

## SPECIAL COMMUNICATION

### Current status of the validity and reliability of the sonographic assessment of the Achilles tendon

### Estado actual de la validez y fiabilidad de la valoración ecográfica del tendón de Aquiles

Pedro Javier Martín-LLantino,<sup>1\*</sup> César Calvo-Lobo,<sup>2</sup> Irene Sanz-Corbalán,<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Práctica Privada Madrid.

<sup>2</sup> Departamento de Enfermería y Fisioterapia. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de León.

<sup>3</sup> Facultad de Enfermería, Fisioterapia y Podología. Universidad Complutense de Madrid.

\* Correspondence: Pedro Javier Martín Llantino. [pejamalla@gmail.com](mailto:pejamalla@gmail.com)

#### Abstract

**Objective:** To determine the validity of skeletal muscle ultrasound in the evaluation of the Achilles tendon. To establish the typical sonographic findings in the Achilles tendon, both healthy and injured.

**Methods:** A bibliographic review was carried out, developing a PubMed search that covered papers from 1984 to January 30, 2018. The following terms were used: "Ultrasound achilles tendón", "Ultrasound triceps surae", "Achilles tendinopathy ultrasound". Articles were included based on their methodological quality, scientific relevance, contribution of novelty and their clinical usefulness.

**Results:** Articles about the validity and reliability of the evaluation of the Achilles tendon, as well as of nearby structures, by skeletal muscle ultrasound were found. There were also articles about the findings in the image of the healthy and injured Achilles tendon.

**Conclusions:** The literature seems to confirm that musculoskeletal ultrasound is a valid and reliable method to evaluate Achilles tendinopathy. There were sonographic differences between healthy and injured tendons, and this evaluation did not seem to differentiate between chronic injury and internal tear. Tendon thickening and neovascularization should be considered during diagnosis of Achilles tendinopathy, but the simple presence of these features would not determine the clinical severity.

**Key Words:** Achilles tendon, Musculoskeletal ultrasound, Achilles tendinopathy.

#### Resumen

**Objetivo:** Conocer la validez y fiabilidad de la ecografía músculo esquelética en la valoración del tendón de Aquiles. Conocer los hallazgos ecográficos típicos en el tendón de Aquiles, tanto sano como lesionado.

**Material y métodos:** Se realizó una revisión bibliográfica desarrollando una búsqueda en PubMed que abarcó trabajos desde 1984 hasta el 30 de enero de 2018. Se usaron los siguientes términos: "Ultrasound achilles tendon", "Ultrasound triceps surae", "Achilles tendinopathy ultrasound". Se incluyeron artículos en base a su calidad metodológica, relevancia científica, aportación de una visión novedosa y su utilidad clínica.

**Resultados:** Se encontraron artículos sobre la validez y fiabilidad de la evaluación del tendón de Aquiles, así como de estructuras próximas, con ecografía músculo esquelética. También se encontraron artículos sobre los hallazgos en la imagen del tendón de Aquiles sano y lesionado.

**Conclusiones:** La literatura parece confirmar que la ecografía músculo esquelética es un método válido y fiable para evaluar la tendinopatía aquilea. Existirían diferencias ecográficas entre tendones sanos y lesionados, y no parece diferenciarse éste entre lesión crónica y desgarro interno. El engrosamiento tendinoso y la neovascularización deberían tenerse al diagnosticar la tendinopatía aquilea, pero su simple presencia no determinaría la severidad clínica.

**Palabras Clave:** Tendón de Aquiles, Ecografía músculo esquelética, Tendinopatía de Aquiles.

Received: 3 July 2018; Acept: 10 February 2019.

#### Conflictos de Interés

Ninguno Declarado.

#### Fuentes de Financiación

Ninguno Declarado.

## Introducción

En la actualidad obtener un diagnóstico fiable, rápido, y sin efectos secundarios se ha convertido en una necesidad en el área de la salud. Más aún en una estructura como el tendón de Aquiles que llega a lesionarse en el 2,35‰ entre todos los pacientes explorados en medicina general entre los 21 y los 60 años, y de estos el 35% están relacionados con el deporte (1).

Es por eso que la ecografía músculo-esquelética es usada para valorar en vivo la carga del tríceps sural en el trabajo concéntrico y excéntrico así como sus características biomecánicas (2).

