

## SPECIAL COMMUNICATION

### Achilles tendinopathy and eccentric exercise, a narrative review

### Tendinopatía aquilea y ejercicio excéntrico, una revisión narrativa

Pedro Javier Martín LLantino<sup>1</sup>, Patricia Vázquez Rigueira<sup>1</sup>, David Rodríguez Sanz<sup>1</sup>, Carlos Romero Morales<sup>1</sup>, Cesar Calvo Lobo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de fisioterapia y podología. Grupo de investigación: Physical therapy & health sciences. Universidad Europea de Madrid. Villaviciosa de Odón, Madrid, España

<sup>2</sup> Departamento de fisioterapia Universidad de León. León, Castilla y León, España.

\* Correspondence: Pedro Javier Martín LLantino. Dirección: Calle San Mariano 52, 28022 Madrid. Teléfono: 626-036-855. Mail: [Pejamalla@Gmail.com](mailto:Pejamalla@Gmail.com)

#### Abstract

**Objectives:** The main objective of this bibliographical review is to know the most effective application according to the science of eccentric exercise (EE) when it comes to managing Aquilles Tendinopathy (AT). The secondary objectives are to know the differences between the sexes when receiving the treatment of eccentric exercise in the AT and to know the mechanism of action of EE in the AT.

**Methods:** A literature search was made in the PubMed database. The following terms were used: "Tendinopathy", "Tendinopathy treatment", "Tendinopathy eccentric", "Tendinopathy eccentric exercise", "Achilles tendinopathy", "Achilles tendinopathy treatment", "Achilles tendinopathy rehabilitation", "Achilles tendinopathy physical therapy", "Achilles tendinopathy exercise", "Achilles tendinopathy eccentric". We selected articles that provided methodological quality, scientific relevance, or a novel vision.

**Results:** We found articles that support the application of EE as a treatment for AT and the recommended dosage. We found several articles that theorize about the effects of EE on AT. An article was found that differentiates the effects of EE in men and women in AT.

**Conclusions:** EE is the treatment of choice in AT. The Alfredson protocol has the most scientific support. In the future it will be necessary to carry out studies of higher methodological quality on different exercise options. It is not clear what are the mechanisms of EE action in the TA. It is shown that the effects of EE in women are limited compared to men.

**Key Words:** Achilles tendon, Achilles tendinopathy, Review, Conservative treatment, Eccentric, Exercise therapy, Rehabilitation.

#### Resumen

**Objetivos:** El objetivo principal de esta revisión bibliográfica es conocer la aplicación más eficaz según la ciencia de ejercicio excéntrico (EE) a la hora de manejar la TA. Los objetivos secundarios son conocer las diferencias entre sexos al recibir el tratamiento de ejercicio excéntrico en la TA y conocer el mecanismo de acción del EE en la TA.

**Material y Métodos:** Se realizó una búsqueda bibliográfica en la base de datos PubMed. Se usaron los siguientes términos: "Tendinopathy", "Tendinopathy treatment", "Tendinopathy eccentric", "Tendinopathy eccentric exercise", "Achilles tendinopathy", "Achilles tendinopathy treatment", "Achilles tendinopathy rehabilitation", "Achilles tendinopathy physical therapy", "Achilles tendinopathy exercise", "Achilles tendinopathy eccentric". Se seleccionaron artículos que aportaban calidad metodológica, relevancia científica, o una visión novedosa.

**Resultados:** Se encontraron artículos que apoyan la aplicación de EE como tratamiento de la TA y la dosificación recomendada. Se encontraron varios artículos que teorizan sobre los efectos del EE en la TA. Se encontró un artículo que diferencia los efectos del EE en hombres y en mujeres en la TA.

**Conclusiones:** El EE sería el tratamiento de elección en una TA. El protocolo de Alfredson cuenta con la mayoría de los apoyos científicos. En el futuro será necesario realizar estudios de mayor calidad metodológica sobre diferentes opciones de ejercicio. No quedan claros cuáles son los mecanismos de acción del EE en la TA. Queda demostrado que los efectos del EE en las mujeres son limitados en comparación con los hombres.

**Palabras Clave:** Tendón de Aquiles, Tendinopatía aquilea, Revisión, Tratamiento conservador, Excéntrico, Terapia con ejercicio, Rehabilitación.

Received: 8 Nov 2017; Acept: 29 Nov 2017.

