, 40 y 60 mm de la inserción del TA en el calcáneo⁽²²⁾ tras marcar la piel con un rotulador indeleble. De esta forma se dispuso de un total de 90 ecografías sobre las que se realizó el análisis de fiabilidad y reproducibilidad.

Las imágenes, en escala de gris, se almacenaron en formato mapa de bits (*bmp) sin compresión para el análisis con el programa ImageJ v 1.35 (Wayne Rasband, National Institutes of Health, USA; 2008) que es una aplicación libre escrita en lenguaje Java para el análisis y procesamiento de imágenes.

Cada imagen fue analizada de forma independiente por dos examinadores que contornearon manualmente el borde del TA dos veces, en dos momentos diferentes, para evaluar tanto la concordancia intra-observador como la inter-observador. Ambos observadores eran conocedores de la anatomía músculo-esquelética de la región y estaban familiarizados con el estudio de imágenes ecográficas.

Los datos se segmentaron y analizaron para los tres grupos de imágenes correspondientes a las tres regiones analizadas (figura 2).

Con posterioridad a este análisis, el examinador B que inicialmente obtuvo una fiabilidad moderada, repitió el análisis tras una sesión de consenso con el examinador A y otros miembros del grupo, centrada en los criterios de diferenciación del tendón y el paratendón. Posteriormente volvió a repetir el análisis.

Los cálculos estadísticos se realizaron con el programa Statistical Package for Social Sciences (version 15.0, SPSS, Chicago, Illinois). Se obtuvieron los coeficientes de correlación intraclass (CCI) inter-observador e intra-observador sobre las medidas del perímetro obtenidas. Se empleó un modelo alfa con dos factores y efectos mixtos con acuerdo absoluto⁽²³⁾. Los intervalos

TABLA 1. Características de los sujetos de estudio.

| Sexo | N | Edad (años) | Altura (cm) | Peso (kg) |
|-------------|----------|--------------------|--------------------|------------------|
| Masculino | 9 | 30 (28-32) | 178 (174-182) | 74 (70-79) |
| Femenino | 6 | 28 (25-31) | 162 (156-167) | 57 (49-64) |

Se muestran los valores medios y entre paréntesis los intervalos de confianza (95%).

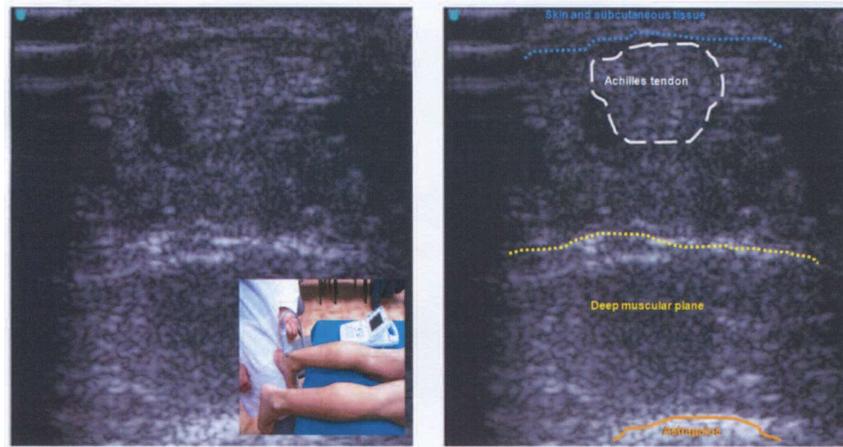


Fig. 1. Localización de la sonda para la toma ecográfica transversal y anatomía ecográfica.

