



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
POSGRADO EN SALUD INTEGRAL Y MOVIMIENTO HUMANO  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
ESCUELA CIENCIAS DEL MOVIMIENTO HUMANO Y CALIDAD DE VIDA**

**EFECTO DE LOS EJERCICIOS EXCÉNTRICOS SOBRE LA  
FUERZA MUSCULAR Y EL DOLOR EN SUJETOS CON  
LESIONES MÚSCULO ESQUELÉTICAS DE LA  
EXTREMIDAD INFERIOR: METAANÁLISIS**

**Juan Carlos Meneses Garita**

Tesis sometida a la consideración del Tribunal Examinador del Posgrado en Salud Integral y Movimiento Humano con énfasis en salud, para optar al grado de Magíster Scientiae

Campus Presbítero Benjamín Núñez, Heredia, Costa Rica

2022

EFFECTO DE LOS EJERCICIOS EXCÉNTRICOS SOBRE LA FUERZA MUSCULAR Y  
EL DOLOR EN SUJETOS CON LESIONES MÚSCULO ESQUELÉTICAS DE LA  
EXTREMIDAD INFERIOR: METAANÁLISIS

JUAN CARLOS MENESES GARITA

Tesis sometida a la consideración del Tribunal Examinador del Posgrado en Salud Integral y Movimiento Humano con énfasis en salud, para optar al grado de Magíster Scientiae. Cumple con los requisitos establecidos por el Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad Nacional.

Heredia, Costa Rica

## **Miembros del Tribunal Examinador**

---

Dr. José Vega Baudrit  
Representante del Consejo Central de Posgrado

---

M.Sc. Luis Blanco Romero  
Coordinador del posgrado o su representante

---

Ph.D. Luis Solano Mora  
Tutor de tesis

---

M.Sc. Jose Alexis Ugalde Ramírez  
Miembro del Comité Asesor

---

Ph.D. Braulio Sánchez Ureña  
Miembro del Comité Asesor

---

Lic. Juan Carlos Meneses Garita  
Sustentante

Tesis sometida a la consideración del Tribunal Examinador del Posgrado en Salud Integral y Movimiento Humano con énfasis en salud, para optar al grado de Magíster Scientiae. Cumple con los requisitos establecidos por el Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad Nacional.  
Heredia, Costa Rica.

## Resumen

*El objetivo de este estudio fue metaanalizar los resultados reportados en trabajos científicos de los efectos de las intervenciones de los ejercicios excéntricos en sujetos con lesiones músculo esqueléticas de la extremidad inferior sobre la fuerza muscular y el dolor. Se realizó una búsqueda de bibliografía en siete bases de datos (Pubmed, Academic Search Ultimate, Rehabilitation & Sports Medicine Source, Science Direct, Scopus, SPORTDiscus y Springer). Se encontraron un total de 1368 estudios y se seleccionaron 19 estudios para los metaanálisis aplicando la técnica intra-grupos. Se calcularon los tamaños de efecto individuales, se corrigieron los tamaños de efecto y las varianzas. Se calcularon los tamaños de efecto globales para modelos de efectos aleatorios. Se obtuvieron los intervalos de confianza (IC) al 95% y el valor Z para determinar la significancia de los resultados. Se calculó la heterogeneidad mediante  $Q$  y  $I^2$ .*

*Los principales resultados de este estudio indican un efecto significativo de las intervenciones de los ejercicios excéntricos sobre el dolor [TE= -1.6, IC95% (-2, -1.2), Z= -7.6,  $I^2$ = 87%] y la fuerza muscular [TE= 0.9, IC95% (0.5, 1.2), Z= 5.02,  $I^2$ = 69%]. Además, se evidenció heterogeneidad en los resultados, encontrando que si bien en todos los grupos que realizaron ejercicio excéntrico tuvieron buenos resultados independientemente del género y el tipo de lesión, las lesiones del LCA y el género masculino presentaron tamaños de efecto más grandes para la disminución del dolor, mientras que para la fuerza muscular no hubo diferencias entre los grupos. Asimismo, intervenciones de 12 semanas tuvieron un mejor efecto para la disminución del dolor, mientras que 6 semanas de intervención con una frecuencia de 3 veces por semana dieron como resultado mayores ganancias en la fuerza muscular.*

*En conclusión, las intervenciones que involucran a los ejercicios excéntricos como medio de tratamiento tienen un efecto significativo sobre la fuerza muscular y el dolor en sujetos con tendinopatías de Aquiles, tendinopatías patelares y lesiones del LCA, siendo este efecto mayor en personas de menor edad en comparación con personas de mayor edad.*

## Abstract

*The objective of this study was to meta-analyze the results reported in scientific papers on the effects of eccentric exercise interventions in subjects with musculoskeletal injuries of the lower extremity on muscle strength and pain. A literature search was performed in seven databases (Pubmed, Academic Search Ultimate, Rehabilitation & Sports Medicine Source, Science Direct, Scopus, SPORTDiscus and Springer). A total of 1,368 studies were found and 19 studies were selected for meta-analysis using the within-group technique. Individual effect sizes were calculated, effect sizes and variances corrected. Overall effect sizes were calculated for random effects models. Confidence intervals (CI) at 95% and the Z value were obtained to determine the significance of the results. Heterogeneity was calculated using Q and I<sup>2</sup>.*

*The main results of this study indicate a significant effect of eccentric exercise interventions on pain [ES= -1.6, CI95% (-2, -1.2), Z= -7.6, I<sup>2</sup>= 87%] and muscle strength [ES= 0.9, CI95% (0.5, 1.2), Z= 5.02, I<sup>2</sup>= 69%]. In addition, heterogeneity was evidenced in the results, finding that although all the groups that performed eccentric exercise had good results regardless of gender and type of injury, ACL injuries and the male gender presented larger effect sizes for the decrease for pain, while for muscle strength there were no differences between the groups. Likewise, 12-week interventions had a better effect for pain reduction, while 6 weeks of intervention with a frequency of 3 times per week resulted in greater gains in muscle strength.*

*In conclusion, interventions involving eccentric exercises as a means of treatment have a significant effect on muscle strength and pain in subjects with Achilles tendinopathies, patellar tendinopathies and ACL injuries, this effect being greater in younger people in comparison with older people.*

## **Agradecimiento**

A todos los profesores de la Maestría en Salud Integral y Movimiento Humano y en especial a todos los miembros del comité asesor de mi trabajo final de graduación, quienes con su conocimiento y profesionalismo fueron de gran ayuda durante todo el proceso de la realización de este trabajo.

## **Dedicatoria**

A toda mi familia, y en especial a mi madre por su apoyo, sus enseñanzas y porque sin ella  
no sería quien soy

## Índice

<b>Capítulo I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
Planteamiento y delimitación del problema:.....	1
Justificación: .....	2
Objetivo .....	6
Hipótesis: .....	6
Conceptos claves: .....	7
<b>Capítulo II. MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>8</b>
1. El músculo.....	8
2. Contracción muscular.....	9
2.1 Tipos de contracción muscular.....	10
3. Ejercicios excéntricos.....	11
3.1 Teoría del filamento deslizante y el papel de la titina durante la realización de ejercicios excéntricos.....	12
3.2 Evidencia en el ámbito de los ejercicios excéntricos .....	13
4. Lesiones del tejido blando y fases de curación de los tejidos .....	14
5. Tendinopatías (fisiopatología y factores de riesgo) .....	18
6. Articulación de la rodilla y el ligamento cruzado anterior (LCA) .....	22
6.1 Ligamento anterolateral (LAL) .....	24
7. Dolor .....	24
7.1 Instrumentos de evaluación del dolor.....	26
8. Fuerza muscular .....	28
8.1 Rol de los ejercicios excéntricos en la fuerza muscular .....	29
8.2 Instrumentos de evaluación de la fuerza muscular .....	30
<b>Capítulo III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>32</b>
1. Tipo de estudio .....	32
2. Fuentes de información .....	32
3. Proceso de búsqueda .....	34
4. Análisis estadístico.....	38
<b>Capítulo IV. RESULTADOS.....</b>	<b>44</b>
<b>Capítulo V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>71</b>
<b>Capítulo VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>77</b>
<b>Capítulo VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>78</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>79</b>

## Lista de cuadros

<b>Cuadro 1.</b> Diferencias entre contracciones excéntricas y concéntricas.....	10
<b>Cuadro 2.</b> Fases de la curación de los tejidos blandos .....	16
<b>Cuadro 3.</b> Clasificación de las variables según su función o naturaleza.....	37
<b>Cuadro 4.</b> Clasificación de las variables según su nivel de medición.....	37
<b>Cuadro 5.</b> Variables dependientes y sus instrumentos de evaluación .....	38
<b>Cuadro 6.</b> Revisiones sistemáticas encontradas sobre el ejercicio excéntrico en lesiones músculo esqueléticas de la extremidad inferior.....	45
<b>Cuadro 7.</b> Estudios incluidos dentro de este metaanálisis y su aparición en las distintas revisiones sistemáticas encontradas sobre ejercicios excéntricos .....	46
<b>Cuadro 8.</b> Características metodológicas y principales resultados de las intervenciones del ejercicio excéntrico sobre el dolor y la fuerza muscular .....	48
<b>Cuadro 9.</b> Resultados de los metaanálisis del efecto del ejercicio excéntrico sobre el dolor y la fuerza muscular en los grupos experimentales y grupos controles .....	55
<b>Cuadro 10.</b> Análisis de varianza análogo de variables moderadoras .....	59
<b>Cuadro 11.</b> Análisis de regresión de mínimos cuadrados ponderados para las variables moderadoras continuas .....	62
<b>Cuadro 12.</b> Resultados de pruebas de sensibilidad de los metaanálisis .....	69
<b>Cuadro 13.</b> Resultados de pruebas de sensibilidad de los metaanálisis al eliminar estudios que no fueran controlados ni aleatorizados .....	70
<b>Cuadro 14.</b> Evaluación de la calidad de los estudios mediante la escala PEDro .....	107
<b>Cuadro 15.</b> Análisis de varianza análogo de variables moderadoras en grupos experimentales y controles que no evidenciaron diferencias entre sus categorías .....	108
<b>Cuadro 16.</b> Análisis de regresión de mínimos cuadrados ponderados para las variables moderadoras que no tuvieron un efecto moderador sobre los tamaños de efecto .....	109

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Estructura del músculo esquelético.....	9
<b>Figura 2.</b> Modelo continuo de la patología del tendón.....	21
<b>Figura 3.</b> Diagrama de flujo sobre proceso de identificación, filtración y elección de artículos para el metaanálisis.....	36
<b>Figura 4.</b> Forest plot de TEic y TEpp del ejercicio excéntrico sobre el dolor en los grupos experimentales .....	56
<b>Figura 5.</b> Forest plot de TEic y TEppg del ejercicio excéntrico sobre la fuerza muscular en los grupos experimentales .....	57
<b>Figura 6.</b> Análisis de variables moderadoras categóricas (género) para los grupos experimentales en la variable dolor .....	61
<b>Figura 7.</b> Análisis de variables moderadoras categóricas (tipo de lesión) para los grupos experimentales en la variable dolor .....	61
<b>Figura 8.</b> Análisis de variables moderadoras continuas (edad) para los grupos experimentales en la variable dolor. ....	63
<b>Figura 9.</b> Análisis de variables moderadoras continuas (duración de la intervención en semanas) para los grupos experimentales en la variable dolor.....	64
<b>Figura 10.</b> Análisis de variables moderadoras continuas (edad) para los grupos experimentales en la variable fuerza muscular.....	64
<b>Figura 11.</b> Análisis de variables moderadoras continuas (duración de la intervención en semanas) para los grupos experimentales en la variable fuerza muscular .....	65
<b>Figura 12.</b> Análisis de variables moderadoras continuas (frecuencia por semana del tratamiento) para los grupos experimentales en la variable fuerza muscular.....	65
<b>Figura 13.</b> Funnel plot del metaanálisis de los estudios experimentales para la variable dolor.....	66
<b>Figura 14.</b> Funnel plot del metaanálisis de los estudios controles para la variable dolor ...	67
<b>Figura 15.</b> Funnel plot del metaanálisis de los estudios experimentales para la variable fuerza muscular.....	67
<b>Figura 16.</b> Funnel plot del metaanálisis de los estudios controles para la variable fuerza muscular.....	68

## **Lista de abreviaturas**

ACSM: American College of Sports Medicine

Bne: beta no estandarizado

DC: variable dolor para grupos controles

DE: variable dolor para grupos experimentales

FMC: variable fuerza muscular para grupos controles.

FME: variable fuerza muscular para grupos experimentales

gl: grados de libertad

HSR: heavy slow resistance training

IASP: International Association for the Study of Pain

J: joule

LAL: ligamento anterolateral

LCA: ligamento cruzado anterior

Nm: Newton-metro

OC: ondas de choque

PRP: plasma rico en plaquetas

PT: peak torque (torque máximo)

RM: repetición máxima

Sj: error típico corregido

TE: tamaño de efecto

US: ultrasonido

W: watt

## **Descriptores**

Ejercicio excéntrico, fuerza muscular, dolor, ligamento cruzado anterior, tendinopatías

# Capítulo I

## INTRODUCCIÓN

### **Planteamiento y delimitación del problema:**

Las lesiones músculo esqueléticas de las extremidades inferiores, generan distintas alteraciones que inciden de forma negativa en la funcionalidad, indistintamente del grupo etario al que pertenece la persona o del mecanismo de lesión (Lim y Wong, 2018). Aspectos como la presencia del dolor y la pérdida de la fuerza muscular son componentes que se asocian con disminución de la capacidad funcional, provocando que las personas eviten realizar tanto actividad como ejercicio físico (Wasielewski y Kotsko, 2007).

Los músculos esqueléticos tienen una longitud óptima para producir tensión, no obstante, se pueden presentar lesiones cuando los músculos se activan y se alargan a longitudes mayores que las óptimas (Brughelli et al., 2009). A nivel terapéutico se dispone de distintas intervenciones que mejoran esta condición entre las cuales se pueden encontrar aplicaciones de medios físicos, técnicas manuales, así como el ejercicio terapéutico, siendo este último uno de los recursos más utilizados para el abordaje de las lesiones músculo esqueléticas (Woitzik et al., 2015).

Las adaptaciones del músculo esquelético dependerán de los estímulos que se le impongan (dos Santos et al., 2011). Un tejido solo tendrá la capacidad de apenas exceder la carga que se coloca sobre él. Si la carga disminuye, la capacidad del tejido disminuirá, asimismo, si la carga aumenta la capacidad del tejido aumentará (Cook y Docking, 2015). En relación con los ejercicios excéntricos, estos han sido considerados como ejercicios y estímulos que pueden favorecer a los tejidos blandos ante una lesión, involucrando mecánicamente al músculo (Bridgeman, 2015), produciendo cambios neuromusculares, morfológicos y fisiológicos, ya que estos componentes se alteran negativamente después de una lesión (Lepley y Butterfield, 2017).