**Conflictos de Interés**  
Ninguno Declarado.

**Fuentes de Financiación**  
Ninguno Declarado.

## Introducción

La lesión tendinosa de Aquiles es el resultado de un proceso degeneración – reparación fallido causante de dolor y disminución de la función (1). Este síndrome aparecería cuando las actividades físicas sobrepasan la capacidad del tendón de repararse, es un proceso de sobrecarga continuada no exclusivo de deportistas (2).

En la actualidad se considera que entre el 30% y el 50% de las lesiones relacionadas con el deporte se centran en estructuras tendinosas (3,4), y este dato va en aumento en el tendón de Aquiles (4,5). La gran mayoría (75%) de los deportistas que sufren esta lesión se encuentra entre los 30 y los 49 años de edad (4-6).

Se estima que el 30% de los lesionados de tendinopatía aquilea (TA) son sedentarios (7,8). El número de lesiones aumentaría con la edad, y al igual que en la población deportista el rango de entre 30 y 50 años de edad sería el más afectado, encontrando ligeramente más incidencia entre los varones (9). En concreto se especula que podría existir una incidencia de 1,85 de cada 1000 pacientes registrados por médicos de cabecera, llegando a los 2,35 de cada 1000 en sujetos de entre 21 y 60 años de edad (10).

El objetivo principal de esta revisión bibliográfica es conocer la aplicación más eficaz según la ciencia de ejercicio excéntrico (EE) a la hora de manejar la TA. Los objetivos secundarios son conocer las diferencias entre sexos al recibir el tratamiento de ejercicio excéntrico en la TA y conocer el mecanismo de acción del EE en la TA.

## Material y Métodos

Se realizó una búsqueda bibliográfica en la base de datos PubMed que abarcó trabajos publicados desde enero de 1984 hasta octubre de 2017. En el proceso de búsqueda se usaron los siguientes términos: “Tendinopathy”, se obtuvieron 10063 resultados, “Tendinopathy treatment”, se obtuvieron 6858 resultados, “Tendinopathy eccentric”, se obtuvieron 383 resultados, “Tendinopathy eccentric exercise”, se obtuvieron 278 resultados, “Achilles tendinopathy”, se obtuvieron 1742 resultados, “Achilles tendinopathy treatment”, se obtuvieron 1169 resultados, “Achilles tendinopathy rehabilitation”, se obtuvieron 381 resultados, “Achilles tendinopathy physical therapy”, se obtuvieron 288 resultados, “Achilles tendinopathy exercise”, se obtuvieron 401 resultados, “Achilles tendinopathy eccentric”, se obtuvieron 210 resultados. Se seleccionaron aquellos artículos que aportaban calidad metodológica contrastable, relevancia científico-clínica, o una visión novedosa del tema.

## Resultados

Se encontraron diferentes puntos de vista en torno al régimen de contracción, duración e intensidad a la hora de aplicar ejercicio en la tendinopatía, y en la TA en concreto.

Bohm et al. realizaron un meta análisis de veintisiete estudios. Analizaban los efectos de la carga mecánica crónica en el tendón humano y encontraron que los tendones respondían al incremento de carga mecánica adaptando sus propiedades de manera mecánica, morfológica y material. Su conclusión fue que la carga que exigía una alta intensidad de contracción muscular conseguía adaptaciones tendinosas de forma más efectiva.

Las intervenciones de más de doce semanas resultaban más beneficiosas que aquellas de menor duración. Y no encontraron diferencias significativas para facilitar la adaptación tendinosa al aplicar contracción isométrica o contracción concéntrico-excéntrica, pero sí que el menos beneficioso era el entrenamiento pliométrico (11).

Parece que los estudios sobre EE poseen una mayor calidad metodológica a la hora de abordar la tendinopatía. Aunque esta evidencia no parece suficiente para afirmar que el EE es superior o inferior a otras formas de ejercicio (9,12).

En un estudio comparativo sobre la efectividad del ejercicio isométrico (EI) y el ejercicio isotónico sobre el manejo del dolor en la tendinopatía rotuliana se encontró utilidad en ambos protocolos y ausencia de diferencias significativas entre ambos (13). En cambio, otro estudio afirma encontrar mejores efectos inmediatos en el manejo del dolor en la tendinopatía rotuliana a favor del EJ enfrentado al ejercicio isotónico concéntrico-excéntrico (14). Otros beneficios del EI frente al isotónico que se han observado han sido un mayor efecto analgésico al menos tras cuarenta y cinco minutos y una mayor contracción concéntrica máxima voluntaria (15).