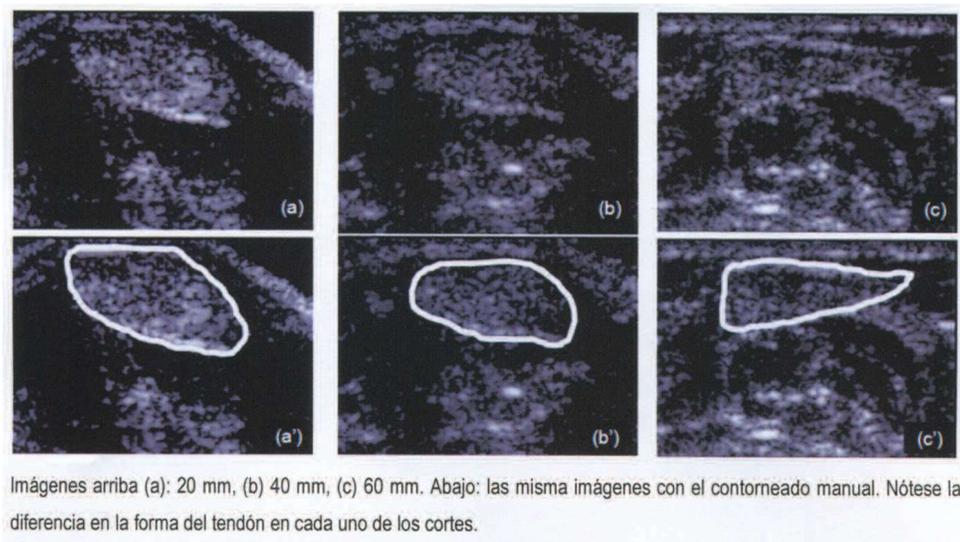


Fig. 2. Ecografías transversales en las tres distancias de la inserción del tendón de Aquiles.

de confianza de todos los cálculos fueron del 95 %. El CCI tendrá valor 1 cuando la concordancia sea perfecta y valor 0 cuando la concordancia es nula.

Para la interpretación del CCI se usó la clasificación de Landis y Koch⁽²⁴⁾, habitual en este tipo de estudios (> 0,70 buenos o muy buenos; 0,50-0,70 moderados; y bajos o pobres si < 0,50). Estos autores sugieren cinco niveles de fuerza de concordancia desde un nivel pobre a una concordancia perfecta (CCI = 1,0). Sin embargo, estas escalas son una aproximación a la interpretación⁽²⁰⁾ que no tiene en cuenta ni el contexto ni la naturaleza de los datos y, por tanto, deben interpretarse con precaución. Para nuestro propósito consideramos que valores

de CCI alrededor de 0,70 o mayores son suficientes para una buena reproducibilidad del método.

Con el objetivo de completar el análisis de forma gráfica se siguieron las recomendaciones de Bland y Altman^(25, 26) y se construyeron los correspondientes gráficos. En este tipo de gráfico se representan las diferencias entre los pares de medidas en el eje de ordenadas, mientras que en el eje de abscisas se representa el promedio de las dos medias.

Cuando exista una buena concordancia, las diferencias serán pequeñas y por tanto los datos se distribuirán cercanos a ambos lados de la línea horizontal que representa la concordancia absoluta. Además, para poder

extraer conclusiones de tipo práctico sobre la magnitud de las diferencias encontradas, se calculan la media de las diferencias y su intervalo de confianza (95 %).

RESULTADOS

El CCI para la fiabilidad intra-observador fue excelente en las tres regiones observadas, tanto para el examinador A como para el B. Esto significa que la consistencia del procedimiento de contorneado manual fue buena en los dos exploradores (tabla 2).

Debemos considerar que, aunque los niveles de concordancia intra-observador fueron buenos en general, la dispersión de las mediciones en el observador B fueron mayores que en el observador A, especialmente en las imágenes tomadas a 60 mm de la inserción (figura 3).

En la tabla 3 se resume la fiabilidad interobservador que muestra que la concordancia fue muy buena en las imágenes tomadas a 20 mm, tanto antes como después de la sesión de consenso. Sin embargo, los intervalos de confianza para el CCI en las imágenes tomadas a 40 y 60 mm mostraron concordancias moderadas o malas: de 0,650 a 0,924 (en las imágenes a 40 mm) y de 0,013 a 0,795 (en las imágenes a 60 mm). No obstante, después de la sesión de consenso, el examinador B alcanzó niveles de acuerdo entre moderados y altos respecto al examinador A.

La tabla 4 muestra los valores medios del perímetro del TA obtenidos por el examinador A y por el examinador B (tanto antes como después del consenso). Los perímetros medios obtenidos por el observador B antes de la sesión de acuerdo, fueron mayores que los obtenidos por el observador A en las tres regiones analizadas (véase también figura 4). Aunque las diferencias disminuyeron después del consenso, los valores obtenidos por el examinador B en las imágenes a 60 mm siguen siendo más altos que en las imágenes a 20 y 40 mm.