Murphy et al. (2019), establecieron a partir de una revisión sistemática con metaanálisis que los ejercicios excéntricos para la tendinopatía de Aquiles fueron superiores que la fisioterapia tradicional, en cuanto a la disminución del dolor y la capacidad funcional, sin embargo su efecto no fue mayor al compararlos con otras modalidades de ejercicios, por lo que la respuesta de los ejercicios excéntricos sobre la fuerza muscular y el dolor en participantes que presentan una lesión músculo esquelética no es clara, ya que mientras algunos estudios revelan la importancia y una respuesta positiva ante estos (Alfredson et al., 1998; Gerber et al., 2009; Horstmann et al., 2013; Jonsson y Alfredson, 2005; Yu et al., 2013), otros evidencian que no existen cambios significativos al compararlos con otros ejercicios terapéuticos (Beyer et al., 2015) o con otras intervenciones como el ultrasonido, inyecciones de plasma rico en plaquetas o las ondas de choque (Chester et al., 2008; Kearney et al., 2013; Rompe et al., 2007).

Por otra parte, se ha establecido que existe un mayor beneficio con intervenciones como la acupuntura (Zhang et al., 2013) e incluso las ondas de choque en comparación con los ejercicios excéntricos (Rompe et al., 2008), lo cual difiere con el estudio de Rompe et al. (2007), por lo cual, considerando todo lo anterior surge la necesidad de metaanalizar la evidencia científica existente acerca del efecto de los ejercicios excéntricos sobre la fuerza muscular y el dolor en sujetos con lesiones músculo esqueléticas de la extremidad inferior, obteniendo así resultados que permitan contestar la siguiente pregunta:

¿Cuál es el efecto de los ejercicios excéntricos sobre la fuerza muscular y el dolor en sujetos con lesiones músculo esqueléticas de la extremidad inferior?

### **Justificación:**

El músculo esquelético es un tejido con gran adaptación, en el cual la respuesta que se genera a nivel muscular producto del ejercicio está relacionada con la frecuencia, intensidad y duración, así como al tipo de ejercicio que se realice (ejercicio excéntrico, concéntrico o isométrico) (Frimpong, 2013). Del mismo modo, los músculos esqueléticos reciben información mecánica y convierten este estímulo en eventos bioquímicos promoviendo la síntesis de proteínas (Hedayatpour y Falla, 2015), por lo que el ejercicio permite la recuperación de la función muscular producto de la tensión (Lepley y Butterfield, 2017).

Por su parte, el tendón es la estructura anatómica responsable de la transmisión de fuerza del músculo a los huesos, por lo cual, debido a su papel en el apoyo y el soporte de la fuerza, el tendón está expuesto a condiciones extremas, que pueden generarle un trastorno estructural y por ende una tendinopatía (Franco et al., 2019). Los cambios en la estructura del colágeno se producen posteriores a los cambios celulares, lo cual determina que la lesión del colágeno no es el evento principal en el desarrollo de la patología del tendón (Cook et al., 2004). El tejido del tendón recibe poca vascularización, tiene células con baja elasticidad, y presenta una disminución del metabolismo. Esta serie de características, y principalmente cuando las tensiones se elevan más allá de la carga que puede soportar el tejido del tendón, pueden llegar a generar tendinopatía (Franco et al., 2019; Magnusson et al., 2010).

La tendinopatía es un trastorno general de un tendón con ausencia de datos histopatológicos en la que se presenta una respuesta de curación fallida que causa degeneración del tendón, lo cual genera una estructura tendinosa más débil, provocando una reducción en la transmisión de fuerza desde el músculo al hueso produciendo dolor y limitación funcional (Frizziero et al., 2014), lo cual está determinado por el desorden y el cambio en la forma de los tenocitos (células conjuntivas especializadas de los tendones) y matriz extracelular aumentada (Franco et al., 2019).

Las lesiones por estiramiento muscular excesivo ocurren durante movimientos de múltiples articulaciones, cadenas abiertas y cadenas cerradas, tales como: correr, saltar, patear, acelerar o cambiar de dirección (Brughelli et al., 2009). Ante esto, los autores mencionados describen a los ejercicios excéntricos como el único entrenamiento que ha sido demostrado que aumenta la longitud óptima de tensión estableciendo que estos ejercicios consiguen cambiar la longitud a un músculo logrando mayor elongación ante su activación, lo que genera un efecto de protección. Se ha sugerido que cambiar la longitud óptima a longitudes más largas, es deseable si el objetivo es reducir las lesiones; en este caso, el ejercicio que genera longitudes más largas es el ejercicio excéntrico, pues la acción muscular excéntrica implica el alargamiento de un músculo debido a una carga externa (Bridgeman et al., 2015), autores como Hedayatpour y Falla (2015), mencionan que este tipo de ejercicios se caracterizan por

una mayor tensión mecánica en comparación con las contracciones concéntricas e isométricas al someter al tejido muscular a estiramiento y sobrecarga.

Los ejercicios excéntricos se han relacionado con daño y dolor muscular inducido por el ejercicio, no obstante, se ha evidenciado que el ejercicio excéntrico no afecta los biomarcadores de daño muscular (creatina quinasa y proteína C reactiva), al compararlo con ejercicios concéntricos (Margaritelis et al., 2020). Asimismo, se ha observado que la realización de ejercicios no habituales puede resultar en una interrupción mecánica de la estructura celular, sin embargo, también se ha detallado que el desencadenante del daño muscular es la falta de costumbre de los músculos al ejercicio excéntrico y no el ejercicio excéntrico como tal (Frimpong et al., 2013; Margaritelis et al., 2020).

Autores como Fahlstrom et al. (2003), establecen que los ejercicios excéntricos parecen ser más eficaces en la porción media del tendón de Aquiles que en la tendinopatía insercional, sin embargo, no se ha establecido qué tipo de ejercicio es mejor para la intervención de las distintas lesiones de la extremidad inferior. En este caso, se sabe que los parámetros de carga y velocidad pueden influir en la curación del tendón más que el tipo de ejercicio en sí (Kjaer y Heinemeier, 2014).

El entrenamiento excéntrico ha aumentado en los últimos años, hecho que se puede relacionar a que el ejercicio excéntrico se ejecuta con una menor demanda metabólica, lo cual es de gran utilidad en poblaciones específicas, por ejemplo, en personas que han sufrido una lesión músculo esquelética (dos Santos et al., 2011), no obstante, el manejo clínico óptimo y la rehabilitación de estas lesiones aún no está bien establecido (Woitzik et al., 2015). Sin embargo, si existe evidencia de que las tendinopatías deben abordarse con tratamientos funcionales tempranos en lugar de descanso, inmovilización o tratamientos pasivos (Frizziero et al. 2014), puesto que el ejercicio excéntrico ha obtenido resultados clínicos positivos en la disminución del dolor y mejora de la capacidad funcional (Habets y van Cingel, 2015).

Al revisar la literatura científica sobre este tema, se encuentra que existen revisiones sistemáticas con y sin metaanálisis sobre el efecto de los ejercicios excéntricos en el dolor y la capacidad funcional en pacientes con lesiones músculo esqueléticas de las extremidades inferiores, siendo la más antigua la revisión sistemática de Satyendraa y Byl (2006), en la cual, el estudio incluido de mayor antigüedad es del año 1998 (Alfredson et al., 1998), por lo cual se ha determinado este año como límite de inclusión de estudios para el presente metaanálisis, incluyendo así todos los estudios de estas revisiones sistemáticas que cumplan con los criterios de inclusión.

Si bien existe evidencia que apunta a ganancias en fuerza y mejorías en la función con entrenamiento excéntrico en lesiones músculo esqueléticas (Frizziero et al., 2014), otros estudios (Meyer et al., 2009; Satyendra y Byl, 2006), han señalado que los resultados de dichos ejercicios en tendinopatías aquileas no son concluyentes; situación similar se expone en la revisión sistemática efectuada por Wasielewski y Kotsko (2007), quienes indican que los ejercicios excéntricos son un tratamiento útil, no obstante, afirman que la evidencia es insuficiente para sugerir que son superiores o inferiores a otras formas de ejercicio terapéutico.

Por otra parte, en relación con las lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA), Lepley y Palmieri (2013) concluyen en su revisión sistemática, que existen resultados favorables en la producción de fuerza del cuádriceps con la realización de ejercicio excéntrico, sin embargo, resaltaron que aún no se ha logrado determinar si son estos tipos de ejercicio los más efectivos para restaurar la fuerza de este músculo en la extremidad inferior reconstruida. Un estudio reciente determinó que la fuerza del cuádriceps en las extremidades lesionadas fue similar tanto con una intervención de ejercicio excéntrico como concéntrico (Milandri y Sivarasu, 2021).

Por lo tanto, con base en la evidencia científica analizada, existe cierta controversia en los resultados de los estudios en cuanto a los efectos de los ejercicios excéntricos en las lesiones de la extremidad inferior, por lo que la propuesta de esta investigación es metaanalizar todos los estudios previamente sistematizados y estudios no sistematizados, que cumplan con los

criterios de inclusión, y en los que se haya valorado el efecto de los ejercicios excéntricos sobre la tendinosis patelar, tendinosis aquilea y lesiones del LCA. Además, en varios estudios previos metaanalizados se han enfocado principalmente en tendinosis aquilea, siendo necesario metaanalizar también los efectos de ejercicios excéntricos en otras lesiones como la tendinosis patelar y las lesiones del LCA.

## **Objetivo**

Metaanalizar estudios que reporten el efecto de los ejercicios excéntricos en sujetos con lesiones músculo esqueléticas de la extremidad inferior sobre la fuerza muscular y el dolor.

## **Hipótesis:**

- No existe efecto estadísticamente significativo de los ejercicios excéntricos sobre la fuerza muscular y el dolor en sujetos con lesiones músculo esqueléticas de la extremidad inferior.
- No existe diferencia estadísticamente significativa entre el efecto de los ejercicios excéntricos en comparación con el efecto de otras formas de ejercicio terapéutico, así como otras intervenciones o aplicaciones terapéuticas (ondas de choque, plasma rico en plaquetas (PRP), cirugía) sobre la fuerza muscular y el dolor en sujetos con lesiones músculo esqueléticas de la extremidad inferior.
- No existe diferencia estadísticamente significativa en el efecto de los ejercicios excéntricos sobre la fuerza muscular y el dolor, entre las lesiones tendinosas del tendón patelar, de Aquiles y lesiones del LCA.
- No existe efecto estadísticamente significativo de los ejercicios excéntricos en lesiones de la extremidad inferior según la duración y frecuencia de la intervención.
- No existe diferencia estadísticamente significativa según la edad en sujetos con lesiones músculo esqueléticas de la extremidad inferior, que realizaron ejercicios excéntricos.
- No existe efecto estadísticamente significativo, según el género en sujetos que realizaron ejercicios excéntricos y que presentaban lesiones músculo esqueléticas de la extremidad inferior.

**Conceptos claves:**

- a. Dolor: Experiencia sensorial o emocional desagradable, asociada a daño tisular real o potencial (Vicente Herrero et al., 2018).
- b. Ejercicio excéntrico: Según McNeill (2015), es un ejercicio que involucra una contracción y activación muscular en la cual el musculo resiste la elongación.
- c. Fuerza muscular: Es definida como la capacidad de un grupo muscular para desarrollar fuerza contráctil contra una resistencia (Heyward, 2006).
- d. Ligamento cruzado anterior (LCA): estructura que permite dar estabilidad a la rodilla a las rotaciones y esfuerzos en varo-valgo, así como evitar el deslizamiento anterior de la tibia sobre el fémur y evitar hiperextensión de la rodilla (Morales et al., 2013).
- e. Tendinosis: Franco et al. (2019), mencionan que es un trastorno estructural del tendón que se caracteriza por una reducción en la transmisión de fuerza desde el músculo al hueso causado por alteraciones metabólicas o por condiciones mecánicas.

## Capítulo II

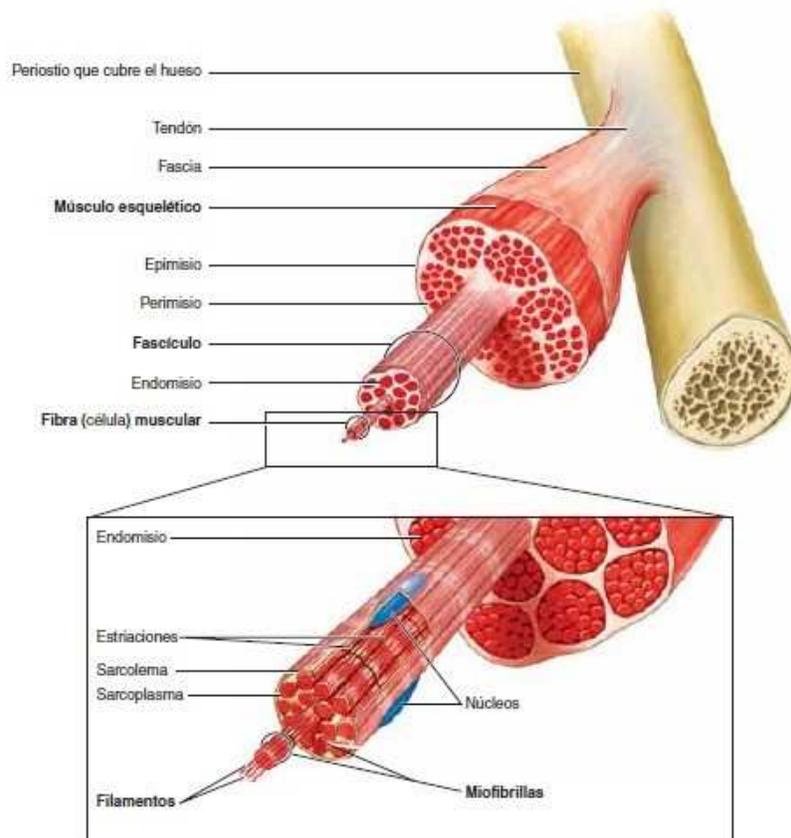
### MARCO CONCEPTUAL

En este apartado se desarrollan, las bases teóricas sobre distintos temas relacionados con la realización de ejercicios excéntricos y su efecto en el dolor y la fuerza muscular en sujetos que presenten una lesión músculo esquelética de la extremidad inferior. Para ello, primeramente, se habla de la contracción muscular y sus tipos, así como del entrenamiento excéntrico. Seguidamente se explican aspectos fisiopatológicos de las tendinopatías, la lesión del LCA y las fases de curación de los tejidos dando énfasis en el efecto del ejercicio físico durante los procesos de reparación de los tejidos. Finalmente se expondrán los conceptos de dolor y fuerza muscular, así como los instrumentos de evaluación de estas variables.

#### 1. El músculo

El músculo está conformado por diferentes componentes que permiten su adecuada función. En este apartado se describe la organización a nivel muscular desde lo más macroscópico a lo microscópico (Coburn y Malek, 2018; Gregory y Travis, 2018):

- a) *Epimisio*: tejido fibroso que rodea al músculo y tiene continuidad en el tendón.
- b) *Perimisio*: tejido conectivo que se extiende hacia adentro desde el epimisio y va a rodear fascículos musculares.
- c) *Fascículos*: grupo de fibras rodeadas de perimisio.
- d) *Endomisio*: es el tejido que rodea a cada fibra muscular, las cuales tienen numerosas miofibrillas.
- e) *Fibra muscular*: cada fibra muscular es una célula, estas son multinucleadas y están especializadas para contraerse y generar fuerza.
- f) *Sarcómero*: unidad funcional del músculo esquelético. Es una porción de fibras musculares entre 2 líneas Z, se disponen en serie abarcando la longitud de la miofibrilla, en la cual se encuentran los filamentos de actina y miosina.
- g) *Sarcoplasma*: en este se encuentra la fuente de energía de la célula (ATP).
- h) *Mitocondrias*: son las estructuras encargadas de la producción aeróbica del ATP dentro de la célula o retículo sarcoplásmico, también almacena calcio para la contracción muscular, modificando la concentración de calcio intracelular.