En TA parece que el EE reducía de forma inmediata el grosor del tendón más que el ejercicio concéntrico (EC). Aunque la recuperación de los valores iniciales sería de un tiempo similar en ambos supuestos (16). El EE ha demostrado iguales beneficios que la aplicación de ejercicio lento concéntrico-excéntrico de altas cargas. A las doce semanas de aplicarlo el ejercicio lento de altas cargas mostraba una mayor satisfacción entre los pacientes, aunque a las cincuenta y dos semanas esto cambiaba (17).

También se encontró que tras un periodo de seis semanas de EE de los músculos flexores plantares se reducía el nivel de rigidez. Situación que no ocurría entre sujetos sometidos a EC (18). La capacidad de salto a una pierna, la estructura tendinosa, o la adherencia obtuvieron resultados idénticos al enfrentar EE al EC (19).

### Inicios del ejercicio excéntrico en el tratamiento de la tendinopatía aquilea:

A mitad de los años ochenta del siglo XX Stanish introdujo el concepto de entrenamiento excéntrico como forma de rehabilitación de lesiones tendinosas (20). Una década después, Alfredson popularizaba su uso (21). Décadas después se sigue considerando el EE como la primera opción de tratamiento (22).

El modelo escandinavo de Alfredson arrojó superiores resultados (19,23) a otros protocolos de EE (9,24) en los que solo se alcanzaba un sesenta por ciento de éxito en deportistas (25) o en sedentarios (24).

Varios estudios sostienen que el protocolo de Alfredson es el método más efectivo (26,27). Un seguimiento a cinco años encontró que los resultados en el cuestionario VISA-A entre pacientes sometidos al protocolo de Alfredson incrementaban significativamente su puntuación y que su grosor del tendón de Aquiles disminuía (28).

La principal diferencia entre el método de Alfredson y el de Stanish era que el segundo recomendaba no llegar al dolor (20) y el primero realizaba el ejercicio incluso a través del dolor (21).

### Parámetros de aplicación del entrenamiento excéntrico en la tendinosis aquilea:

Se desconoce la dosificación óptima tanto en intensidad, velocidad y volumen de aplicación del EE como tratamiento de la TA. Y Se desconoce la duración del tratamiento más adecuada.

Además la realización de estos ejercicios causa disconfort entre los pacientes. Sólo parece haber conocimiento que su utilidad es superior en el tratamiento de la TA no insercional que en la insercional (29).

Stanish proponía un programa de seis semanas, una vez por día, en donde se realizaba EE. Esto producía un alivio completo del dolor en el 44% de los casos y una mejora de los síntomas de los pacientes del 43% (20). Tabla 1.

En el año noventa y ocho, Tabla 1. Alfredson propone un protocolo de EE de doce semanas, todos los días de la semana, dos veces al día. Para ello se tenía que completar un total de seis series en cada ocasión. Tres de las series se realizaría en posición erguida con extensión de rodilla y las otras tres series en posición erguida con flexión de rodilla. Cada una de las series contaría con 15 repeticiones. Se realizarían incrementos de 5 kg de peso al completar las seis series sin dolor (21).

Parece que el protocolo de Alfredson tendría la evidencia más fuerte aunque otros protocolos ofrecen resultados similares pero poseen una metodología más débil (30). Otros autores ponen en duda su eficacia al considerarlo duro en exceso para sujetos no entrenados al obligar a estos a realizar 180 repeticiones por día. Al comparar este volumen de trabajo del protocolo de Alfredson y un protocolo de repeticiones toleradas por los participantes durante seis semanas se ha encontrado que el protocolo de repeticiones toleradas no tenía menos mejoras que el protocolo de Alfredson tanto en los resultados de la escala visual analógica (EVA) (Visual Analogic Scale (VAS)) como en los resultados del cuestionario VISA-A, y tampoco se han encontrado efectos adversos en este protocolo de repeticiones toleradas (31). Una dosificación también menor a la del protocolo de Alfredson (2 sesiones de EE a la semana) parece conseguir los mismos efectos que el protocolo de dos sesiones diarias (32).