Sunding et al. (3) encuentran que la ecografía y la aplicación de “*doppler*” es un método de confianza para evaluar los tendones de Aquiles y Rotuliano. Además parece que podría ser un método de evaluación de fácil replicado al no encontrarse diferencias en el uso de diferentes equipos y operadores (4), aunque se deba intercambiar los resultados con las mediciones obtenidas con otros sistemas (5).

Si podemos comparar ecográficamente los tendones entre sí encontrando diferencias en el aspecto de tendones sanos, hiperecoicos (6), y los lesionados, hipoecoicos (7) y sin diferencias entre patología crónica del tendón y un desgarro intratendinoso (8).

Nuestra hipótesis al comenzar la búsqueda fue que la ecografía musculoesquelética sería una herramienta plenamente válida y fiable al evaluar la estructura del tendón de Aquiles tanto en sujetos sanos como en sujetos lesionados.

El objetivo principal de este estudio es conocer la fiabilidad y validez de la ecografía musculoesquelética a la hora de valorar el tendón de Aquiles.

Los objetivos secundarios fueron, conocer los hallazgos ecográficos típicos en el tendón de Aquiles, tanto sano como lesionado. Y exponer las consideraciones a tener en cuenta al realizar una exploración ecográfica en el tendón de Aquiles.

## Material y Métodos

Se realizó una revisión bibliográfica donde se buscaron artículos en español e inglés publicados en revistas indexadas en PubMed que abarcó trabajos publicados desde 1984 hasta el 30 de enero de 2018 Se usaron los siguientes términos: “Ultrasound achilles tendón”, obteniendo 1767 artículos. “Ultrasound tríceps surae”, obteniendo 175 artículos. “Achilles tendinopathy ultrasound”, obteniendo 523 artículos. (Figura 1).



Figura 1- Diagrama de flujo PRISMA 2009

Los criterios de inclusión de los artículos se basaron en la calidad metodológica del estudio, su relevancia científica considerando el alto número de citas y la inclusión del artículo en revisiones sistemáticas o meta análisis.

También se incluyeron aquellos estudios que aportaban una visión novedosa y proveían de conocimientos y utilidad clínica del estudio como la fiabilidad y la validez de la ecografía musculoesquelética en la evaluación del tendón de Aquiles.

Las diferentes mediciones de la estructura como el grosor, el área de sección transversal o la presencia de neovascularización también fueron consideradas a la hora de incluir estudios en la revisión.

## Resultados

Se puede considerar la ecografía músculo esquelética como un método de confianza para evaluar el tendón de Aquiles (3). Del Baño et al. exponen la confiabilidad de las mediciones ultrasonográficas del grosor de la fascia plantar, del tendón de Aquiles, del tendón patelar y del tendón extensor común del codo. En su estudio concluyen que no existen diferencias significativas al realizar las mediciones con diferentes equipos y diferentes operadores (4).

También se ha evaluado el grosor del tendón de Aquiles, de la fascia plantar y de la almohadilla talar en sujetos con dolor de talón encontrando una excelente fiabilidad intra evaluador (ICC 0.78-0.98), una buena fiabilidad entre diferentes evaluadores con una medición (ICC 0.72-0.91) y una excelente fiabilidad entre diferentes evaluadores con dos mediciones. Los límites de acuerdo intra evaluador fueron buenos (9.5 -23.4 %) y el error típico también fue bueno (3.4-8.4%).

Los límites de acuerdo entre evaluadores fueron aceptables en una medición (16.1-36.4 %) y mejores usando dos mediciones (14.4-33.2%) (5). La ecografía también sería altamente confiable al evaluar el grosor de la fascia plantar (9).

La medición del área de sección transversal del tendón de Aquiles con ultrasonografía parece no ser recomendada por algún autor debido a su inexactitud (10). Esto puede deberse a que los datos del área de sección transversal pueden verse alterados por la presión de la sonda sobre el tejido. En cualquier caso, se considera válido este método de exploración en el tendón de Aquiles, pero nunca intercambiable y comparable con la MRI (5) (Tabla 1).

Los tendones normales son hiperecoicos y tienen una ecoestructura fibrilar de tipo fibroso (6). En el tendón de Aquiles normal aparece una estructura fibrilar hipoecoica con aspecto de cinta estrechamente empacada (11-12). En la parte distal aparece la almohadilla de Kager, en su sector distal tiene una cierta cantidad de líquido de aspecto anecoico (13) (Figura 2).



Figura 2. Tendón de Aquiles sano.