DISCUSIÓN

Este trabajo muestra que se pueden obtener datos fiables y reproducibles en relación al perímetro del TA si los examinadores son previamente entrenados. Los re-

sultados del estudio muestran que el tendón cambia en su parte media, no sólo en tamaño, sino también en la forma de su contorno, que pasa de una sección elíptica en la región a 20 mm de la inserción a una forma irregular a 60 mm de la misma. En la sección a 40 mm de la inserción, el tamaño del tendón es menor y presenta un contorno redondo. Los resultados de la concordancia inter-observador son suficientemente fiables en las imágenes tomadas a 20 y 40 mm, incluso antes del consenso. Sin embargo, en las imágenes correspondientes a la región a 60 mm de la inserción, la concordancia desciende a niveles muy bajos. La principal diferencia en la interpretación de las imágenes estuvo relacionada con la identificación de los límites de la vaina del tendón debido al hecho de que el paratendón se encuentra, en ocasiones, separado del tendón. La forma irregular del ten-

TABLA 2. Fiabilidad intra-observador para el perímetro del tendón de Aquiles. Coeficiente de correlación intraclase *

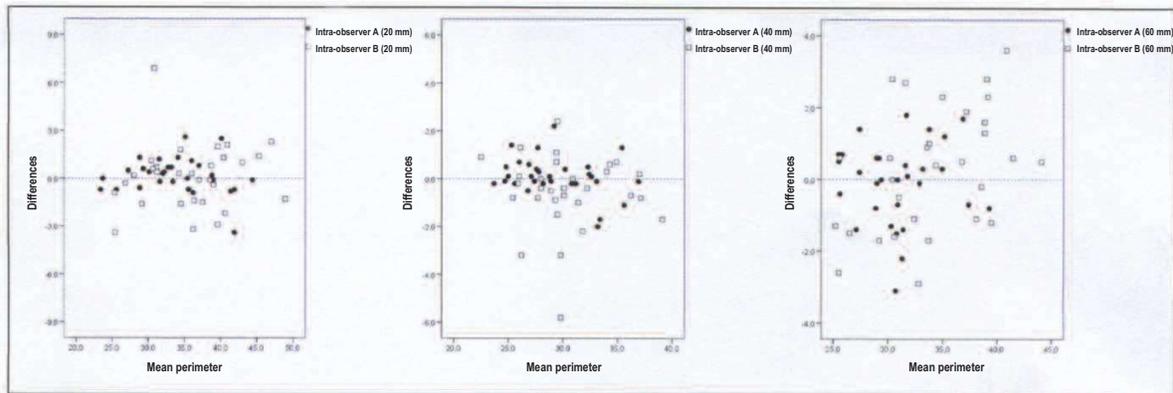
| Sección | Coeficiente de correlación intraclase * | |
|---------|-----------------------------------------|---------------------|
| | Examinador A | Examinador B |
| 20 mm | 0,989 (0,978-0,995) | 0,973 (0,944-0,987) |
| 40 mm | 0,987 (0,973-0,994) | 0,957 (0,905-0,980) |
| 60 mm | 0,975 (0,947-0,988) | 0,972 (0,941-0,987) |

* Coeficiente de correlación intraclase y entre paréntesis los límites de su intervalo de confianza (95%). Modelo alfa de dos factores y efectos mixtos con acuerdo absoluto.

TABLA 3. Fiabilidad inter-observador para el perímetro del tendón de Aquiles. Coeficiente de correlación intraclase *

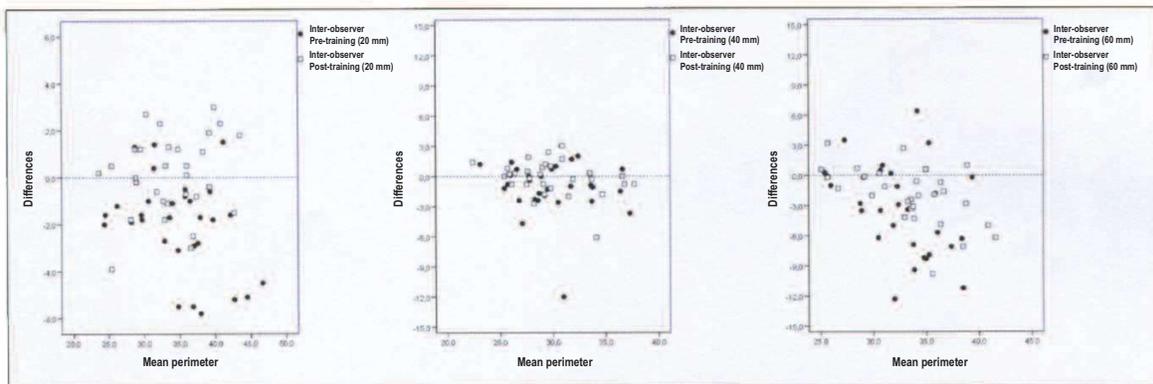
| Sección | Coeficiente de correlación intraclase * | |
|---------|-----------------------------------------|-------------------------------------|
| | Intra-observador pre-entrenamiento | Intra-observador post-entrenamiento |
| 20 mm | 0,941 (0,585-0,982) | 0,973 (0,944-0,987) |
| 40 mm | 0,838 (0,650-0,924) | 0,941 (0,877-0,972) |
| 60 mm | 0,554 (0,013-0,795) | 0,808 (0,459-0,920) |