Ejercicio excéntrico y su relación con el sexo del paciente de tendinosis aquilea: No parece haber relación entre el sexo y las propiedades mecánicas y estructurales del tendón de Aquiles (33). La fuerza muscular sí parece ser determinante. Se sometió a EE a pacientes de TA no insercional de ambos sexos durante doce semanas. Se midió el dolor a través de la escala VAS, se realizó el cuestionario VISA-A y el cuestionario Foot Ankle Outcome Score (FAOS), se midió el flujo sanguíneo capilar, la saturación de O<sub>2</sub> y la presión venosa post capilar. El dolor se redujo un 44% en hombres y un 27% en mujeres.

Las respuestas al cuestionario VISA – A mejoró un 27% en hombres y tan solo un 20% en mujeres.

El cuestionario FAOS solo arrojó mejoras en uno de los cinco puntos en las mujeres. Tanto la microcirculación como la presión post capilar venosa y la oxigenación fueron inconcluyentes en ambos sexos. Se concluyó que las mujeres sintomáticas no obtienen tanto beneficio como los hombres de un programa de doce semanas de EE en los músculos flexores plantares de tobillo (34).

Mecanismos de acción del entrenamiento excéntrico en la tendinosis aquilea: Los mecanismos de acción del EE sobre la TA no están suficientemente conocidos. Algunos autores lanzan sus hipótesis sobre su explicación.

Se ha propuesto que las cargas excéntricas puedan ser responsables de generar mayores fuerzas que las concéntricas. Esto produciría un mayor estímulo de remodelación (20,35). También se plantea la posibilidad de que se produzca un incremento en la longitud de las fibras en el tendón de Aquiles como mecanismo curativo (26,36). Se ha observado que durante la carga excéntrica se produce una compresión temporal sobre la neovascularización que se encuentra frecuentemente asociada a cambios de generativos en la TA. Aunque no existe ninguna evidencia que demuestre que este sea el motivo del éxito del EE sí existen datos que sugieren que este tipo de contracción sería responsable en parte de la normalización a largo plazo del tendón (27).

Se ha observado que un programa de EE diario durante doce semanas reducía el incremento del flujo sanguíneo capilar para tendinoso en un 45% y disminuía el nivel de dolor en escala VAS en la TA. La oxigenación local del paratendón se preservó y su presión venosa postcapilar se redujo. Esto sería beneficioso desde el punto de vista de la microcirculación (37).

Se ha encontrado que el pico de fuerza en el tendón era de similar magnitud al aplicar EC como EE, esto significaría que la magnitud de la fuerza del EE no resulta factor suficiente para producir mejora en la TA. Los cambios de longitud durante el EC y el EE tuvieron magnitudes equivalentes.

La principal diferencia encontrada en la realización de EE fue la existencia de fluctuaciones en las curvas de fuerza mientras se realizaba el EE parecidas a las encontradas al realizar ejercicios de precisión con cargas muy altas. Se podría sugerir que estas fluctuaciones en la fuerza tendrían relación con su éxito (38).

Cambios en la arquitectura músculo tendinosa tras el entrenamiento excéntrico en la tendinosis aquilea: Se realizó un estudio de seis semanas de EE de los flexores plantares en pacientes con TA durante seis semanas. Se realizó un trabajo de tres series de quince repeticiones con la máxima carga capaz de mover el músculo (3X15RM). A esto se le añadió un protocolo para TA. Los pacientes fueron evaluados ecográficamente cada dos semanas desde el inicio hasta el final del estudio. Se ecografió el grosor y la longitud de los fascículos de Gastrocnemio Medial (GM), y Gastrocnemio Lateral (GL). Después de las seis semanas la longitud del GM resultó incrementada en un 12%, siendo este el dato que podría justificar la mejora de los pacientes (39).

Otro dato observado tras realizar un protocolo de EE es que los cambios inmediatos en la estructura tendinosa se producían concretamente en el extremo distal del tendón de Aquiles y estos resultaban muy vulnerables a los cambios de ejercicio si se comparaban con la aponeurosis de gastrocnemio o del tendón (40).

## Discusión

Tras analizar los estudios que abordan el ejercicio como herramienta terapéutica en la TA, parece que los estudios sobre la aplicación de EE contarían con la mayor calidad metodológica (9,12).

La metodología investigadora es superior en el trabajo de Alfredson (30) y en el enfrentamiento de los protocolos de alto volumen e intensidad incremental a través de la barrera del dolor (21) contra la visión de un trabajo sin dolor (20) y reducción del volumen de trabajo total (31,32) los resultados ofrecidos por estos estudios fueron más ineficientes (20).

Los mecanismos de acción no quedan claros. El motivo del éxito del EE parece ser que genera mayores cargas que otros tipos de ejercicio (20,35), aunque también parece tener relación la existencia de fluctuaciones en la curva de fuerza (38).