*Figura 1.* Estructura del músculo esquelético. Imagen tomada de Fox, S. I. (2014). *Fisiología humana*. (13a ed.). Editorial McGraw-Hill.

## 2. Contracción muscular

El músculo esquelético tiene importantes funciones y uno de los aspectos más relevantes es la contracción muscular. Cada una de las fibras del músculo esquelético está inervada por una sola rama del axón que surge de una motoneurona en la médula espinal, y la unión de estos componentes conforman una unidad motora, siendo esta la unidad funcional del músculo esquelético (Greig y Jones, 2016). A pesar de que cada fibra muscular esquelética posee solo una unión neuromuscular, el axón de una neurona motora somática se ramifica formando uniones con muchas fibras diferentes. Una unidad motora es una motoneurona somática más todas las fibras musculares que estimula (Tortora y Derrickson, 2018).

Para que ocurra la contracción muscular es esencial que se presente un potencial de acción que estimule la liberación de calcio en el retículo sarcoplásmico, el cual lo libera dentro del sarcoplasma a través de los túbulos t. Posteriormente la troponina se une al calcio provocando

que la tropomiosina se aparte de las zonas de unión de la actina con la miosina, lo que permite a las cabezas de miosina unirse a la actina (Coburn y Malek, 2018). Los puentes cruzados de la miosina luego de soltarse se unirán más adelante a otro sitio activo de actina hasta que cese el acortamiento del sarcómero (Gregory y Travis, 2018). El acortamiento del sarcómero produce un acortamiento de las fibras musculares y el vientre muscular dando como resultado movilidad y fuerza, siendo este el mecanismo fisiológico de la contracción muscular (Ratamess, 2015).

## 2.1 Tipos de contracción muscular

Existen diferentes tipos de contracción muscular, las cuales se pueden diferenciar por el alargamiento, acortamiento o el mantenimiento en la longitud de las fibras musculares. Las contracciones concéntricas se caracterizan por el acortamiento muscular, en estas la fuerza producida por el músculo es mayor que la resistencia externa que actúa en dirección opuesta. Si la cantidad de fuerza producida por el músculo es menor que la resistencia externa, el músculo se alargará produciendo así una contracción excéntrica. Finalmente, la contracción isométrica no produce acortamiento ni alargamiento muscular si no que el músculo mantiene su longitud, lo cual se produce cuando la fuerza del músculo es igual a la de la resistencia externa (Coburn y Malek, 2018). Asimismo, las contracciones musculares además de que difieren según el tipo de contracción, en aspectos como el comportamiento de la longitud de las fibras musculares también se ha demostrado que en aspectos como la hipertrofia muscular presentan sus diferencias. Las contracciones concéntricas producen una hipertrofia predominantemente en la región media del músculo, mientras que para las contracciones excéntricas la hipertrofia se presenta en las regiones de la porción media a distal del músculo (Franchi et al., 2014). Del mismo modo, existen otras características entre las contracciones concéntricas y excéntricas, las cuales se muestran a continuación:

Cuadro 1.

*Diferencias entre contracciones excéntricas y concéntricas.*

	<b>Contracciones excéntricas</b>	<b>Contracciones concéntricas</b>
Fuerza vs esfuerzo	Más fuerza a un menor esfuerzo (menor costo metabólico)	Menor fuerza. Se requiere una mayor activación de unidades motoras para controlar la carga

Fuerza vs velocidad	A mayor velocidad más fuerza	A mayor velocidad menos fuerza
Aceleración vs desaceleración	Desaceleran (absorción ante la caída en actividades de impacto)	Segmentos se aceleran

Basado en Kisner y Allen (2010) y Ratamess (2015).

### 3. Ejercicios excéntricos

La mayor producción de fuerza y el bajo costo energético que caracterizan a las contracciones excéntricas han determinado que estas sean parte de programas de ejercicio tanto en el entrenamiento de alto rendimiento como en la rehabilitación de las lesiones (Hessel et al. 2017). Las altas fuerzas producidas por los músculos durante las contracciones excéntricas, y consecuentemente las altas fuerzas ejercidas sobre músculos, huesos y tendones, estimulan no solo la hipertrofia muscular y la fuerza muscular sino también la mineralización ósea y remodelación del tendón (Franchi et al., 2014; Wisdom et al., 2015). Los requisitos de energía durante la realización de ejercicios excéntricos son hasta cuatro veces más pequeños que en el ejercicio concéntrico bajo una misma carga, lo cual hace que el entrenamiento con ejercicios excéntricos de carga moderada sea una herramienta de elección en distintas condiciones médicas (Hoppeler, 2016)

Las adaptaciones que se han asociado con la realización de los ejercicios excéntricos incluyen disminución de la rigidez del tendón, aumento de la neovascularización y aumento de adaptaciones protectoras (Ohberg y Alfredson, 2004; O'Neill et al., 2015). El entrenamiento excéntrico mejora la coordinación neuromuscular y fuerza muscular, lo que lleva a una reducción de la carga del tendón, mejorando así la función del tendón (O'Neill et al., 2015).

Las contracciones excéntricas durante algunos momentos se asociaron con daño muscular, no obstante, se ha descrito que cualquier ejercicio nuevo podría resultar en dolor muscular, sin embargo, la repetición regular de ejercicios específicos da como resultado adaptaciones que protegen contra daños e incluso el dolor. Asimismo, cuando el entrenamiento excéntrico comienza inicialmente con fuerzas bajas y aumenta gradualmente, no se produce ninguna lesión (Hessel et al., 2017). El ejercicio excéntrico como tal no afecta a los biomarcadores de

daño muscular, el daño muscular ocurre como resultado de falta de costumbre de los músculos a este tipo de acción, siendo esta la desencadenante del daño muscular y no el ejercicio excéntrico (Margaritelis et al., 2020). La lesión muscular inducida por el ejercicio, la cual se asocia por dolor muscular y niveles elevados de CK en sangre, no es un requisito necesario para que se produzcan adaptaciones protectoras a nivel muscular, ni un aumento de la masa muscular (Flann et al., 2011).

### **3.1 Teoría del filamento deslizante y el papel de la titina durante la realización de ejercicios excéntricos**

La teoría del filamento deslizante de la contracción muscular ha sido considerada como el mecanismo por el cual los músculos generan fuerza durante la activación, sin embargo, se ha demostrado una mayor fuerza en las miofibrillas cuando estas se estiran activamente como ocurre en los ejercicios excéntricos (Kisner y Allen, 2010). Por otra parte, Leonard y Herzog (2010) han mencionado que el extra de tensión que se produce y permanece después del estiramiento activo se debe a la titina, actuando como un resorte interno capaz de almacenar y liberar energía.

Nishikawa (2016), menciona que la titina es una proteína elástica, un elemento elástico estructural, que participa en la producción de fuerza muscular durante las contracciones excéntricas, permitiendo así la aplicación de una alta fuerza con un bajo costo energético. La titina es activada por liberación de calcio, y cada molécula de titina está unida a los filamentos delgados en la banda I y a los filamentos gruesos en la banda A, transmitiendo fuerzas del puente cruzado al disco Z (Powers et al., 2014).

Tras la entrada de calcio, la titina aumenta su tensión y su segmento N2A se une al filamento delgado en los sarcómeros; posteriormente, el segmento PEVK de la titina se enrolla en los filamentos delgados durante el desarrollo fuerza, los cuales tienen como papel resistir al desenrollado. Los puentes cruzados no sirven solo como motores que tiran de los filamentos delgados hacia la línea M, también como rotores que enrollan la titina sobre los filamentos delgados, almacenando energía elástica en el segmento PEVK durante el desarrollo de la fuerza y el estiramiento activo (Leonard y Herzog, 2010; Nishikawa et al., 2012).

Según Hessel et al. (2017), durante una contracción excéntrica, cuando un músculo se estira activamente produce gran cantidad de fuerza, en la cual la titina se extiende almacenando la energía sin gasto de ATP durante este proceso. En el estudio de Powers et al. (2014), se señala que estudios con respecto a la titina evidenciaron que el daño de esta daba como resultado una reducción de la tensión activa en las fibras musculares y describieron que el 15% del estado mejorado de la titina puede atribuirse a los efectos directos del calcio sobre la proteína, y el 85% restante de esta fuerza se relaciona con la unión de la titina al filamento delgado. Parte de esta fuerza extra que se desarrolla durante el estiramiento, decae cuando el estiramiento se detiene, pero la fuerza que permanece después de detenerse el estiramiento es más alta que la producida en contracciones isométricas; esta fuerza residual persiste hasta que el músculo vuelve a su longitud inicial o hasta que estén desactivados los puentes cruzados (Herzog et al., 2016).

### **3.2 Evidencia en el ámbito de los ejercicios excéntricos**

Diferentes estudios han dejado en evidencia resultados que difieren acerca de si la realización de los ejercicios excéntricos en lesiones musculo esqueléticas de las extremidades inferiores, son superiores en comparación con otros ejercicios u otras aplicaciones terapéuticas. Un estudio acerca de las lesiones del LCA, mostró que realizar ejercicios excéntricos y concéntricos tuvieron resultados más favorables y estadísticamente significativos ( $p = 0.002$ ) en comparación con la rehabilitación estándar para la mejora de los resultados funcionales después de la reconstrucción del LCA con injertos de isquiotibiales, mientras que entre estos grupos, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ), para indicar que alguna de las intervenciones fuera superior a la otra en cuanto a la fuerza (Kinikli et al., 2014). Sin embargo, en otro estudio se mostró que el ejercicio excéntrico en lesiones del LCA si fue superior a la aplicación de estimulación eléctrica neuromuscular aplicada de forma aislada, restaurando los niveles de activación y fuerza del cuádriceps de forma significativa ( $p < 0.05$ ), incluso alcanzando resultados similares a los de adultos sanos (Lepley et al., 2015).

En relación con la tendinopatía de Aquiles, un estudio evidenció cambios significativos ( $p < 0.05$ ) en la contracción muscular voluntaria de los músculos examinados (recto femoral, tibial

anterior, gastronemio lateral y peroneo largo) con la realización de los ejercicios concéntricos al compararlos con los ejercicios excéntricos, sin embargo, se encontró un aumento superior y estadísticamente significativo ( $p < 0.05$ ) en la contracción muscular del gastronemio medial con los ejercicios excéntricos (Yu, 2014).

Otro estudio que comparó la terapia con láser de alta energía con las ondas de choque, adicionando ejercicio excéntrico para ambos grupos, mostró que ambos grupos mejoraron de forma significativa ( $p < 0,01$ ), sin embargo, la diferencia entre los dos grupos fue estadísticamente significativa a favor del grupo al cual se le aplicó láser de alta energía, adicionando un flujo de aire frío y ejercicios excéntricos ( $p < 0,001$ ), concluyendo que la aplicación del láser junto con el ejercicio excéntrico generó un mayor alivio del dolor y en un tiempo más corto, dándole también al paciente una recuperación funcional satisfactoria (Notarnicola et al., 2014). Alfredson (2015), describe el entrenamiento excéntrico como una alternativa eficaz para la remodelación del tendón y con un tiempo de recuperación más corto que la fisioterapia convencional para el tratamiento de la tendinopatía de Aquiles.

En otro estudio que analizó los posibles efectos de programas combinados (excéntricos + ondas de choque vs excéntricos + ondas de choque simuladas) sobre la tendinopatía patelar, no se encontró que ninguno de estos programas dio un resultado más favorable ( $p = 0.150$ ), en los grupos investigados (Thijs et al., 2017). Estos hallazgos fueron similares a los obtenidos por Warden et al. (2008), en los que no se encontró ningún beneficio adicional a la aplicación del ultrasonido pulsado de baja intensidad combinado con ejercicios excéntricos comparados contra un grupo que trabajo placebo más ejercicios excéntricos para la mejora de la tendinopatía patelar ( $p = 0.74$ ).

#### **4. Lesiones del tejido blando y fases de curación de los tejidos**

Los músculos esqueléticos trabajan bajo el control de los nervios los cuales tienen una relación directa con un sistema de retroalimentación aferente de receptores en el músculo, husos, tendones, articulaciones y piel, modulando de esta forma la actividad. Las alteraciones en la función muscular producto de una lesión limitan la actividad física, movilidad y calidad de vida (Greig y Jones, 2016; Leung et al., 2016). Cuando los tejidos blandos presentan una

lesión, pasan por una serie de fases y cambios para su reparación. Las células del tejido conectivo se alinean en respuesta a la carga, siendo sensibles al movimiento. La alineación se puede determinar como una medida de la capacidad de respuesta celular ante la carga (Neidlinger-Wilke et al., 2002). En este apartado se describirán las fases de la curación de los tejidos y la importancia de la realización de ejercicios de fuerza para una óptima recuperación y función del tejido afectado (ver tabla 2).

Cuadro 2.

*Fases de la curación de los tejidos blandos (Duración, características y objetivos)*

	<b>Inflamación</b>	<b>Fase de reparación fibroblástica</b>	<b>Fase de remodelación</b>
Duración	Entre 1-7 días	Entre 3-5, hasta las 6 semanas, incluso puede llegar hasta los 2 meses en tejidos que presenten poca circulación sanguínea.	Entre los 2-4 meses, hasta incluso un año
Características	Se caracteriza por daños estructurales en los tejidos, y liberación de mediadores químicos como la histamina y bradicinina, los cuales aumentan el riego sanguíneo y la permeabilidad capilar produciendo edema e inhibiendo la función muscular y capacidad funcional. Estas sustancias inflamatorias pueden perjudicar fibras de nervios sensitivos produciendo de esta forma la presencia del dolor.	<p>a) La inflamación disminuye y puede desaparecer. Esta fase se caracteriza por catabolismo (destrucción del tejido) y sustitución de tejidos que ya no son viables después de una lesión.</p> <p>b) Hay formación de nuevos capilares, así como de tejido conectivo y colágeno permitiendo mejorar la integridad tisular y la regeneración del tejido dañado.</p> <p>c) Durante esta fase se va a potenciar la síntesis de colágeno (actividad fibroblástica), el colágeno tipo III se deposita aleatoriamente sirviendo para la regeneración, sin embargo, para este momento el tejido es débil ya que no ha alcanzado la resistencia óptima.</p> <p>d) Puede aparecer dolor si este tejido nuevo en desarrollo recibe una carga mayor a la tolerada esto debido a que el tejido conectivo inmaduro es fino desorganizado y frágil lo que</p>	<p>a) Hay una disminución en la producción de las fibras de colágeno y una variación de fibras de colágeno de tipo III a tipo I, el cual es más resistente, con fibras de colágeno más gruesas y de mejor calidad de tensión, las cuales se reorientan en respuesta a la carga sobre el tejido conjuntivo, lo que mejora su estructura, fuerza y función.</p> <p>b) Al aumentar la carga, las fibras de colágeno del tejido cicatrizal empiezan a hipertrofiarse y alinearse con las líneas de tensión incrementando la fuerza del nuevo tejido.</p> <p>c) Kisner y Allen (2010), mencionan que tras 14 semanas el tejido cicatrizal no responde a la remodelación y que una cicatriz antigua presenta una escasa respuesta al estiramiento mientras que la carga sobre el tejido dañado y en reparación mejora la alineación y la hipertrofia de fibras de colágeno.</p>

---

		incrementa la posibilidad de lesionarse con facilidad si se le exige en exceso.	d) La aplicación progresiva de cargas evita que las fibras incorrectamente forzadas se adhieran al tejido formando una cicatriz restrictiva.
Objetivos de la fase	Preparar para la formación de nuevo tejido (fase necesaria para una curación normal)	Introducir gradualmente las cargas permitiendo un correcto crecimiento y alineación del colágeno, minimizando adherencias del tejido circundante	Optimizar la funcionalidad del tejido, por medio del equilibrio entre la síntesis y la degradación por medio de la aplicación de cargas progresivas.