* Coeficiente de correlación intraclase y entre paréntesis los límites de su intervalo de confianza (95%). Modelo alfa de dos factores y efectos mixtos con acuerdo absoluto.



El eje x representa la media de las parejas de medidas de cada observador. El eje y representa las diferencias intra-observadores para cada medida. La línea horizontal indica un acuerdo absoluto. Los intervalos de confianza de las diferencias se muestran en la tabla 4.

FIG. 3. Gráfico de Bland para la fiabilidad intra-observador.



El eje x representa la media de las parejas medidas de los dos observadores. El eje y representa las diferencias inter-observadores para cada medida. Se muestran los resultados antes y después del entrenamiento. La línea horizontal indica un acuerdo absoluto. Los intervalos de confianza de las diferencias se muestran en la tabla 4.

FIG. 4. Gráfico de Bland para la fiabilidad inter-observador.

TABLA 4. Valores medios del perímetro y diferencias entre observadores.

| Sección | Media (D.E) mm | | Diferencia media (95 % IC) | Media (D.E) mm | | Diferencia media (95 % IC) |
|---------|----------------|-------------|----------------------------|----------------|---------------|----------------------------|
| | Exam. A | Exam. B pre | | Exam. B post | | |
| 20 mm | 33,9 (5,4) | 35,9 (6,2) | 2,3 (1,7-2,9) | 33,8 (5,1) | 2,4 (1,7-3,1) | |
| 40 mm | 29,3 (3,6) | 30,4 (3,9) | 1,9 (1,1-2,7) | 29,4 (3,6) | 1,4 (0,6-1,7) | |
| 60 mm | 30,8 (3,6) | 34,2 (5,1) | 4,3 (3,0-5,6) | 32,8 (4,4) | 3,1 (2,1-4,1) | |

dón en esta zona es otro de los factores que pudieron influir en la dificultad para marcar el perímetro.

Después de la sesión de consenso del examinador B, se obtuvo una fiabilidad inter-observador mejorada que

alcanzó unos niveles mínimos de CCI alrededor de 0,6 en las imágenes correspondientes a la región a 60 mm de la inserción y unas concordancias con niveles muy buenos en las otras dos regiones. Tal y como otros au-

tores refieren, este tipo de estudios podrían ser suficientes para mejorar las habilidades en la interpretación ecográfica^(6, 10, 11).

La interpretación arbitraria del coeficiente de correlación intraclase es una de las limitaciones del estudio, pero si consideramos que las diferencias medias en el perímetro marcado entre los observadores fueron tan sólo, en el peor de los casos, de 3 mm con un intervalo de confianza considerablemente estrecho (véase la tabla 4 en la sección a 60 mm), estas diferencias pueden considerarse clínicamente despreciables (figuras 3 y 4) ya que representan menos del 10 % del perímetro medio.

Por el momento la intervención manual es necesaria en la aplicación clínica de estas herramientas y los estudios de fiabilidad y reproducibilidad son esenciales para controlar los errores del observador. Bastida⁽²⁷⁾ y Morales y cols.⁽²⁸⁾ han trabajado en este aspecto mediante procesamiento morfológico, contornos activos (*snakes*) y contornos geodésicos activos (*levelsets*) y, aunque los resultados fueron moderadamente buenos, los algoritmos automáticos mostraron diferentes resultados respecto a la identificación de la forma del tendón y respecto al contorneado manual.

En conclusión, disponer de un proceso bien definido para la interpretación y análisis de las imágenes ecográficas puede ayudar a obtener los datos adecuados. Este tipo de información podría ser útil, no ya tanto en el ámbito clínico, sino en investigación básica y como una nueva vía de estudio indirecto del comportamiento del tendón y posibles cambios histológicos en el mismo⁽²⁹⁾; aún más si se combinan con procesamiento de imagen avanzado como el análisis textural y reconocimiento de patrones^(13, 22, 30).