## Conclusiones

La literatura parece indicar que el EE sería el tratamiento de elección en una TA. El protocolo de Alfredson cuenta con la mayoría de los apoyos científicos (21). Aún así en el futuro será necesario realizar estudios de mayor calidad metodológica realizados sobre diferentes opciones de ejercicio. No queda claro cuál o cuáles son los mecanismos de acción del EE en la TA dejando una ventana abierta a nuevas investigaciones. Queda demostrado que los efectos del EE en las mujeres son limitados en comparación con los hombres.

## References

1. Maffulli N, Kader D. Tendinopathy of tendo achillis. *Journal of Bone and Joint Surgery -British volume-* 2002;84(1):1-8.
2. McCrory JL, Martin DF, Lowery RB, Cannon DW, Curl WW, Read HM, Jr, et al. Etiologic factors associated with Achilles tendinitis in runners. *Med Sci Sports Exerc* 1999 Oct;31(10):1374-1381.
3. Kvist M. Achilles tendon injuries in athletes. *Sports Medicine* 1994;18(3):173-201.
4. Järvinen TA, Kannus P, Maffulli N, Khan KM. Achilles tendon disorders: etiology and epidemiology. *Foot Ankle Clin* 2005;10(2):255-266.
5. Houshian S, Tscherning T, Riegels-Nielsen P. The epidemiology of Achilles tendon rupture in a Danish county. *Injury* 1998;29(9):651-654.
6. Raikin SM, Garras DN, Krapchev PV. Achilles tendon injuries in a United States population. *Foot Ankle Int* 2013 Apr;34(4):475-480.
7. Rolf C, Movin T. Etiology, histopathology, and outcome of surgery in achillodynia. *Foot Ankle Int* 1997 Sep;18(9):565-569.
8. Ames PRJ, Longo UG, Denaro V, Maffulli N. Achilles tendon problems: not just an orthopaedic issue. *Disabil Rehabil* 2008;30(20-22):1646-1650.
9. Rompe JD, Nafe B, Furia JP, Maffulli N. Eccentric loading, shock-wave treatment, or a wait-and-see policy for tendinopathy of the main body of tendo Achillis: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med* 2007 Mar;35(3):374-383.
10. 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.
11. Bohm S, Mersmann F, Arampatzis A. Human tendon adaptation in response to mechanical loading: a systematic review and meta-analysis of exercise intervention studies on healthy adults. *Sports Medicine-Open* 2015;1(1):1-18.
12. Silbernagel K, Thomee R, Thomee P, Karlsson J. Eccentric overload training for patients with chronic Achilles. *Scand J Med Sci Sports* 2001;11
13. Van Ark M, Cook JL, Docking SI, Zwerver J, Gaida JE, van den Akker-Scheek I, et al. Do isometric and isotonic exercise programs reduce pain in athletes with patellar tendinopathy in-season? A randomised clinical trial. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2016;19(9):702-706.
14. Rio E, van Ark M, Docking S, Moseley GL, Kidgell D, Gaida JE, et al. Isometric Contractions Are More Analgesic Than Isotonic Contractions for Patellar Tendon Pain: An In-Season Randomized Clinical Trial. *Clin J Sport Med* 2017 May;27(3):253-259.
15. Rio E, Kidgell D, Purdam C, Gaida J, Moseley GL, Pearce AJ, et al. Isometric exercise induces analgesia and reduces inhibition in patellar tendinopathy. *Br J Sports Med* 2015 Oct;49(19):1277-1283.
16. Grigg NL, Wearing SC, Smeathers JE. Eccentric calf muscle exercise produces a greater acute reduction in Achilles tendon thickness than concentric exercise. *Br J Sports Med* 2009 Apr;43(4):280-283.
17. Beyer R, Kongsgaard M, Kjær BH, Øhlenschläger T, Kjær M, Magnusson SP. Heavy Slow Resistance Versus Eccentric Training as Treatment for Achilles Tendinopathy A Randomized Controlled Trial. *Am J Sports Med* 2015;0363546515584760.
18. Morrissey D, Roskilly A, Twycross-Lewis R, Isinkaye T, Screen H, Woledge R, et al. The effect of eccentric and concentric calf muscle training on Achilles tendon stiffness. *Clin Rehabil* 2011 Mar;25(3):238-247.
19. Mafi N, Lorentzon R, Alfredson H. Superior short-term results with eccentric calf muscle training compared to concentric training in a randomized prospective multicenter study on patients with chronic Achilles tendinosis. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 2001;9(1):42-47.
20. Stanish W, Rubinovich R, Curwin S. Eccentric exercise in chronic tendinitis. *Clin Orthop* 1986;208:65-68.
21. Alfredson H, Pietila T, Jonsson P, Lorentzon R. Heavy-load eccentric calf muscle training for the treatment of chronic Achilles tendinosis. *Am J Sports Med* 1998 May-Jun;26(3):360-366.
22. Alfredson H. Clinical commentary of the evolution of the treatment for chronic painful mid-portion Achilles tendinopathy. *Brazilian journal of physical therapy* 2015(AHEAD):0-0.
23. Roos EM, Engström M, Lagerquist A, Söderberg B. Clinical improvement after 6 weeks of eccentric exercise in patients with mid-portion Achilles tendinopathy—a randomized trial with 1-year follow-up. *Scand J Med Sci Sports* 2004;14(5):286-295.
24. Sayana MK, Maffulli N. Eccentric calf muscle training in non-athletic patients with Achilles tendinopathy. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2007;10(1):52-58.
25. Maffulli N, Walley G, Sayana MK, Longo UG, Denaro V. Eccentric calf muscle training in athletic patients with Achilles tendinopathy. *Disabil Rehabil* 2008;30(20-22):1677-1684.
26. Nørregaard J, Larsen C, Bieler T, Langberg H. Eccentric exercise in treatment of Achilles tendinopathy. *Scand J Med Sci Sports* 2007;17(2):133-138.
27. Ohberg 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 Feb;38(1):8-11; discussion 11.
28. Van der Plas A, de Jonge S, de Vos RJ, van der Heide HJ, Verhaar JA, Weir A, et al. A 5-year follow-up study of Alfredson's heel-drop exercise programme in chronic midportion Achilles tendinopathy. *Br J Sports Med* 2012 Mar;46(3):214-218.
29. Fahlström M, Jonsson P, Lorentzon R, Alfredson H. Chronic Achilles tendon pain treated with eccentric calf-muscle training. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy* 2003;11(5):327-333.