No existen diferencias significativas a nivel ecográfico entre una tendinopatía crónica severa y un desgarro interno (14). Se pueden encontrar ensanchamientos localizados del tendón. También se puede observar áreas hipoecoicas localizadas que dejan un color grisáceo y una irregularidad en la estructura de las fibras. Esto se ve con apariencia de tejido delgado, frágil o desorganizado, con una evidente pérdida de textura.

También puede aparecer una neovascularización asociada a cambios tendinosos (15). La distribución más frecuente es la parte medial del tendón sin alcanzar la parte lateral. Esto es posiblemente debido a una hiperpronación de la parte posterior del pie que provoca un aumento de la tensión en la parte medial del tendón. La siguiente más frecuente es la porción superficial del tercio medio del tendón, más asociada a una bursitis retrocalcánea (14) (Figura 3).

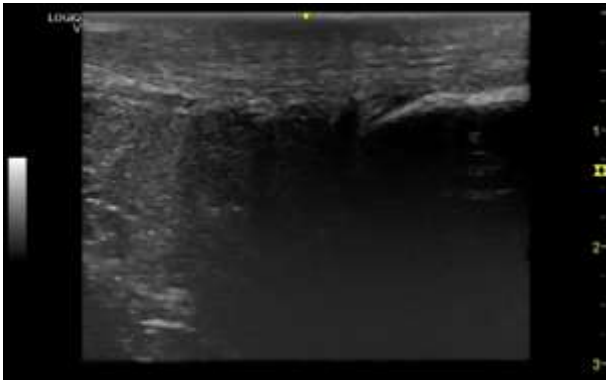


Figura 3. Tendón de Aquiles con tendinopatía.

Bakkegaard et al. (7) en su estudio observacional señalan que la heterogeneidad en el tejido del tendón de Aquiles se puede considerar un factor pronóstico a la hora de padecer tendinopatía aquilea. Así mismo el grosor del tendón (su disminución), la hipocogeneidad y el incremento de la actividad “*doppler*” pueden ser usados como parámetros de resultados objetivos.

En el estudio de Docking y Cook (16) en el que valoran ecográficamente tendones de Aquiles y rotulianos patológicos y sanos procedieron a su caracterización. Encuentran que los tendones patológicos compensan los efectos de su desorganización estructural incrementando el grosor del tendón. A ese aspecto engrosado se le une una convexidad en el borde anterior (17). Stecco et al. (18) encuentran en su estudio de imagen por comparación ultrasonográfica que los síntomas de patología aquilea pueden estar relacionados con un incremento del grosor del paratenon.

El área de sección transversal también parece encontrarse aumentado en los sujetos con tendinopatía Aquilea (19).

La evaluación ecográfica puede revelar separación de la estructura fibrilar, así como hipocogeneidad. También se puede apreciar la neovascularización al valorar la estructura con “*doppler*” (11). Se consideran que la escala modificada de cuatro grados de Öhberg es una herramienta reproducible para la evaluación de la neovascularización y la estructura del tendón (3).

También se pueden visualizar pequeñas lágrimas en tendones no sintomáticos con lesiones mecánicas, generalmente ubicadas en la porción medial (20).

Cassel et al. (21) encuentran que el 3% de los tendones de Aquiles de los adolescentes atletas que evalúan, 760 en total, con ecógrafo “*doppler*” longitudinal, presentaban signos de vascularidad.

El 0,7% de estos presenta signos de hipocogeneidad. Además estos cambios son más frecuentes en el sexo masculino que en el femenino de los sujetos evaluados.

El 97,3% de los tendones de Aquiles con tendinopatía investigados por Yang et al. (22) presentan neovascularización. En el 55,6% de esos tendones la neovascularización está asociada a la localización del engrosamiento.

Se ha comprobado que el lugar de máximo dolor y sensibilidad tiene una relación anatómica con la presencia de neovascularización en tendones de Aquiles con tendinopatía crónica recalcitrante (23).

En un estudio de evaluación ecográfica del tendón de Aquiles en reclutas militares se observa que tras 6 semanas de entrenamiento militar 13 tendones desarrollan una tendinopatía reactiva, de un total de 98 (49 voluntarios hombres) evaluados. De esos 13 tendones en 3 de ellos se encuentran cambios intratendinosos en su actividad “*doppler*”. En estos tendones, el dolor siempre está presente antes de la respuesta vascular del tendón de Aquiles. Ambos, dolor e hipervascularización se mantienen visibles hasta el final del entrenamiento militar básico (24).