---

Basado en Coburn y Malek (2018), Gregory y Travis (2018), Kisner y Allen (2010)

## **5. Tendinopatías (fisiopatología y factores de riesgo)**

El tendón es la estructura anatómica responsable de la transmisión de la fuerza del músculo al hueso, este tejido es poco vascularizado, con bajo metabolismo y presenta células con baja elasticidad. Debido a distintas condiciones mecánicas o metabólicas (por ejemplo, diabetes), puede haber una mayor incidencia para que se produzca una disfunción del tendón, principalmente cuando se somete a condiciones extremas, esto se conoce como tendinopatía (Connizzo et al., 2014; Magnusson et al., 2010).

Las tendinopatías más frecuentes de las extremidades inferiores son la tendinopatía rotuliana, de Aquiles, glútea y proximal de los músculos isquiotibiales, siendo la rotuliana la más prevalente seguida por la tendinopatía de Aquiles (dos Santos et al., 2019). La tendinopatía de Aquiles se encuentra con mayor frecuencia en corredores de medias y largas distancias con hasta un 29%, mientras que la tendinopatía rotuliana se presenta principalmente en deportes explosivos que se caracterizan por altas exigencias de velocidad y potencia del cuádriceps con prevalencias distintas entre diferentes deportes: voleibol de élite (45%), baloncesto (32%), atletismo (23%), balonmano (15%) y fútbol (13%) (Janssen et al., 2018).

Clínicamente, estas lesiones se caracterizan por dolor, sensibilidad focal y rigidez matutina, además de una reducción de la transmisión de fuerza del músculo al hueso. Las tendinopatías son una patología no inflamatoria; se ha evidenciado por medio de biopsias del tendón patelar del tejido afectado, una degeneración del colágeno y cicatrización fibrótica del tendón, en ausencia de inflamación (Khan et al., 1999). Esta lesión está relacionado a una respuesta de curación fallida y a una estructura tendinosa más débil, que está determinada por el desorden de los tenocitos (Maffuli et al., 2010).

Los tenocitos son los responsables de hacer toda la estructura del tendón, todos los materiales biológicos, incluyendo el colágeno y las proteínas (Li et al., 2021). Estas células mecanosensibles, son capaces de reprogramar su fenotipo (metabolismo, propiedades estructurales) en respuesta a los estímulos mecánicos. Los cambios en la estructura del

colágeno están precedidos por cambios celulares, lo que determina que la lesión del colágeno no es el evento principal en el desarrollo de la patología del tendón (Cook et al., 2004).

La patología del tendón es independiente del dolor y los síntomas. En la etapa final de la patología del tendón, los tenocitos cambian su forma, hay una mayor producción de proteínas y la actividad celular se ve alterada (Fernández et al., 2010). La desorganización del colágeno, y la presencia de fibras de colágeno más delgadas provocan una disminución en la capacidad de carga, sin embargo, esta desorganización se produce en un segmento aislado del tendón y no a través de todo el tendón, por lo que la mayoría de los tendones mantendrán suficiente estructura fibrilar alineada (Docking et al., 2016).

Si bien se mencionó que el dolor es independiente de la patología del tendón, la presencia de dolor ante el tratamiento si es un indicador clave del éxito o no del mismo, por lo que se debe evaluar la respuesta del dolor 24 horas posterior a la aplicación de la carga, siendo esta una medida para conocer si la carga aplicada fue la óptima (Cook y Purdam, 2009). Además de determinar la respuesta del dolor ante las distintas intervenciones, es importante abordar también la disfunción, la inhibición motora, los déficits en la fuerza, la potencia, así como la capacidad de cargar el tendón. Intervenciones que apuntan a la estructura pueden mejorar la estructura del tendón, pero no tratar los déficits funcionales o la capacidad de carga, pudiendo dejar el tendón vulnerable a una lesión posterior, por lo que las intervenciones activas son esenciales (Cook et al., 2016).

Algunos estudios, mencionan que la terapia por medio de ejercicios es uno de los recursos con mayor evidencia para el tratamiento de las tendinopatías de los miembros inferiores (dos Santos et al., 2019; Frizziero et al., 2014). La carga induce cambios mecánicos y morfológicos, sin embargo, la dosificación de la carga aún no está clara para el abordaje de las tendinopatías, ya que el umbral entre el estímulo curativo y el daño muscular es desconocido (Arampatzis et al., 2007; Maffuli et al., 2010).

Cook y Purdam (2009), establecieron un modelo continuo de la patología del tendón, realizando una estatificación a partir de diferentes criterios que se describen a continuación:

- 1- Tendinopatía reactiva: respuesta a corto plazo a un estímulo de sobrecarga o incluso un golpe directo que causa una respuesta hipercelular y engrosamiento del tendón como un mecanismo adaptativo para reducir el estrés. Los tenocitos cambian su forma y se producen proteoglucanos más grandes, debido a esto hay más agua en el tendón y con esto más volumen. Además, hay daño mínimo o inexistente en la matriz de colágeno y las células inflamatorias pueden estar presentes, no obstante, no hay evidencia de que esto sea el impulsor de la patogénesis. A pesar de la reacción a nivel celular en un tendón reactivo, el tendón puede volver a la estructura normal ya que no se produce ninguna interrupción del colágeno y si se elimina el estímulo de sobrecarga, esto permitirá que se resuelva esta reacción en el tendón.
  
- 2- Deterioro del tendón: Se da ante una respuesta reactiva no resuelta. Se presenta desorganización fibrilar y el tendón comienza a deteriorarse. La desorganización de la matriz permanece localizada y no se ven áreas de degeneración a gran escala. Esta etapa rara vez se asocia con síntomas.
  
- 3- Tendinopatía degenerativa: Hay degradación del colágeno y la matriz a gran escala e incluso muerte celular. Conforme progresa los vasos sanguíneos y nervios crecen en los espacios vacíos de la matriz deformada. Toda patología degenerativa es irreversible, el área de la patología se vuelve mecánicamente silenciosa y no transmite carga, existiendo una falta de capacidad de carga en las áreas degenerativas. La presencia de tendinopatía degenerativa se asocia a personas con historia larga de carga en tendones, o de síntomas que han llevado a degradación de la matriz con el tiempo. Existe controversia con relación a si el área de desorganización estructural es una fuente de síntomas, dadas las altas tasas de personas sin dolor aun en presencia de degeneración del tendón.

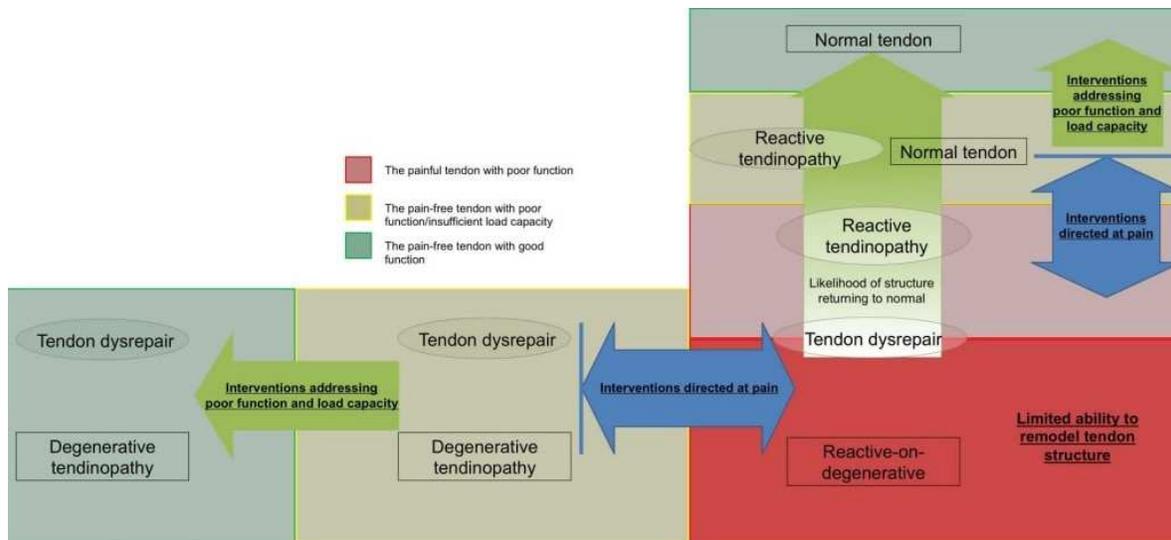


Figura 2. Modelo continuo de la patología del tendón. Tomada de Cook, J. L., Rio, E., Purdam, C. R., Docking, S. I. (2016). Revisiting the continuum model of tendon pathology: what is its merit in clinical practice and research?. *British Journal of Sports Medicine*, 50(19), 1187-1191. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095422>.

Con respecto al diagnóstico de las tendinopatías, este se puede establecer a partir de un examen físico. Asimismo, por medio de imágenes diagnósticas se pueden observar presencias de anomalías en el tendón (Comin et al., 2013). En una revisión sistemática, se destacó que la presencia de anomalías en el tendón podría predecir el desarrollo de una tendinopatía, y tomarse incluso como un factor de riesgo como muchos otros se deben considerar (debilidad muscular, edad, género, impactos más altos causados por un entrenamiento más rápido, cambios súbitos en las cargas de entrenamiento), no obstante, la importancia en el entorno clínico de estos hallazgos genera controversia debido a la gran cantidad de personas que presentan anomalías sin presencia de ningún síntoma (McAuliffe et al., 2016).

En relación con lo anterior, Khan et al. (1999), describieron una correlación pobre entre los resultados de las imágenes radiológicas y los síntomas clínicos. Si bien las imágenes diagnósticas permiten detectar áreas de anomalía del tendón, esto puede observarse solo en algunos casos, ya que por ejemplo, en una tendinopatía reactiva, pueden no existir cambios

significativos más allá de un aumento en el grosor del tendón, debido a que esta etapa no se caracteriza por la interrupción del colágeno, por lo cual el significado clínico de los hallazgos es cuestionable, ya que aun observando cambios histológicos el compromiso a nivel de la capacidad funcional y el dolor varían. Ante esto las medidas de resultado clínicas (sobre el dolor y la función), son las óptimas para el abordaje de estas lesiones (Campbell y Grainger, 2001).

## **6. Articulación de la rodilla y el ligamento cruzado anterior (LCA)**

La rodilla es una articulación diartrosica conformada por el fémur, tibia y patela, la cual se encuentra estabilizada por una serie de ligamentos, entre ellos el LCA. Las funciones del LCA, consisten en dar estabilidad a las rotaciones, a los esfuerzos en varo-valgo, así como evitar el deslizamiento anterior de la tibia sobre el fémur y evitar hiperextensión de la rodilla en situaciones de desaceleración (Morales et al., 2013). Los desgarros del LCA son frecuentes, se estiman hasta 78 por cada 100.000 personas en la población general (Sanders et al., 2016).

Cuando las personas sufren alguna ruptura en los ligamentos de la rodilla son sometidos a cirugía, provocando un gasto elevado en la atención médica (Joseph et al., 2013), en donde prevalecen las personas físicamente activas con edades entre los 18-25 años (Uçar et al., 2014). La reconstrucción quirúrgica del LCA se considera el método actual de tratamiento clínico, teniendo como objetivo restaurar la estabilidad y la capacidad funcional de la articulación de la rodilla y permitiendo un regreso seguro al deporte y actividades de la vida diaria (Arderm et al., 2011).

Estas lesiones pueden presentarse tanto con mecanismos por contacto o sin contacto. Las tasas más altas de lesión del LCA entre los hombres se han observado en deportes de contacto como el fútbol, mientras que en las mujeres en deportes sin contacto como la gimnasia (Hootman et al., 2007). Sin embargo, un estudio reciente determinó que los deportes como la gimnasia y la carrera tuvieron la tasa de incidencia más alta en ambos sexos. Asimismo, las atletas femeninas presentaron mayor riesgo de lesión que los atletas masculinos en deportes de contacto (Montalvo et al., 2019).

Haber tenido una lesión previa, la fatiga muscular y el desequilibrio entre la musculatura anterior y posterior del muslo (cuádriceps vs isquiotibiales), se han asociado como factores de riesgo para las lesiones del LCA (Ferrer-Roca et al., 2014). Considerando lo anterior, es de gran importancia mejorar la función neuromuscular y la fuerza muscular como medida preventiva, siendo el ejercicio físico un pilar importante para conseguir este objetivo (Romero et al., 2017).

Lobb et al. (2012), mencionan que el tiempo de recuperación de un paciente depende del tipo de ejercicio y protocolo que se vaya a utilizar, del mismo modo, Nassadj et al. (2014), establecen que se debe evaluar la capacidad para tolerar las cargas de los pacientes con reconstrucción del LCA con la finalidad de determinar las demandas a las cuales se pueden someter en el proceso de rehabilitación, teniendo como objetivo devolverles el nivel que tenían previo a la lesión del LCA (Hen et al., 2011). A pesar de lo anterior, se debe mencionar que las decisiones sobre la rehabilitación posoperatoria para estos pacientes se deben realizar de forma individualizada (Thrush et al., 2018).

En un estudio reciente (Ebert et al., 2020), los resultados de una encuesta realizada a cirujanos australianos mostraron que en los últimos años se ha utilizado principalmente la reparación del LCA con autoinjerto de tendón de los isquiotibiales y que la tasa de reruptura posterior a la reparación de LCA es de <15%. También, se informó que la rehabilitación posoperatoria era importante y que el regreso al deporte oscilaba entre los 6 a los 9 meses.

La rehabilitación preoperatoria tiene como objetivo abordar los déficits músculo esqueléticos y preparar mejor al paciente para la cirugía, mientras que la rehabilitación postoperatoria tiene como objetivo minimizar el riesgo de una nueva lesión y optimizar el retorno a la función adecuada restaurando la fuerza, déficits neuromusculares y funcionales (Failla et al., 2016; van Melick et al., 2016). Se ha demostrado un mayor riesgo de lesión cuando los pacientes no alcanzan ciertos niveles de fuerza, lo cual debe abordarse por medio de la rehabilitación (Alshewaier et al., 2017).

En el estudio de Ebert et al. (2018), se menciona que un gran porcentaje de pacientes no llevan a cabo la rehabilitación requerida para abordar los déficits funcionales y de fuerza, siendo autorizados para regresar al deporte o regresando por cuenta propia, sin evaluaciones apropiadas, lo cual se convierte en un riesgo para una reruptura. Esto es importante ya que estudios han establecido (Curran et al., 2018; Fukunaga et al., 2019) que a los 3 y 6 meses después de la reparación, existen déficits significativos ( $p < 0,05$ ) en la fuerza del cuádriceps, e incluso se ha determinado que la asimetría en fuerza todavía puede estar presente más de 12 meses después de la cirugía.