Es obvio que los resultados aquí presentados no son extrapolables a otros estudios en los que, por ejemplo, no se trabajase con sujetos sanos sino en sujetos con signos patológicos. Pero mientras en el proceso intervenga un explorador o analista, estos estudios deben ir precedidos de los correspondientes análisis de fiabilidad y reproducibilidad similares al presentado, y en los que se estandarice el registro de los hallazgos ecográficos para reducir la interpretación subjetiva⁽¹³⁾.

Se puede concluir que la fiabilidad intra-observador fue buena o muy buena en ambos exploradores; que la reproducibilidad se vio influenciada por la forma del ten-

dón, de manera que a 60 mm de la inserción la interpretación del contorno se hizo más complicada y que las sesiones de acuerdo y la definición de criterios claros previos análisis pueden mejorar la concordancia inter-observador.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio forma parte del proyecto de investigación «Influencia de la dominancia, el sexo y la edad en la morfo-ecogenidad de los tendones y en la densidad mineral ósea de sus puntos de inserción», parcialmente financiado por el Programa para la Promoción de la Investigación de la Universidad Católica San Antonio de Murcia (España); Código PMAFI-PI-05/1C/06.

BIBLIOGRAFÍA

1. Del Baño Aledo ME, Martínez-Payá JJ, Ríos-Díaz J, Palomino Cortes MA. Application of quantitative measurements of morphology-echogenicity characteristics of the Achilles tendon in physical therapy. *Fisioterapia*. 2008; 30(2): 61-8.
2. Katayose M, Magee DJ. The cross-sectional area of supraspinatus as measured by diagnostic ultrasound. *J Bone Joint Surg Br*. 2001; 83(4): 565-8.
3. Martínez-Payá JJ, Ríos-Díaz J, Martínez Pérez LM, Montaña Munuera JA, Peña Marín O. Bases físicas y morfológicas para la interpretación de la imagen ecográfica músculo-esquelética. En: Martínez-Payá JJ, editor. *Anatomía ecográfica del hombro*. Madrid: Médica Panamericana; 2008. p. 3-38.
4. Schmidt G. *Thieme clinical companion ultrasound*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2008.
5. Filippucci E, Unlu Z, Farina A, Grassi W. Sonographic training in rheumatology: a self teaching approach. *Ann Rheum Dis*. 2003; 62(6): 565-7.
6. Linacre JM. New approaches to determining reliability and validity. *Res Q Exerc Sport*. 2000; 71(2 Suppl): S129-36.
7. Rothstein JM. Living with error. *Phys Ther*. 2003; 83(5): 422-3.
8. Hendriks EJ, Brandsma JW, Heerkens YF, Oostendorp RA, Nelson RM. Intra-observer and inter-observer reliability of