Counsel et al. (25) encuentran a través de valoraciones ecográficas que los fascículos del Gastrocnemio medial y/o del músculo Sóleo están involucrados en el desarrollo de la tendinopatía aquilea en la mayor parte de los casos.

La detección de microvasos dentro del tendón de Aquiles en corredores sanos puede ser un factor pronóstico para desarrollar tendinopatía Aquilea no insercional (26). Igual que la imagen de un tendón engrosado (27). A este respecto hay que prestar especial atención puesto que por sí solo el tendón engrosado no tiene por qué ser indicativo de lesión. Un entrenamiento extenuante de alta intensidad como el “*Cross Fit*” puede producir un engrosamiento del tendón de Aquiles y/o rotuliano evidenciado por ultrasonografía (28) sin necesidad de mediar patología.

Tras una hora de carrera, el flujo microvascular aumenta de manera significativa en tendones de Aquiles sanos en la misma proporción que el incremento que sufren los tendones de Aquiles patológicos. Estos últimos siempre mantienen un nivel superior de microvascularización tanto antes como después de realizar ejercicio (29). No obstante, se recomienda evitar ejercicios que supongan carga para gemelo y sóleo o un aumento de la frecuencia cardíaca justo antes de una evaluación. De esta forma se busca evitar fallos en el diagnóstico. Puesto que el ejercicio previo a una exploración disminuye la señal “*doppler*” (30).

Usando la caracterización tisular ecográfica se encuentra un descenso de la integridad de los ambos tendones en los casos de tendinopatía aquilea unilateral (31).

De Jonge et al. (32) encuentran que los pacientes que padecen diabetes tipo 2 y posiblemente tipo 1 muestran una estructura ecográfica del tendón de Aquiles más pobre. Puede ser un factor de riesgo para desarrollar tendinopatía aquilea.

El volumen de neovascularización se muestra independiente del volumen del tendón de Aquiles en pacientes con tendinopatía aquilea (22). Parece ser que la neovascularización en la tendinopatía aquilea tiene una débil relación con la severidad clínica principalmente basada en el cuestionario VISA-A (33). Tampoco parece ser posible verificar asociación ninguna entre el flujo sanguíneo intratendinoso y el dolor (24, 34).

## Discusión

La literatura parece confirmar que la ecografía músculo esquelético es un método fiable intra evaluador, entre evaluadores con una y con dos mediciones, con un límite de acuerdo intra evaluador y error típico buenos (8). Se considera válido este método de exploración en el tendón de Aquiles (5).

La ecografía músculo esquelética por tanto mostraría una excelente confiabilidad como método de evaluación del tendón de Aquiles (4,8). La discrepancia estaría en la medida de la sección de área transversal por su inexactitud (10) debido entre otros factores a la presión de la sonda sobre el tejido (5).

En la evaluación del tendón de Aquiles no existiría diferencia entre el desgarró y la tendinopatía crónica (14). Si que aparecerían según los autores diferencias entre el tendón sano y lesionado, (7, 14-19). Los tendones normales serían hiperecócicos y tienen una ecoestructura fibrilar de tipo fibroso (6), mientras que los lesionados serían hipoeecócicos (7).

Destacan los autores que en tendones lesionados aparecería aumento un de actividad doppler (7, 11, 15, 21-22, 26) coincidiendo este incremento con la zona más dolorosa (23-24). Pero la mera presencia de neovascularización no tendría relación con la severidad clínica (33) y con el propio dolor (24-34). Esto concuerda con que la mejora de la sintomatología no tiene por qué asociarse a la mejora estructural del tendón (35).

También aparece un aumento de grosor (15-16), que puede ser diagnóstico (27) más no siempre es así (28). Aunque en este aspecto aparece discordante un artículo de Bakkegaard et al. donde determina que la disminución del grosor junto con la hipoeecogeneicidad y el incremento de la actividad “*doppler*” son determinantes en el diagnóstico (7).



Los microvasos en el tendón de Aquiles, por tanto puede ser considerados un factor pronóstico de tendinopatía Aquilea no insercional (26). Aunque la neovascularización tendría una débil relación con la severidad clínica según el cuestionario VISA-A (33). Tampoco se verificarían asociaciones entre el flujo sanguíneo intratendinoso y el dolor (24, 34).

La principal limitación de este estudio es el ser una revisión bibliográfica, más estudios revisiones sistemáticas y meta análisis sobre el tema serán necesarios en el futuro.