### **6.1 Ligamento anterolateral (LAL)**

En los últimos años se ha descrito la importancia de la función del ligamento LAL como un estabilizador secundario en la rodilla, evitando la traslación tibial anterior y la rotación interna especialmente entre los 30° a 90 ° de flexión de la rodilla, así como previniendo el fenómeno de cambio de pivote (Sonnery-Cottet et al., 2019). Este ligamento se origina en el borde distal del cóndilo femoral y se dirige de manera oblicua hacia el extremo proximal de la tibia donde se inserta a mitad de distancia entre el tubérculo de Gerdy y la cabeza del peroné (Rivarola et al., 2016). Estudios han descrito que la lesión de este ligamento se asocia con una inadecuada restauración de la estabilidad rotacional de la rodilla después de la reparación del LCA. Asimismo, se describe que la reconstrucción combinada de LCA y LAL, obtuvo mejores resultados clínicos y funcionales y una tasa de ruptura del injerto más baja que la reparación aislada del LCA (Hamido et al., 2021; Hurley et al., 2021).

## **7. Dolor**

Según la Asociación Internacional para el Estudio del Dolor (1979) (IASP), este se define como una experiencia sensorial o emocional desagradable, asociada a daño tisular real o potencial. El dolor es un concepto subjetivo, que debe definirse desde la perspectiva de la persona que experimenta el dolor, y no por un observador externo (Raja et al., 2020).

En un estudio reciente realizado por Raja et al. (2020, p.2), se establecieron algunas consideraciones a partir de la revisión de la definición del dolor de la IASP, entre las cuales están:

- a) El dolor es siempre una experiencia personal que se ve influenciada en diferentes grados por factores biológicos, psicológicos y sociales.
- b) El dolor y la nocicepción son fenómenos diferentes. El dolor no se puede inferir únicamente de la actividad en las neuronas sensoriales.
- c) A través de sus experiencias de vida, las personas aprenden el concepto de dolor.
- d) Se debe respetar el informe de una persona sobre una experiencia como dolor.
- e) Aunque el dolor suele tener un papel adaptativo, puede tener efectos adversos sobre la función, el bienestar social y psicológico.
- f) La descripción verbal es solo una de las varias conductas para expresar dolor; la incapacidad para comunicarse no niega la posibilidad de que un ser humano experimente dolor.

Es importante acotar, que esta terminología técnica presenta una mayor profundidad conceptual, por ejemplo, Raja et al. (2020) establecieron una nueva definición de dolor, concluyendo que es una experiencia sensorial y emocional desagradable asociada con, o similar al asociado con daño tisular real o potencial.

Otros autores han definido el dolor como una experiencia angustiante asociada con daño tisular real o potencial con componentes sensoriales, emocionales, cognitivos y sociales (Williams y Craig, 2016). Por su parte, Cohen et al. (2018), lo describieron como una experiencia somática reconocible que refleja la aprehensión de una persona a la amenaza de su integridad corporal o existencial.

Otra caracterización a profundizar es la existente entre los conceptos de dolor y nocicepción. La IASP (1979), hace varios años había establecido que la nocicepción, a diferencia del dolor, se refiere a la actividad que ocurre en el sistema nervioso en respuesta a un estímulo nocivo. Del mismo modo, con respecto al dolor neuropático, se establece que se puede experimentar lejos de la lesión o enfermedad del sistema nervioso (por ejemplo, en la pierna y el pie para aquellos con compresión de la raíz nerviosa, o dolor fantasma en pacientes con amputaciones) (Raja et al., 2020).

Igualmente, existe otro concepto que es el dolor nociplástico el cual ha sido definido por la IASP como dolor que surge de nocicepción alterada a pesar de que no hay evidencia clara de daño tisular que provoque la activación de nociceptores periféricos, o una evidencia de enfermedad o lesión del sistema somatosensorial que cause el dolor. Se cree que el dolor nociplástico está asociado con distintas afecciones crónicas como fibromialgia, lumbalgia y dolor de cabeza (Kosek et al., 2016).

### **7.1 Instrumentos de evaluación del dolor**

En el manejo de las patologías es esencial una correcta valoración para poder determinar los cambios clínicos y el efecto de los tratamientos. Estas valoraciones pueden realizarse mediante escalas funcionales que informan del impacto de las lesiones desde la perspectiva del paciente en cuanto a los síntomas y la función (Gómez-Valero et al., 2016), o con equipos que cuantifiquen el incremento o disminución de una variable como en el caso de la fuerza muscular (O'Malley et al., 2018).

#### *Escalas VISA-A y VISA-P:*

Las escalas VISA son instrumentos realizados por el Instituto Victoriano de Evaluación Deportiva (Australia), estos cuestionarios son utilizados para valorar la gravedad de los síntomas de la tendinopatía patelar y aquilea, los cuales incluso, han sido adaptados al español (ver anexos 5 y 6), dejando evidencia de que sus propiedades psicométricas son comparables a las versiones originales en inglés, siendo útiles en la práctica clínica y la investigación (Hernández-Sánchez et al., 2011; Hernández-Sánchez et al., 2018)

La adaptación intercultural del cuestionario VISA-P fue realizada por Hernández-Sánchez et al. (2011), concluyendo que el instrumento demostró ser válido, confiable y sensible a los cambios clínicos, mientras que esta adaptación al español para el instrumento VISA A, fue realizada en el año 2018 por Hernández-Sánchez et al. (2018). Es esencial tener resultados específicos que puedan evaluar las consecuencias funcionales de las lesiones y para esto las escalas VISA son un instrumento de evaluación que permite obtener resultados del estado de salud de un paciente que no pueden ser observados directamente como el dolor y el impacto funcional (Bunster et al., 2020; Gómez-Valero et al., 2017).

Los cuestionarios VISA califican los síntomas relacionados con diferentes situaciones de carga tendinosa, así como su impacto durante la participación deportiva. La puntuación máxima posible es de 100 puntos que corresponde a ausencia de síntomas, lo que indica que las puntuaciones más altas están asociadas con síntomas menores. La escala consta de 8 ítems, seis de ellos califican el nivel de dolor durante las actividades diarias y pruebas funcionales con una escala de calificación del dolor de 0 a 10, asimismo, los últimos 2 ítems evalúan aspectos relacionados sobre la participación deportiva con opciones de respuesta categórica (Hernández-Sánchez et al., 2011; Hernández-Sánchez et al., 2018; Morton et al., 2015).

#### *Escala del dolor:*

Definir el dolor y hacer que tenga una aceptación unánime es complejo, ya que se trata de una experiencia individual y subjetiva, por lo que esta dificultad para evaluarlo hace que se acuda a instrumentos que sean comprensibles, con fiabilidad y validez. La escala visual analógica (EVA) mide el dolor cuantitativamente y está entre las medidas más comúnmente usadas para la evaluación de la intensidad del dolor percibido en contextos clínicos y de investigación (Chaffee et al., 2011; Collins et al., 1997).

Este instrumento consiste en una línea horizontal de 10 centímetros, en cuyos extremos se encuentran el mínimo y el máximo del dolor, ubicándose en la parte izquierda la ausencia o menor intensidad y en el derecho la mayor intensidad. Se pide al paciente que marque en la línea el punto que considere la intensidad del dolor, la cual se expresa en centímetros o milímetros permitiendo medir la intensidad del dolor con la máxima reproducibilidad entre investigadores o personal de salud, brindando información sobre la percepción del dolor, lo cual es importante para planificar los tratamientos y determinar los cambios en el dolor a lo largo del tiempo (Rolfson et al., 2011; Zampelis et al., 2014).

#### *Escala Lysholm:*

La escala Lysholm es un instrumento utilizado en pacientes con reconstrucción del LCA, la cual fue desarrollada en 1982 por Lysholm y Gilquist, siendo modificada 3 años después por Tegner y Lysholm, los cuales eliminaron la atrofia muscular como parte de la escala. Este

instrumento tiene como objetivo, conocer la percepción del paciente en relación con su estado funcional (Lysholm y Gillquist, 1982; Tegner y Lysholm, 1985).

Estudios mencionan (Mendoza Prada et al., 2017; Ra et al., 2014) que los resultados funcionales están más asociados a lo que informa el paciente que a lo que pueda evaluar el médico, lo que determina la estrecha relación entre la percepción del paciente y la capacidad funcional, convirtiendo a las escalas de percepción subjetiva, en instrumentos de evaluación de gran valor.

Esta escala evalúa aspectos como: alteración de la marcha (cojera), bloqueo, dolor, inestabilidad, uso de ayudas para caminar, inflamación, capacidad de subir escaleras y realizar cuclillas. Una puntuación de 100 puntos, indica un resultado excelente, puntuaciones entre 95 y 100, un resultado bueno, mientras que puntuaciones entre 94 y 84, y entre 83 y 65, se consideran resultados regulares y malos respectivamente. Un resultado pésimo es considerado cuando se obtienen menos de 65 puntos (Arcuri et al., 2010; Peña et al., 2021)

Algunos autores (Blonna et al., 2012; Risberg et al., 1999), han mencionado que la escala Lysholm, no es una medida apropiada para establecer el estado de recuperación de los pacientes, ya que se pueden obtener altas puntuaciones lo cual puede no ser indicativo del estado funcional real del paciente, sin embargo, otros estudios como el de Mendoza Prada et al. (2017), resaltan el valor de esta evaluación subjetiva, la cual permite evaluar aspectos funcionales que en ocasiones no se toman en cuenta y que son de importancia para los pacientes y su recuperación.

## **8. Fuerza muscular**

La fuerza y la resistencia muscular son componentes que forman parte de la aptitud física necesarios para realizar tareas cotidianas y mantener independencia funcional. La fuerza muscular es definida como la capacidad del sistema nervioso y locomotor (huesos, articulaciones y músculos) de generar fuerza o realizar movimientos que permitan vencer o resistir una determinada carga (American College of Sports Medicine, 2014), y la resistencia muscular es la capacidad de un grupo muscular para desarrollar fuerza submáxima durante

un periodo prolongado (Heyward, 2006). Las acciones musculares presentes en la mayoría de los ejercicios y actividades de fuerza pueden ser isométricas, concéntricas y excéntricas, entre las cuales existen diferencias fisiológicas, neurales y mecánicas (Cronin et al., 2015; Franchi et al., 2014).

### **8.1 Rol de los ejercicios excéntricos en la fuerza muscular**

Como se ha mencionado los ejercicios excéntricos son ejercicios en los cuales se desarrolla tensión y elongación muscular, es decir los músculos producen fuerza mientras se alargan. Lo anterior se ha asociado a una mayor generación de fuerza muscular bajo un menor consumo de oxígeno y demanda metabólica, por lo que entrenamientos que involucren ejercicios excéntricos han tomado cada vez más relevancia tanto en sujetos sanos como en otros con alguna lesión o condición (Lusa et al., 2019; Vieira et al., 2018).

En cuanto a sujetos sanos este entrenamiento se ha asociado con prevención de lesiones musculoesqueléticas, por ejemplo, Goode et al. (2015) y Alonso-Fernández et al. (2017), establecieron que los ejercicios excéntricos se pueden considerar como ejercicios que disminuyen el riesgo potencial de lesiones de los isquiotibiales, lo cual se puede asociar a las mejoras en la fuerza muscular, al aumento en el tamaño de las fibras musculares, a una síntesis de proteínas más rápida, así como una mejora en el ciclo de acortamiento y estiramiento que se produce a partir de la realización de ejercicios excéntricos (Douglas et al., 2017; Schoenfeld et al., 2017).

En cuanto a la utilización de estos ejercicios como medio de tratamiento en lesiones musculoesqueléticas, se han evidenciado distintos estudios con resultados positivos en aumentos de la fuerza muscular en patologías como las tendinopatías, así como en lesiones del LCA, dando una recuperación satisfactoria (Eapen et al., 2011; Francys Vidmar et al., 2019; Yu et al., 2013). Asimismo, resultados favorables se han establecido en adultos mayores para reducir y prevenir la sarcopenia después de entrenamientos con ejercicio excéntrico (Molinari et al., 2019; Vásquez-Morales et al., 2013).

## 8.2 Instrumentos de evaluación de la fuerza muscular

Existen diferentes formas de medir la fuerza y resistencia muscular para establecer valores basales antes de un entrenamiento, determinar el progreso y evaluar la efectividad del entrenamiento. Uno de los métodos más utilizados es mediante la evaluación isocinética por medio de dinamómetros, logrando cuantificar la fuerza muscular mediante una evaluación de forma dinámica. Esta técnica utiliza un dinamómetro asociado a un módulo electrónico y un sistema de cómputo, por medio del cual se registran las magnitudes físicas resultantes de la fuerza muscular aplicada (Gentil et al., 2017; Martínez Hernández, 2014).

### *Dinamómetro isocinético:*

Los dinamómetros isocinéticos son equipos que están diseñados para controlar la velocidad del movimiento, el miembro se desplaza a una velocidad determinada, y cuando este movimiento sobrepasa la velocidad predeterminada, el equipo proporciona una fuerza igual y opuesta (momento de torsión), para mantener la velocidad angular especificada, en donde esta fuerza es la que la persona ejerce sobre la máquina, logrando así cuantificar la fuerza muscular ejercida dinámicamente en un rango de movimiento determinado, a una velocidad constante y programable (Coburn y Malek, 2018; Cronin et al., 2015)

Los parámetros más estudiados en la evaluación isocinética son: (Figuroa, 2009)

- a) Torque máximo (PT): es el resultado del esfuerzo multiplicado por la distancia, expresado en newton-metro (Nm)
- b) Trabajo muscular: fuerza ejercida por distancia de desplazamiento, se expresa en joule (J). Es la energía desarrollada; gráficamente es el área bajo la curva del torque realizado.
- c) Potencia: trabajo producido por tiempo empleado, expresado en watt (W).

Una vez determinados estos parámetros, se puede obtener el nivel de fuerza y el porcentaje de déficit, al comparar los resultados con el lado contralateral, o el cambio producido entre distintas evaluaciones posterior a una intervención, incluso, se ha establecido que se pueden estimar los valores de 1RM para la extensión isotónica de rodilla. El pico de torque es el parámetro más utilizado para evaluar la fuerza muscular, siendo utilizado para propósitos,

clínicos, de investigación y de predicción del rendimiento físico (Lesnak et al., 2020; Martínez Hernández, 2014).

## **Capítulo III METODOLOGÍA**

### **1. Tipo de estudio**

El presente estudio es un metaanálisis, estos son revisiones sistemáticas en las que se aplican técnicas estadísticas para el análisis cuantitativo de los resultados de un conjunto de estudios sobre un tema común. El principal aporte de la técnica metaanalítica es el análisis estadístico de los resultados cuantitativos (tamaños del efecto) que se derivan de los datos de los estudios, al considerar que constituyen la parte más objetiva de las investigaciones (Borenstein et al., 2009; Marín et al., 2009).

### **2. Fuentes de información**

Para la búsqueda se utilizaron las palabras claves tanto en idioma inglés como español y que se encontraran tanto en el título como en el resumen. Las palabras claves fueron: ejercicios excéntricos, fortalecimiento excéntrico, fuerza muscular, dolor, tendinopatía, tendinopatía de Aquiles, tendinopatía patelar, lesión ligamento cruzado anterior. Eccentric exercises, muscle strenght, pain, tendinopathy, Achilles tendinopathy, patelar tendinopathy, anterior cruciate ligament injury.

El proceso de búsqueda se realizó en las siguientes bases de datos: Pubmed, Academic Search Ultimate, Rehabilitation & Sports Medicine Source, Science Direct, Scopus, SPORTDiscus y Springer.