- assessments of impairments and disabilities. *Phys Ther.* 1997; 77(10): 1097-106.
9. Naredo E, Moller I, Moragues C et al. Inter-observer reliability in musculoskeletal ultrasonography: Results from a «Teach the Teachers» rheumatologist course. *Ann Rheum Dis.* 2006; 65(1): 14-9.
 10. Scheel AK, Schmidt WA, Hermann KG et al. Inter-observer reliability of rheumatologists performing musculoskeletal ultrasonography: results from a EULAR «Train the Trainers» course. *Ann Rheum Dis.* 2005; 64(7): 1043-9.
 11. Engh CA Jr, McAuley JP, Sychterz CJ, Sacco ME, Engh CA Sr. The accuracy and reproducibility of radiographic assessment of stress-shielding. A postmortem analysis. *J Bone Joint Surg Am.* 2000; 82-A(10): 1414-20.
 12. Parsons BO, Klepps SJ, Miller S, Bird J et al. Reliability and reproducibility of radiographs of greater tuberosity displacement. A cadaveric study. *J Bone Joint Surg Am.* 2005; 87(1): 58-65.
 13. Ríos-Díaz J, De-Groot-Ferrando A, Martínez-Payá JJ, Del-Baño-Aledo ME. Reliability and reproducibility of a morpho-textural image analysis method over patellar ligament ultrasonography. *Reumatol Clin.* 2010 (in press).
 14. Öhberg L, Lorentzon R, Alfredson H. Eccentric training in patients with chronic Achilles tendinosis: normalised tendon structure and decreased thickness at follow up. *Br J Sports Med.* 2004; 38(1): 8-11.
 15. Öhberg L. The chronic painful Achilles tendon. Sonographic findings and new methods for treatment. Umea: Umea University Medical Dissertations; 2003.
 16. Martínez Payá JJ, Ríos-Díaz J, Palomino Cortés MA, Martínez Pérez LM, Calvo López MC, Del Baño Aledo ME, et al. Los píxeles tienen la respuesta: análisis cuantitativo de la ecogenicidad del sistema músculo esquelético. Un nuevo sistema de prevención. En: Esparza Ros F, Fernández Jaén T, Martínez Romero JL, Guillén García P, editores. *Prevención de las lesiones deportivas.* Murcia: Quaderna Editorial; 2006. p. 159-68.
 17. Martínez Payá JJ, Ríos-Díaz J, Palomino Cortés MA, Martínez Pérez LM, Calvo López MC, Tenas López MJ, et al. Análisis cuantitativo de la ecogenicidad del sistema músculo-esquelético. Estudio comparativo de normalidad. En: Esparza Ros F, Fernández Jaén T, Martínez Romero JL, Guillén García P, editores. *Prevención de las lesiones deportivas.* Murcia: Quaderna Editorial; 2006. p. 245-7.
 18. Hunt AH. Taking the mystery out of research. *Collaborative research. Orthop Nurs.* 2000; 19(4): 68-9.
 19. Robinson JM, Cook JL, Purdam C et al. The VISA-A questionnaire: a valid and reliable index of the clinical severity of Achilles tendinopathy. *Br J Sports Med.* 2001; 35(5): 335-41.
 20. Sim J, Wright CC. The kappa statistic in reliability studies: use, interpretation and sample size requirements. *Phys Ther.* 2005; 85(3): 257-68.
 21. Rankin G, Stokes M. Reliability of assessment tools in rehabilitation: an illustration of appropriate statistical analyses. *Clin Rehabil.* 1998; 12(3): 187-99.
 22. Bjordal JM, Demmink JH, Ljunggren AE. Tendon thickness and depth from skin for supraspinatus, common wrist and finger extensors, patellar and Achilles tendons. *Ultrasonography study of healthy subjects. Physiotherapy.* 2003; 89(6): 375-83.
 23. Pardo Merino A, Ruiz Díaz MA. Análisis de datos con SPSS 13 Base. Madrid: McGraw-Hill Interamericana; 2005.
 24. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics.* 1977; 33(1): 159-74.
 25. Bland JM, Altman DG. Measuring agreement in method comparison studies. *Stat Methods Med Res.* 1999; 8(2): 135-60.
 26. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986; 1(8476): 307-10.
 27. Bastida Jumilla MC. Automatization of morphologic and echogenic measures of human locomotor apparatus structures by means of ultrasonographic images processing [dissertation]. Cartagena, Murcia: Superior Technical School of Telecommunication Engineering, Polytechnic University of Cartagena; 2008.
 28. Morales Sánchez J, Verdú Monedero R, Larrey Ruiz J, Sancho Gómez JL, Bastida Jumilla MC. Morphological and echogenic measurements of structures of locomotor system by means of echographic images processing. In: *Las TIC y la gestión del conocimiento en el desarrollo de la Salud: proceedings of the VII Congreso Internacional de Informática en Salud; 2009 Feb 9-13; La Habana, Cuba.* [7 páginas]. <http://informatica2009.sld.cu/Members/jmorales/medidas-morfologicas-y-ecogenicas-de-estructuras-del-aparato-locomotor-mediante-procesado-de-imagenes-ecograficas/>. Acceso: 16 febrero 2010.
 29. Khan K, Kannus P. Use of imaging data for predicting clinical outcome. *Br J Sports Med.* 2000; 34(1): 73.
 30. Ríos-Díaz J, Martínez-Payá JJ, De Groot Ferrando A, Del Baño Aledo ME. Nuevo método de análisis textural me-

Fiabilidad y reproducibilidad intra e inter-observador de un método semiautomático de análisis ecográfico del tendón de Aquiles

J. Ríos-Díaz M. E. del-Baño-Aledo
J. J. Martínez-Payá A. de-Groot-Ferrando

dante matrices de co-ocurrencia del nivel de gris sobre imagen ecográfica del tendón de Aquiles: diferencias en-

tre deportistas y sedentarios. *Cuest Fisioter.* 2009; 38(2): 68-79.