### Conclusiones

Podemos concluir que según la bibliografía encontrada la ecografía músculo esquelética sería un método válido y confiable para evaluar la tendinopatía aquilea.

Además, hay diferencias ecográficas entre el tendón sano y el tendón lesionado, más no parece diferenciarse éste entre una lesión crónica y un desgarro interno.

El engrosamiento del tendón y la presencia de neovascularización serían factores a tener en cuenta en el diagnóstico de la tendinopatía aquilea, pero su simple presencia no es determinante de la severidad clínica del paciente.

## Referencias

1. 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 Oct;45(13):1026-1028.
2. Chaudhry S, Morrissey D, Woledge RC, Bader DL, Screen H. Eccentric and concentric loading of the triceps surae: an in vivo study of dynamic muscle and tendon biomechanical parameters. *J Appl Biomech*. 2015;31(2):69-78.
3. Sunding K, Fahlström M, Werner S, Forssblad M, Willberg L. Evaluation of Achilles and patellar tendinopathy with greyscale ultrasound and colour Doppler: using a four-grade scale. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2014;1-9.
4. Del Baño-Aledo ME, Martínez-Payá JJ, Ríos-Díaz J, Mejías-Suárez S, Serrano-Carmona S, de Groot-Ferrando A. Ultrasound measures of tendon thickness: Intra-rater, Inter-rater and Inter-machine reliability. *Muscles Ligaments Tendons J*. 2017;7(1):192.
5. 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(1):73-82.
6. Martinoli C, Derchi LE, Pastorino C, Bertolotto M, Silvestri E. Analysis of echotexture of tendons with US. *Radiology* 1993 Mar;186(3):839-843
7. Bakkegaard M, Johannsen FE, Højgaard B, Langberg H. Ultrasonography as a prognostic and objective parameter in Achilles tendinopathy: A prospective observational study. *Eur J Radiol* 2015;84(3):458-462.
8. Johannsen F, Jensen S, Stallknecht SE, Olsen LO, Magnusson SP. Sonographic measurements of the achilles tendon, plantar fascia, and heel fat pad are reliable: A test-retest intra-and intertester study. *J. Clin. Ultrasound* 2016;44(8):480-486.
9. Cheng J, Tsai W, Yu T, Huang K. Reproducibility of sonographic measurement of thickness and echogenicity of the plantar fascia. *J. Clin. Ultrasound* 2012;40(1):14-19.
10. Bohm S, Mersmann F, Schroll A, Mäkitalo N, Arampatzis A. Insufficient accuracy of the ultrasound-based determination of Achilles tendon cross-sectional area. *J Biomech* 2016;49(13):2932-2937.
11. Hodgson RJ, O'Connor PJ, Grainger AJ. Tendon and ligament imaging. *Br J Radiol* 2012 Aug;85(1016):1157-1172.
12. Maffulli N, Regine R, Angelillo M, Capasso G, Filice S. Ultrasound diagnosis of Achilles tendon pathology in runners. *Br J Sports Med* 1987 Dec;21(4):158-162.
13. Nazarian LN, Rawool NM, Martin CE, Schweitzer ME. Synovial fluid in the hindfoot and ankle: detection of amount and distribution with US. *Radiology* 1995 Oct;197(1):275-278.
14. Chan O, Morton S, Pritchard M, Parkes T, Malliaras P, Crisp T, et al. Intratendinous tears of the Achilles tendon-a new pathology? Analysis of a large 4-year cohort. *Muscles Ligaments Tendons J* 2017;7(1):53.
15. Neuhold A, Stiskal M, Kainberger F, Schwaighofer B. Degenerative Achilles tendon disease: assessment by magnetic resonance and ultrasonography. *Eur J Radiol* 1992;14(3):213-220.
16. Docking S, Cook J. Pathological tendons maintain sufficient aligned fibrillar structure on ultrasound tissue characterization (UTC). *Scand J Med Sci Sports* 2015.
17. Calleja M, Connell DA. The Achilles tendon. *Semin Musculoskelet Radiol* 2010 Sep;14(3):307-322.
18. Stecco A, Busoni F, Stecco C, Mattioli-Belmonte M, Soldani P, Condino S, et al. Comparative ultrasonographic evaluation of the Achilles paratenon in symptomatic and asymptomatic subjects: an imaging study. *Surg Radiol Anat* 2014;37(3):281-285.
19. Arya S, Kulig K. Tendinopathy alters mechanical and material properties of the Achilles tendon. *J Appl Physiol* (1985) 2010 Mar;108(3):670-675.
20. Gibbon WW, Cooper JR, Radcliffe GS. Sonographic incidence of tendon microtears in athletes with chronic Achilles tendinosis. *Br J Sports Med* 1999 Apr;33(2):129-130.
21. Cassel M, Baur H, Hirschmüller A, Carlsohn A, Fröhlich K, Mayer F. Prevalence of Achilles and patellar tendinopathy and their association to intratendinous changes in adolescent athletes. *Scand J Med Sci Sports* 2015;25(3):e310-e318.
22. Yang X, Coleman DP, Pugh ND, Nokes LD. The volume of the neovascularity and its clinical implications in Achilles tendinopathy. *Ultrasound Med Biol* 2012;38(11):1887-1895.
23. Divani K, Chan O, Padhiar N, Twycross-Lewis R, Maffulli N, Crisp T, et al. Site of maximum neovascularisation correlates with the site of pain in recalcitrant mid-tendon Achilles tendinopathy. *Man Ther* 2010;15(5):463-468.
24. Mahieu N, Van Tiggelen D, De Muynck M, Dumalin M, Witvrouw E. Blood flow of the Achilles tendon during military training. *Int J Sports Med* 2010;31(12):901.
25. Counsel P, Comin J, Davenport M, Connell D. Pattern of Fascicular Involvement in Midportion Achilles Tendinopathy at Ultrasound. *Sports Health* 2015 Sep;7(5):424-428.
26. Hirschmuller A, Frey V, Konstantinidis L, Baur H, Dickhuth HH, Sudkamp NP, et al. Prognostic value of Achilles tendon Doppler sonography in asymptomatic runners. *Med Sci Sports Exerc* 2012 Feb;44(2):199-205.
27. Jhingan S, Perry M, O'Driscoll G, Lewin C, Teatino R, Malliaras P, et al. Thicker Achilles tendons are a risk factor to develop Achilles tendinopathy in elite professional soccer players. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal* 2011;1(2):51.