Además, en cada búsqueda realizada en las bases de datos, se solicitó que los artículos estuvieran a texto completo y accesibles para descargar.

### **Criterios de selección**

Ante el análisis del estado actual de la información, se determinó establecer como límite para la búsqueda de estudios experimentales el año 1998, dado que es el año más antiguo en el que un estudio cumplía con los criterios para ser metanaalizado. Este estudio está presente en 3 de las 10 revisiones sistemáticas encontradas (Habets y van Cingel, 2015; Malliaras et al. 2013; Satyendra y Byl, 2006). Considerando lo anterior, para la presente investigación se

incluyeron todos los estudios de estas revisiones sistemáticas encontradas, así como otros estudios que no habían sido incluidos en estas revisiones sistemáticas. Por lo anterior, para este metaanálisis, la inclusión de estudios tuvo en consideración los siguientes criterios:

1. Estudios experimentales y cuasi experimentales.
2. Estudios publicados en inglés o español.
3. Estudios desde el año 1998 al 2021
4. Estudios que incluyeran a población entre los 15 y 65 años de edad, con diagnóstico de una lesión músculo esquelética de la extremidad inferior (tendinopatía patelar o de Aquiles o lesión del ligamento cruzado anterior de manejo conservador o manejo quirúrgico).

Por su parte, los criterios de exclusión para este metaanálisis fueron: estudios incompletos que no reflejaran la totalidad de los resultados, estudios que no permitieran calcular el tamaño del efecto (sin datos de promedios y desviaciones estándar del pre y post test), así como estudios que en sus grupos de intervención además de ejercicios excéntricos hayan realizado otra modalidad de ejercicio o aplicación de otro tratamiento complementario.

### **Evaluación de la calidad de los estudios**

Se utilizó la escala PEDro (Physiotherapy Evidence Database) para evaluar la calidad de los diseños experimentales incluidos en el presente estudio y presentar esta información como aporte a la descripción de los estudios que se metaanalizaron.

Esta escala considera diferentes criterios, en la cual se puede establecer si los estudios tienen suficiente validez externa (criterio 1) e interna (criterios 2-9), así como suficiente información estadística para hacer que los resultados sean interpretables (criterios 10-11) (Albanese et al., 2019; Moseley et al., 2019; Moseley et al., 2020). Los 11 criterios que contempla esta herramienta son:

1. Criterios de elección especificados: este criterio se cumple si el artículo describe la fuente de obtención de los sujetos, así como los criterios de inclusión que deben cumplir para que puedan ser incluidos en el estudio.
2. Asignación aleatoria de los sujetos y grupos.
3. Asignación oculta: este criterio se cumple si la persona que determina si un sujeto es susceptible de ser incluido en un estudio, desconocía a que grupo iba a ser asignado.
4. Los grupos fueron similares al inicio de las intervenciones: en este criterio el evaluador debe asegurarse de que los resultados de los grupos no difieran en la línea base de forma significativa.
5. Sujetos cegados.
6. Terapeutas cegados.
7. Evaluadores que midan al menos un resultado clave cegados.
8. Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidos en más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos.
9. Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento, así como los resultados de los sujetos que fueron asignados al grupo control.
10. Este criterio se cumple cuando se reportan comparaciones estadísticas entre grupos. Para que se cumpla este criterio debe existir comparación de dos o más tratamientos, o la comparación de un tratamiento con una condición de control.
11. Presentación de medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave. Una estimación puntual es una medida del tamaño del efecto del tratamiento que debe ser descrito como la diferencia en los resultados de los grupos, o como el resultado en cada uno de los grupos. Las medidas de la variabilidad incluyen desviaciones estándar, errores estándar, intervalos de confianza, rangos intercuartílicos (u otros rangos de cuantiles), y rangos.

### **3. Proceso de búsqueda**

Inicialmente se realizó una revisión de artículos y revisiones sistemáticas de los efectos de los ejercicios excéntricos en lesiones músculo esqueléticas de la extremidad inferior, determinando así el estado actual de información que existía. Se encontraron un total de 10 revisiones sistemáticas, enfocadas al análisis de estudios en los que aplicaron ejercicios

excéntricos como tratamiento para lesiones músculo esqueléticas de la extremidad inferior. Una de ellas era una revisión sistemática con metaanálisis, la cual se enfatizó en la tendinopatía de Aquiles (Murphy et al., 2019). Otras seis revisiones sistemáticas (Frizziero et al. 2014; Habets y van Cingel, 2015; Malliaras et al. 2013; Meyer et al. 2009; Satyendraa y Byl, 2006; Wasielewski y Kotsko, 2007) y una revisión narrativa (Jayaseelan et al., 2019) estudiaron los efectos de los ejercicios excéntricos en la tendinopatía de Aquiles.

Con respecto al efecto de los ejercicios excéntricos en lesiones del LCA, únicamente se encontró una revisión sistemática (Lepley y Palmieri-Smith, 2013) la cual incluyó cuatro estudios siendo el más antiguo el de Coury et al. (2006). No obstante, también se encontró otra revisión sistemática que analizó el efecto de los ejercicios excéntricos en múltiples lesiones músculo esqueléticas, entre las cuales se encontraban la tendinosis patelar y de Aquiles, así como lesiones del LCA (Frizziero et al., 2014), sin embargo, esta revisión sistemática únicamente incluyó un estudio de los ejercicios excéntricos en lesiones del LCA (Gerber et al., 2009).

Por último, se encontró una única revisión sistemática que estudio exclusivamente la tendinopatía patelar (Yin y Hui, 2017), en la que se comparó el efecto del ejercicio excéntrico, isométrico y el entrenamiento pesado de resistencia lenta (*heavy slow resistance*). Además, se encontraron otras tres revisiones sistemáticas en las cuales se incluyeron tanto la tendinopatía patelar como la de Aquiles (Frizziero et al., 2014; Malliaras et al., 2013; Wasielewski y Kotsko, 2007).

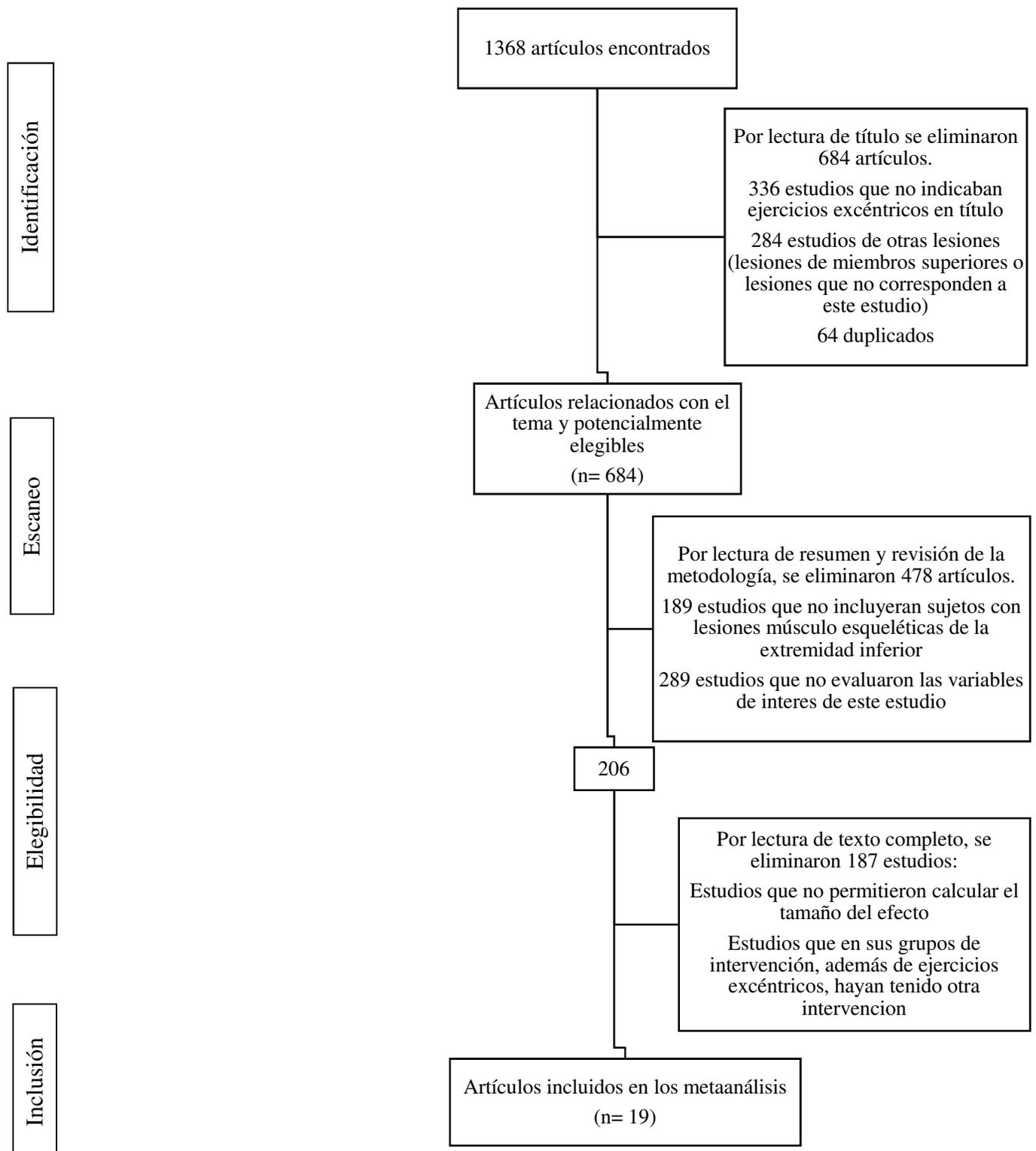


Figura 3. Diagrama de flujo sobre proceso de identificación, filtración y elección de artículos para el metaanálisis.

### Proceso de colecta de datos

Para obtener la información de los estudios se realizó una revisión de estadísticos descriptivos, extrayendo así datos de promedios, desviaciones estándar y el número de sujetos para cada uno de los grupos en los estudios seleccionados. Asimismo, otros datos como la edad, el tipo de lesión y la duración de los tratamientos se tomaron en cuenta, para el análisis de las variables moderadoras.

### Variables

Las variables dependientes que se estudiaron en este metaanálisis fueron la fuerza muscular y el dolor. La variable independiente de este estudio fue los ejercicios excéntricos y como variables moderadoras se determinaron el tipo de lesión músculo esquelética de la extremidad inferior, la edad, la duración y frecuencia del tratamiento (ver tablas 3, 4 y 5).

Cuadro 3.

*Clasificación de las variables según su función o naturaleza.*

Independiente	Dependiente	Moderadoras
Ejercicios excéntricos	Fuerza muscular Dolor	a. Edad b. Tipo de lesión c. Duración del tratamiento (semanas) d. Frecuencia del tratamiento (veces por semana)

Cuadro 4.

*Clasificación de las variables según su nivel de medición.*

Continuas o métricas	Discretas o no métricas
Fuerza muscular (razón) Dolor (razón)	Tipo de lesión (nominal)

Cuadro 5.  
*Variables dependientes y sus instrumentos de evaluación.*

Variables dependientes	Evaluación de variables
1- Fuerza muscular	1. Dinamómetro isocinético
2- Dolor	2. Escalas VISA, escala del dolor, Lysholm

#### 4. Análisis estadístico

La elección del diseño estadístico y las fórmulas utilizadas en el presente estudio tuvieron la finalidad de buscar evidenciar efectos entre el pre-post test de cada grupo, examinando de forma aislada los cambios que se puedan atribuir al tratamiento o intervención mediante ejercicios excéntricos sobre la fuerza muscular y el dolor en sujetos con lesiones músculo esqueléticas de la extremidad inferior. Se aplicó un modelo de efectos aleatorios, esto considerando la heterogeneidad de los TE<sub>i</sub> evaluados por medio de  $Q$  (prueba de heterogeneidad). Asimismo, se decidió utilizar este modelo teniendo la posibilidad de generalizar los resultados a todos los estudios potenciales en este campo.

#### Cálculos de los tamaños del efecto intra-grupos

1- Tamaño de efecto sin corregir (TE):

$$TE = (\text{Media post} - \text{Media pre}) / \text{Desviación estándar pre}$$

2- Tamaño de efecto corregido (TE<sub>c</sub>):

$$c = 1 - [3 / (4 * m - 1)] \text{ siendo } m = n - 1$$

$$TE_c = TE * c$$

3- Varianza del tamaño de efecto corregido:

$$\text{Var} = (1/n) + [TE_c^2 / (2 * (n-1))]$$

4- Corrección de varianza:

$$\text{VarTEc} = c^2 * \text{Var}$$

5- Cálculo de intervalos de confianza:

$$-IC95\% = \text{TEc} - 1.96 * \sqrt{\text{VarTEc}}$$

$$+IC95\% = \text{TEc} + 1.96 * \sqrt{\text{VarTEc}}$$

6- Inverso de varianza (w):

$$w = 1 / \text{VarTEc}$$

### **Cálculos para combinar los resultados de los estudios**

Para la combinación de los resultados de los estudios, se calcularon las pruebas de homogeneidad y heterogeneidad, además, el tamaño de efecto global ponderado con sus respectivos intervalos de confianza al 95%, mediante las siguientes formulas:

- Prueba de heterogeneidad (Q):

$$Q = \sum(w * \text{TEc}^2) - ((\sum(w * \text{TEc}))^2 / \sum w)$$

- Cálculo de I2:

$$I^2 = [Q - (n-1)] / Q$$

"n" es la cantidad de tamaños de efecto individuales a partir de los que se calcula TEpp.

- Cálculo del estadístico T2:

$$T^2 = ((Q - (k-1)) / (\sum w - (\sum w^2 / \sum w)))$$

- Cálculo de W\*:

$$W^* = 1 / (\text{VarTEc} + T^2)$$

- Cálculo del tamaño de efecto promedio ponderado aleatorizado (TEpp):

$$TEpp = \frac{\sum(W \cdot TEc)}{\sum W}$$

- Cálculo de la varianza del tamaño de efecto promedio ponderado (VarTEpp):

$$VarTEpp = \frac{1}{\sum W}$$

- Cálculo de intervalos de confianza del TEpp:

$$-IC95\% = TEpp - 1.96 \cdot \sqrt{VarTEpp}$$

$$+IC95\% = TEpp + 1.96 \cdot \sqrt{VarTEpp}$$

### **Procesos de análisis de variables moderadoras**

Para examinar el efecto de variables moderadoras, se utilizaron pruebas de seguimiento comparativas (análisis de varianza análogo) así como su respectivo test de seguimiento (post hoc), en busca de establecer si el género, así como el tipo de lesión músculo esquelética tuvieron un efecto significativo ante la realización de ejercicios excéntricos. Asimismo, una prueba comparativa fue utilizada para buscar si los ejercicios vs otros tipos de intervenciones tuvieron una mejor respuesta en cuanto al dolor y la fuerza muscular en los grupos controles.

Por otra parte, para las variables continuas (edad en años, duración total de la intervención en semanas y frecuencia del tratamiento en semanas) se realizaron análisis de regresión de mínimos cuadrados ponderados. Para ambos análisis se utilizó el programa Excel y para obtener algunos valores que se requerían para el análisis de variables continuas se realizaron regresiones lineales por medio del paquete estadístico SPSS.