30. Habets B, Cingel R. Eccentric exercise training in chronic mid-portion Achilles tendinopathy: A systematic review on different protocols. *Scand J Med Sci Sports* 2015;25(1):3-15.
31. Stevens M, Tan C. Effectiveness of the alfredson protocol compared with a lower repetition-volume protocol for midportion Achilles tendinopathy: a randomized controlled trial. *journal of orthopaedic & sports physical therapy* 2014;44(2):59-67.
32. Tumilty S, Mani R, Baxter GD. Photobiomodulation and eccentric exercise for Achilles tendinopathy: a randomized controlled trial. *Lasers in medical science* 2016;31(1):127-135.
33. Morrison SM, Dick TJ, Wakeling JM. Structural and mechanical properties of the human Achilles tendon: Sex and strength effects. *J Biomech* 2015.
34. Knobloch K, Schreibmueller L, Kraemer R, Jagodzinski M, Vogt PM, Redeker J. Gender and eccentric training in Achilles mid-portion tendinopathy. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 2010;18(5):648-655.
35. Fyfe I, Stanish WD. The use of eccentric training and stretching in the treatment and prevention of tendon injuries. *Clin Sports Med* 1992 Jul;11(3):601-624.
36. Mahieu N, Cools A, De Wilde B, Boon M, Witvrouw E. Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on the plantar flexor muscle-tendon tissue properties. *Scand J Med Sci Sports* 2009;19(4):553-560.
37. Knobloch K, Kraemer R, Jagodzinski M, Zeichen J, Meller R, Vogt PM. Eccentric training decreases paratendon capillary blood flow and preserves paratendon oxygen saturation in chronic Achilles tendinopathy. *journal of orthopaedic & sports physical therapy* 2007;37(5):269-276.
38. Rees JD, Lichtwark GA, Wolman RL, Wilson AM. The mechanism for efficacy of eccentric loading in Achilles tendon injury; an in vivo study in humans. *Rheumatology (Oxford)* 2008 Oct;47(10):1493-1497.
39. Crill MT, Berlet G, Hyer C. Plantar flexor muscle architecture changes as a result of eccentric exercise in patients with Achilles tendinosis. *Foot Ankle Spec* 2014 Dec;7(6):460-465.