28. Fisker, F. Y., Kildegaard, S., Thygesen, M., Grosen, K. and Pfeiffer-Jensen, M. Acute tendon changes in intense CrossFit workout: an observational cohort study. *Scand J Med Sci Sports*, 2017 27: 1258-1262.
29. Pingel J, Harrison A, Simonsen L, Suetta C, Bulow J, Langberg H. The microvascular volume of the Achilles tendon is increased in patients with tendinopathy at rest and after a 1-hour treadmill run. *Am J Sports Med* 2013 Oct;41(10):2400-2408.
30. Malliaras P, Chan O, Simran G, Martinez de Albornoz P, Morrissey D, Maffulli N. Doppler ultrasound signal in Achilles tendinopathy reduces immediately after activity. *Int J Sports Med* 2012;33(6):480.
31. Docking, S. I., Rosengarten, S. D., Daffy, J., & Cook, J. Structural integrity is decreased in both Achilles tendons in people with unilateral Achilles tendinopathy. *J Sci Med Sport* 2015 18(4), 383-387.
32. De Jonge S, Rozenberg R, Vieyra B, Stam HJ, Aanstoot HJ, Weinans H, et al. Achilles tendons in people with type 2 diabetes show mildly compromised structure: an ultrasound tissue characterisation study. *Br J Sports Med* 2015 Aug;49(15):995-999.
33. De Jonge S, Warnaars J, De Vos R, Weir A, Schie H, Bierma-Zeinstra S, et al. Relationship between neovascularization and clinical severity in Achilles tendinopathy in 556 paired measurements. *Scand J Med Sci Sports* 2014;24(5):773-778.
34. Boesen AP, Boesen MI, Torp-Pedersen S, Christensen R, Boesen L, Holmich P, et al. Associations between abnormal ultrasound color Doppler measures and tendon pain symptoms in badminton players during a season: a prospective cohort study. *Am J Sports Med* 2012 Mar;40(3):548-555.
35. Jonge S de, Tol JL, Weir A, Waarsing JH, Verhaar JA. N, De Vos RJ. The Tendon Structure Returns to Asymptomatic Values in Nonoperatively Treated Achilles Tendinopathy but Is Not Associated with Symptoms: A Prospective Study. *Am J Sports Med*. 2015; 43(12):2950–2958.