#### *Análisis de varianza análogo:*

Para este análisis inicialmente se estimó el estadístico *QT*, que consiste en la resta del total de los tamaños de efecto corregidos al cuadrado entre la varianza y la sumatoria al cuadrado de los tamaños de efecto corregido entre la varianza, que a su vez se divide entre la suma de los inversos de la varianza, lo cual corresponde la siguiente fórmula:

$$QT = \Sigma(\text{TEC}^2/\text{Var}) - [(\Sigma\text{TEC}/\text{Var})^2 / (\Sigma 1/\text{Var})]$$

Para estimar los  $Q_w$  de cada grupo ( $Q_{w1} + \dots + Q_{wn}$ ) se aplicó la misma fórmula de  $Q_t$  con los datos correspondientes de cada categoría, los cuales posteriormente se suman para obtener el resultado del estadístico  $Q_w$ . Finalmente, el  $Q_B$  se obtiene de la resta de  $Q_T$  menos  $Q_w$  el cual se contrasta con el estadístico de Chi cuadrado correspondiente al 95% de confianza según los grados de libertad ( $gl$ ) (categorías-1), confirmando o rechazando la hipótesis nula de que los TE son relativamente homogéneos entre los grupos, lo cual está determinado en si el estadístico  $Q_B$  es superior o no al valor crítico de Chi cuadrado.

$$Q_w = Q_{w1} + \dots + Q_{wn}$$

$$Q_B = Q_T - Q_w$$

En los casos en que  $Q_B$  era superior a los valores críticos de chi cuadrado y hubieran más de dos categorías, se realizó análisis de seguimiento post hoc el cual consiste en el contraste entre las distintas categorías, identificando aquellos intervalos de confianza distintos de cero que evidencian que existen diferencias estadísticamente significativas entre las categorías que se contrastan. Estos intervalos de confianza fueron calculados a partir de los resultados de los estadísticos  $g$  (relacionados con los TE de las categorías) y  $vg$  (relacionados con las varianzas de los TE de las categorías), los cuales se calculan con la asignación de los valores -1, 1 y 0 multiplicados por los TE (en el caso del estadístico  $g$ ), y las varianzas al cuadrado (en el caso del estadístico  $vg$ ), respectivas, según el valor asignado a cada categoría y que posteriormente se suman obteniendo los estadísticos  $g$  y  $vg$ .

*Análisis de regresión lineal de mínimos cuadrados ponderados:*

Para este análisis se realizó inicialmente una regresión lineal utilizando el programa estadístico SPSS, colocando como variable dependiente los TE<sub>c</sub>, y como independientes a las variables moderadoras continuas, utilizando además los inversos de la varianza como factor de ponderación.

De los resultados se obtuvieron los estadísticos del cuadrado medio del residual ( $cmr$ ), el beta no estandarizado ( $Bne$ ) y el error típico ( $et$ ), de la tabla de ANOVA correspondiente, para de esta manera calcular el error típico corregido ( $Sj$ ), y a su vez los intervalos de confianza al 95%, esto mediante las siguientes fórmulas:

$$Sj = et / (\sqrt{cmr}).$$

$$\text{Intervalos de 95\% de confianza (IC): } IC = Bne \pm (Sj * 1,96)$$

En los IC se observó si la inclusión del cero estaba dentro de este, siendo esto indicativo de que la beta correspondiente no difería de cero con 95% de confianza. Mientras que el valor  $Z$  (valor absoluto) debía superar el valor crítico de 1.96 para indicar que el beta respectivo era diferente de cero y por ende la variable independiente respectiva ser moderadora. Este valor de  $Z$  se obtuvo a partir de la fórmula:

$$Z = Bne / Sj$$

### **Proceso de evaluación del sesgo en los resultados**

Para la evaluación del sesgo se utilizó la prueba de egger, así como el gráfico de embudo (funnel plot), los cuales se obtuvieron por medio del paquete estadístico Jamovi utilizando el módulo *Major*. En cuanto a la prueba de egger esta se basa en una regresión ajustada, estableciendo si existe o no simetría en el gráfico de embudo mediante el nivel de significancia  $p < 0,10$ . Mientras tanto, el funnel plot es un gráfico de dispersión donde en el eje horizontal se grafica los TE, y en el eje vertical se grafica el inverso del error estándar para su respectivo TE, determinado así la simetría según la dispersión de los estudios.

### **Proceso de evaluación de pruebas de sensibilidad**

La evaluación de la sensibilidad de los metaanálisis, se realizó por medio del Jamovi, donde a través del forest plot, se visualizaron los estudios con valores extremos, los cuales se fueron eliminado de forma progresiva para observar el comportamiento de los TE globales ponderados, así como sus respectivos intervalos de confianza. Asimismo, de forma

simultánea se examinaban los cambios que se iban generando en la regresión de egger mediante el valor  $p$  de esta prueba.

## **Capítulo IV**

### **RESULTADOS**

Se encontraron un total de 8 revisiones sistemáticas relacionadas al ejercicio excéntrico y su intervención en tendinopatía del tendón de Aquiles, siendo una de ellas una revisión sistemática con metaanálisis (Murphy et al., 2019). Tal y como se evidencia el mayor número de estudios experimentales revisados sistemáticamente de ejercicios excéntricos en lesiones de la extremidad inferior han sido efectuados en tendinopatía del tendón de Aquiles. Estos estudios, si bien señalan efectos positivos del ejercicio excéntrico en la tendinopatía del tendón de Aquiles, los mismos concluyen que se requieren más investigaciones para determinar las respuestas fisiológicas que producen estos ejercicios.

La revisión sistemática encontrada del efecto de los ejercicios excéntricos sobre lesiones del LCA (Lepeley y Palmieri, 2013), tuvo como objetivo determinar los cambios en la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes con reconstrucción del LCA, en la cual se utilizaron un total de 4 estudios, siendo únicamente 2 de ellos aleatorizados, por lo que estos son insuficientes para determinar el efecto del ejercicio excéntrico sobre la fuerza muscular de este músculo, necesitando más intervenciones sobre las ganancias o no, en fuerza muscular con estos ejercicios, tanto en esta lesión como en otras que afectan a la extremidad inferior. Con respecto al efecto de los ejercicios excéntricos en tendinosis patelar, únicamente existe una revisión sistemática de la intervención de estos ejercicios exclusivamente en esta lesión, sin embargo, sí se incluye esta lesión en tres revisiones sistemáticas (Frizziero et al., 2014; Malliaras et al., 2013; Wasielewski y Kotsko, 2007).

Los estudios encontrados (ver tabla 6) sugieren que se necesitan más investigaciones que puedan establecer los efectos de los ejercicios excéntricos en las lesiones músculo esqueléticas, ya que muchas de las intervenciones realizadas no llegan a un consenso. La mayoría de estudios han complementado además del ejercicio excéntrico, otras intervenciones terapéuticas, por lo tanto, existe controversia con respecto al efecto puro de estos ejercicios sobre la fuerza muscular y el dolor.

Cuadro 6.

*Revisiones sistemáticas encontradas sobre el ejercicio excéntrico en lesiones músculo esqueléticas de la extremidad inferior.*

Autores y año de estudio	Estudios incluidos	Lesión (es), abordadas en el estudio	Estudios incluidos dentro de este metaanálisis	Observaciones
Satyendraa y Byl (2006)	7	TA	1	Solo 2 estudios aleatorizados
Wasielowski y Kotsko (2007)	11	TA, TP	3 TP	RS estudios aleatorizados controlados
Meyer et al. (2009)	3	TA	1	RS de estudios aleatorizados
Lepeley y Palmieri (2013)	4	LCA	2	2 estudios aleatorizados y 2 estudios de cohorte
Malliaras et al. (2013)	32	TA, TP	6	Compara diferentes programas que incluyen fase excéntrica durante los ejercicios
Frizziero et al. (2014)	43	LCA, TA, TP	7 TA, 4 TP	29 estudios de TA, 13 estudios de TP, 1 estudio LCA
Habets y van Cingel (2015)	14	TA	3	Únicamente 2 estudios son de los últimos 10 años. Estudios aleatorizados
Yin y Hui (2017)	15	TP	5	Se comparó ejercicio isométrico excéntrico y <i>heavy slow resistance</i> , 10 estudios ejercicio excéntrico
Jayaseelan et al. (2019)	7	TA	4	Revisión narrativa, 3 estudios de los últimos 10 años
Murphy et al. (2019)	7	TA	3	Revisión sistemática con metaanálisis

Nota: TA: Tendinopatía del tendón de Aquiles, TP: Tendinopatía del tendón patelar, LCA: Ligamento cruzado anterior



---

Purdam et al. (2003)			x			x
Jonsson y Alfredson (2005)	x		x	x		x
Francys Vidmar et al. (2019)						
Gerber et al. (2009)			x			
Brasileiro et al. (2011)			x			
Canell et al. (2001)	x			x	x	x

---

En la tabla 8, se muestra un resumen descriptivo con las características, y metodología de los estudios que fueron incluidos en la presente investigación metaanalítica.

Cuadro 8.

*Características metodológicas de los estudios incluidos dentro de los metaanálisis realizados tanto para grupos controles como experimentales sobre el dolor y la fuerza muscular*

Estudio	Características de la población				Características de la intervención		
	N	Edad	Genero	Diseño	Variable	Duración	Actividad
<b><i>Tendinosis aquilea</i></b>							
* Yu et al. (2013)	16	20,14	Fem	Aleatorio	Dolor (VAS)	8 semanas, 3v/semana (ambos grupos)	3x15, mant 10 seg (combinación métodos Curwin y Stanish + Alfredsn)
	**16	20,4	Fem		FM		3x15, mant 10 seg + estiramientos 10 seg, 5 repts (Ejercicios concéntricos)
* Zhang et al. (2013)	32	51,2	Ambos	Aleatorio	Dolor (VISA A)	8 semanas, 3v/semana (ambos grupos)	3 series, 15 repeticiones
	**32	51,4	Ambos				Acupuntura 4 agujas, diámetro 0,35mm, longitud 40mm, angulación de 15°

Knobloch et al. (2010)	25	50	Fem	Por genero	Dolor (VISA A)	12 semanas	6x15
	38	50	Masc			7v/semana (ambos grupos)	
* Alfredson et al. (1998)	15	44,3	Ambos	NO reporta	Dolor (VAS)	12 semanas	3x15
	**15	39,6	Ambos			FM Cirugía Cirugía + Ejercicios terapéuticos	
* Chester et al. (2008)	8	59	Ambos	Aleatorio	Dolor (VAS)	6 semanas	3x15, manteniendo 10 seg
	**8	48	Ambos			6 semanas 2v/semana US pulsado 3MHz, 0.5w/cm2, 2min/cm2	
* Rompe et al. (2008)	25	39,2	Ambos	Aleatorio	Dolor (VISA A)	12 semanas	3x15, descanso de 1 min entre series (5kg de peso se agregaban en las progresiones)
	**25	40,4	Ambos			12 semanas 1v/semana OC 2000 pulsos con una presión 2.5 bares (Densidad flujo de energía de 0,12 mJ / mm2). 8 pulsos por segundo	
* Horstman et al. (2013)	19	45,7	Ambos	Aleatorio	Dolor (VAS)	12 semanas	2 ejercicios realizados. 3x 15

	**23	46	Ambos			3v/semana (todos los grupos)	Entrenamiento vibración + 5-10min banda sin fin al inicio y final del tratamiento Galileo fit (Novatec medical GmbH),
	**16	44,4	Ambos				Llenaron un registro de actividad anotando duración tipo tiempo, e intensidad de sus actividades físicas.
Stevens y Tan (2014)	15	48,2	Ambos	Aleatorio	Dolor (VISA A)	6 semanas 7v/semana 2v/día	180 elevaciones talón por día / 3x15 en 2 diferentes posiciones
	13	49,2	Ambos			(ambos grupos)	Misma actividad únicamente que 2do grupo realizo lo tolerado
* Kearney et al. (2013)	10	49,9	Ambos	Aleatorio	Dolor (VISA A)	12 semanas 7v/semana	2 ejercicios, 2 veces al día / 3x15. Total 180 reps por día (Alfredson)
	**10	47,8	Ambos				PRP, 52ml de sangre + 5ml of anticoagulante fueron centrifugados por 12min a 2400rpm. Después de la centrifugación se extrajeron las plaquetas (3-5ml), y fueron inyectadas al tendón de Aquiles. 5 inyecciones al tendón
* Rompe et al. (2007)	25	48,1	Ambos	Aleatorio	Dolor (VISA A)	12 semanas 7v/semana	3x15, 1 min de descanso entre series. Aumentos de 5kg progresivamente

	**25	51,2	Ambos			12 semanas 3v/semana	OC radial. Aplicador de 15mm. 2000 pulsos, presión 3 bars (0,1 mJ/mm <sup>2</sup> ). Frecuencia tratamiento 8 pulsos/sec
	**25	46,4	Ambos			12	Esperar y ver, Ejercicios de estiramiento, equipos ergonómicos y fármacos si fuera necesario
* Beyer et al. (2015)	25	48	Ambos	Aleatorio	Dolor (VISA A)	12 semanas 7v/semana	3x15 (Excéntricos unilaterales Descanso de 2 min entre series y 5 min entre los 2 ejercicios
	**22	48	Ambos				HSRT con equipos de resistencia en un gimnasio. Cada sesión consistió en tres ejercicios de dos piernas / 3x15
<b><i>Tendinosis Patelar</i></b>							
* Kongsgard et al. (2009)	12	31,3	Masc	Aleatorio	Dolor (VISA P) FM	12 semanas 7v/semana 2v/día	3x15 sentadillas excéntricas unilaterales. 3 s completando cada repetición y 2min de descanso mínimo entre series
	**12	34,3	Masc			12 semanas (Sem 1 y 4)	Inyecciones corticoesteroide guiadas por ultrasonido de 1 ml de 40 mg / ml de metilprednisolona en 0,5 ml lidocaína (1%) en el tejido peritendinoso Una segunda inyección se administró 4 semanas después de acuerdo con la clínica

	**13	31,7	Masc			12 semanas 3v/semana	HSRT, 3 ejercicios bilaterales: sentadilla, press pierna and sentadilla trasera / 4 series de cada ejercicio con un descanso de 2-3 minutos entre series
Eapen et al. (2011)	20	27,5	Ambos	Estudio piloto no aleatorizado	Dolor / SF-36 FM	2 semanas 3v/semana	3min calentamiento, 30 seg estiramiento, posteriormente Ejercicio en Baltimore Therapeutic Equipment
Purdam et al. (2003)	9	22	Ambos		Dolor (VAS)	12 semanas 7v/semana	3x15, Sentadilla
	8	28	Ambos			2v/día	3x15, Sentadilla en declive 3x15
* Jonson y Alfredson (2005)	8	25,7	Ambos	Aleatorio	Dolor (VISA P)	12 semanas 7v/semana 2v/día	4 series, 15 repeticiones (Concéntricos)
	**7	24,1	Ambos			(ambos grupos)	
* Canell et al. (2001)	10	26	Ambos	Aleatorio	FM		3x20, 1 vez al día Sentadillas
	**9	26	Ambos				3x10, 1 vez al día. Concéntricos

Duración de cada repetición de inicio a fin de aprox 5 seg con un mantenimiento aprox 2 seg. Se llega a ext máxima y en la flex a 90 grados

**LCA**

Francys Vidmar et al. (2019)	15	24,3	Masc	Aleatorio	Dolor (Lysholm score)	6 semanas 2v/semana	3-4 series de 10 contracciones excéntricas de extensión máxima de rodilla (Para ambos grupos) Grupo1: Entrenamiento excéntrico convencional Grupo 2: Entrenamiento excéntrico isocinético
	15	26,9	Masc		FM	6	
* Gerber et al. (2009)	20	29,3	Ambos	Aleatorio	Dolor (Lysholm score)	12 sem ambos grupos	Ejercicios excéntricos en dinamómetro / Duración de sesiones iniciales 5min, se les permitió progresar hasta los 50min según capacidad individual  Rehabilitación estándar Ejercicios con pesas, entrenamiento funcional y de resistencia/
	**20	29,3	Ambos		FM	Duración de 30min	
Brasileiro et al. (2011)	9	31,3	Masc	Único grupo, voluntarios	FM	12 semanas 2v/semana	3x10 / 5 rep velocidad de 30 y 5 rep velocidad 120

Nota: \*: estudios con grupos controles; \*\*: grupos controles; TA: tendinopatía del tendón de Aquiles; TP: tendinopatía del tendón patelar; LCA: ligamento cruzado anterior; FM: fuerza muscular; DE: variable dolor para grupos experimentales; DC: variable dolor para grupos controles; FME: variable fuerza muscular para grupos experimentales; FMC: variable fuerza muscular para grupos controles. Los estudios que no tienen asterisco fueron estudios en los cuales únicamente había uno o más grupos experimentales.

Los datos que se muestran en la tabla 9, resumen los resultados del efecto de los ejercicios excéntricos sobre el dolor y la fuerza muscular, los cuales corresponden a los tamaños de efecto intra-grupo de los grupos experimentales y controles (pre-post). Los resultados evidencian que existe un efecto significativo en la disminución del dolor tanto en los grupos experimentales como controles, teniendo una magnitud del efecto grande para los dos grupos. Asimismo, hay un efecto significativo en el aumento de la fuerza muscular para ambos grupos, sin embargo, los grupos controles muestran una magnitud del efecto pequeña, a diferencia de los grupos experimentales que evidencian una magnitud del efecto grande (Cohen, 1988).

## Resultados de los metaanálisis y gráficos de forest plot

Cuadro 9.

*Resultados de los metaanálisis del efecto del ejercicio excéntrico sobre el dolor y la fuerza muscular en los grupos experimentales y grupos controles.*

	Grupo	n estudios	n sujetos	n TE	TE	95% confianza		Q	I <sup>2</sup>	Z	Regresión Egger
						IC-	IC+				
Dolor	DE	17	373	21	-1,6	-2	-1,2	120,46	87%	-7,65	$p = 0,001$
	DC	12	269	15	-1,9	-2,6	-1,1	139,63	94%	-4,86	$p = 0,001$
Fuerza muscular	FME	8	132	9	0,9	0,5	1,2	24,69	69%	5,02	$p = 0,001$
	FMC	5	85	6	0,3	-0,06	0,7	14,57	68%	1,65	$p = 0,383$

Nota: DE: variable dolor para grupos experimentales; DC: variable dolor para grupos controles; FME: variable fuerza muscular para grupos experimentales; FMC: variable fuerza muscular para grupos controles.  $p < 0.10$  = existe sesgo de publicación.

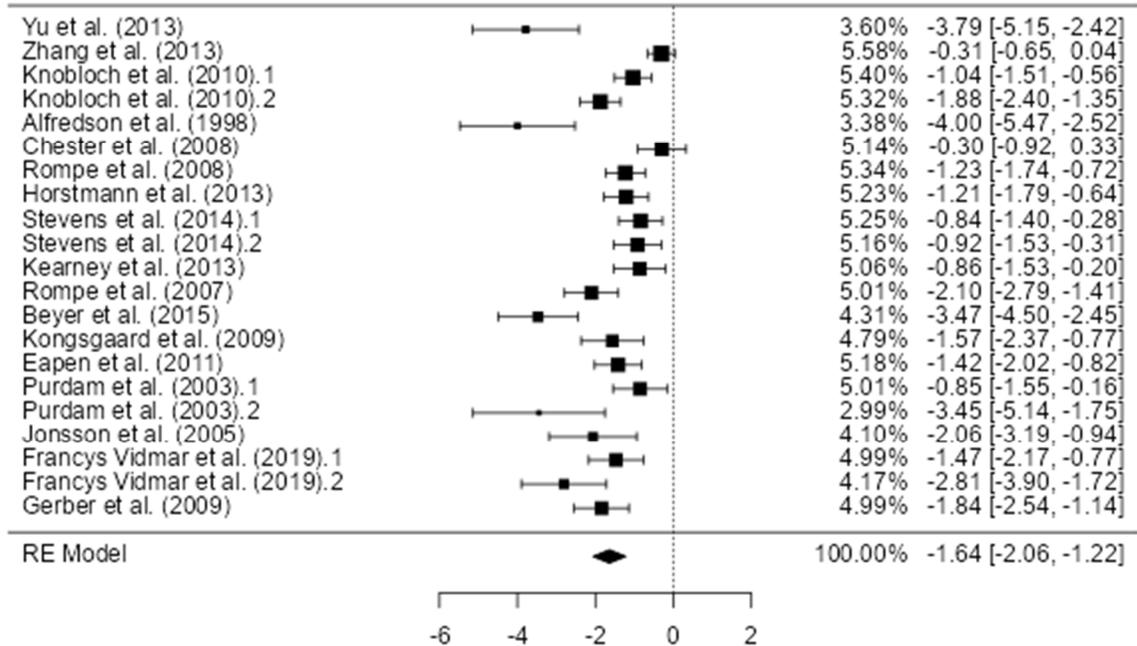
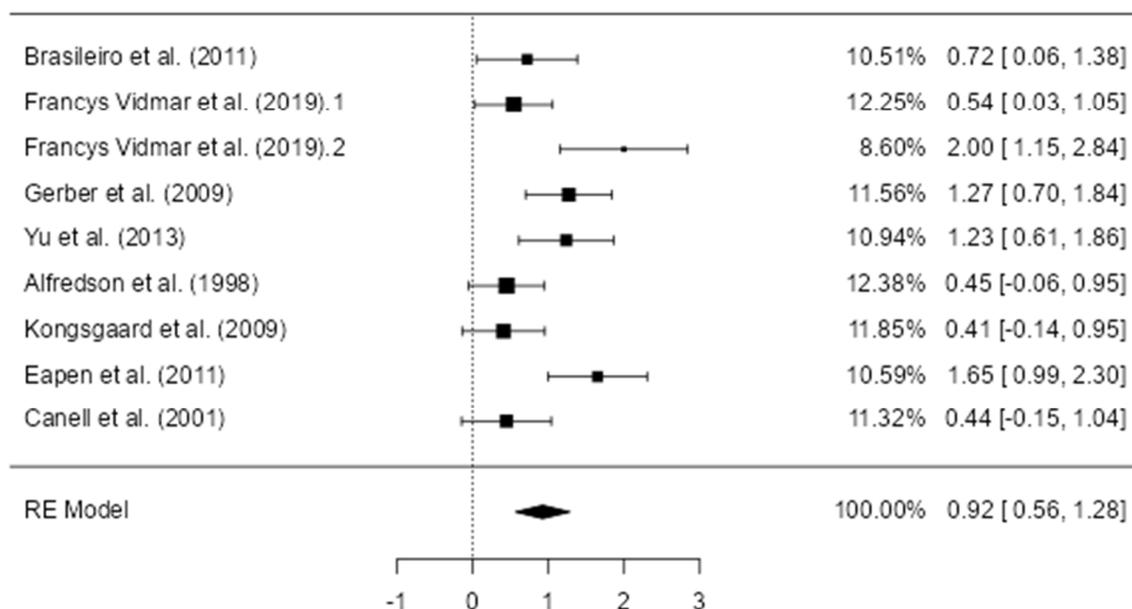


Figura 4. Forest plot de TEic y TEpp del ejercicio excéntrico sobre el dolor en los grupos experimentales

En la figura 4, se presentan los resultados del TE individual de los estudios donde se examinó el efecto del ejercicio excéntrico sobre el dolor, así como el tamaño de efecto promedio ponderado. De los 17 estudios se calcularon 21 TE siendo el tamaño del efecto promedio ponderado distinto de cero estadísticamente (TEpp= -1.6, 95% IC [-2, -1.2]).

De los 21 TE a partir de los cuales se obtuvo este promedio, 2 de ellos no fueron distintos de cero, para todos los demás se obtuvo un efecto grande sin embargo algunos muestran tamaños de efecto extremos en relación con otros.

Esta heterogeneidad entre los TE individuales se comprobó mediante la prueba de  $I^2$  en la que se obtuvo un 87% de heterogeneidad (ver tabla 9).



*Figura 5.* Forest plot de TEic y TEppg del ejercicio excéntrico sobre la fuerza muscular en los grupos experimentales

En la figura 5, se observan los TE individuales de los estudios en los que se examinó el cambio producido por el ejercicio excéntrico para la variable dependiente fuerza muscular. De los 8 estudios, fueron calculados 9 tamaños del efecto, siendo 3 de ellos no distintos de cero estadísticamente (Alfredson et al., 1998; Canell et al., 2001; Kongsgaard et al., 2009), mientras que 5 estudios presentaron una magnitud grande. El tamaño del efecto promedio ponderado fue distinto de cero (TEpp= 0.92, 95% IC [0.5, 1.2] y la heterogeneidad que se evidenció por medio de la prueba del  $I^2$ , fue del 69%, lo cual se clasifica como una heterogeneidad media.

## **Análisis de variables moderadoras**

Para el análisis de las variables moderadoras, se tomaron en cuenta distintas características reportadas en los estudios metaanalizados que pudieran explicar la heterogeneidad encontrada. A continuación, se describen las variables moderadoras evaluadas en esta investigación:

### **1. Variables categóricas:**

- a. Género (1=Femenino; 2=Masculino; 3=Mixto).
- b. Tipo de intervención: evaluada en los grupos controles tanto para la variable dolor como fuerza muscular (1= Otra modalidad de ejercicio; 2= Otro tipo de intervención).
- c. Tipo de lesión (1=TA; 2=TP; 3=LCA).

### **2. Variables continuas:**

- a. Edad (años).
- b. Duración total de la intervención (semanas).
- c. Frecuencia (veces por semana).

Las variables moderadoras categóricas fueron analizadas por medio de análisis de varianza (ANOVA) análogo y test de ómnibus (post hoc), mientras que las continuas por medio de regresión de mínimos cuadrados ponderados.

## Análisis de seguimiento de variables moderadoras categóricas

Cuadro 10.

*Análisis de varianza análogo de variables moderadoras*

Variable moderadora	Grupos de los estudios	Niveles	TE	nTE	95% confianza		QB	gl	Valor critico chi cuadrado	Test seguimiento Post hoc
					IC-	IC+				
Género	DE	Mujeres	-1,33	2	-1,77	-0,88	13,71	2	5,99	≠ hombres y mixtos
		Hombres	-1,81	4	-2,16	-1,46				
		Mixtos	-1,08	15	-1,24	-0,92				
	DC	Mujeres	-2,94	1	-4,04	-1,84	10,57	2	5,99	≠ mujeres y hombres, ≠ mujeres y mixtos
		Hombres	-1,13	2	-1,31	-0,94				
		Mixtos	-1,36	12	-1,88	-0,84				
	FMC	Mujeres	1,19	1	0,57	1,80	11,13	2	5,99	≠ mujeres y hombres, ≠ mujeres y mixtos
		Hombres	0,38	2	0,002	0,76				
		Mixtos	0,05	3	-0,22	0,33				
Tipo lesión	DE	TA	-1,10	13	-1,26	-0,93	11,24	2	5,99	≠ TA y LCA
		TP	-1,45	5	-1,81	-1,09				
		LCA	-1,85	3	-2,30	-1,40				
	DC	TA	-1,24	11	-1,44	-1,04	15,19	2	5,99	≠ TA y LCA, ≠TA y TP, ≠TP y LCA
		TP	-0,74	3	-1,14	-0,34				
		LCA	-2,68	1	-3,60	-1,76				

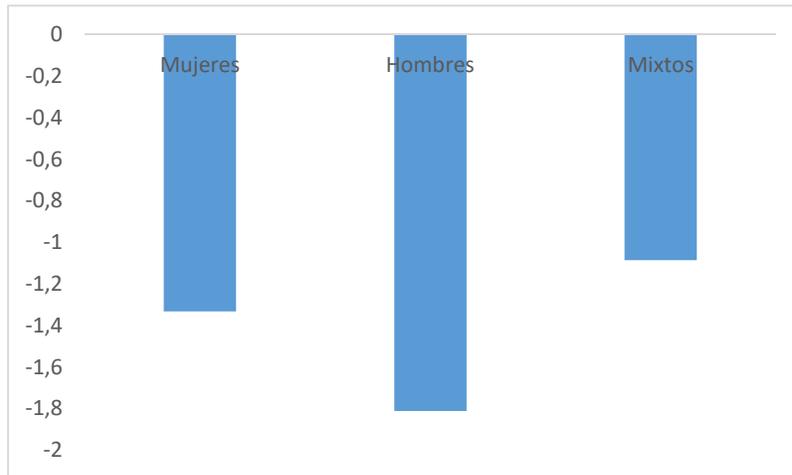
Nota: DE: variable dolor para grupos experimentales; DC: variable dolor para grupos controles; FME: variable fuerza muscular para grupos experimentales; FMC: variable fuerza muscular para grupos controles. gl: (categorías -1).  $\chi^2$  con un nivel de significancia de ,05

(95% confianza): 5,99.  $Q_b > \chi^2$  (95% confianza): los TE de los niveles que se compara son heterogéneos (existen diferencias entre al menos dos de ellos). nTE: cantidad de tamaños de efecto individuales.

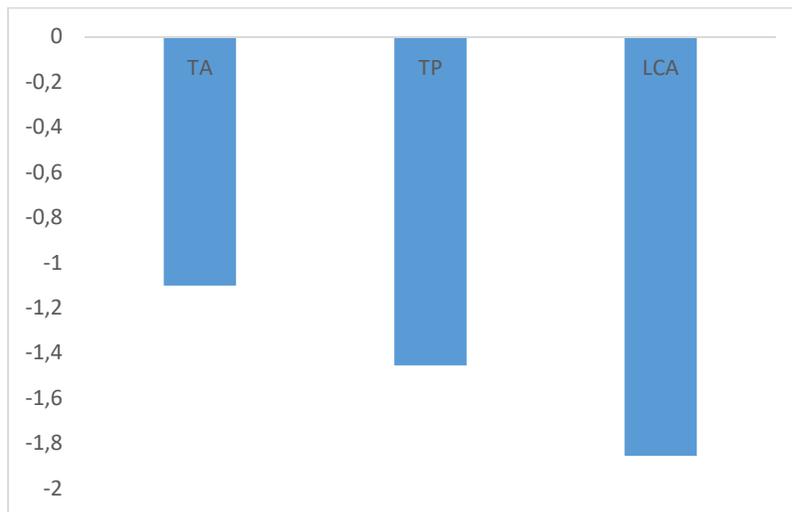
En la tabla 10, se muestran los resultados de los análisis de varianza análogo para las variables moderadoras categóricas. En esta tabla se registraron únicamente los resultados en los que se encontraron que las variables respectivas generaban un efecto moderador de los tamaños del efecto. Esto se evidencio en el género y tipo de lesión para la variable dolor tanto en los grupos experimentales como controles, así como el género en la variable fuerza muscular en los grupos controles. Por otra parte, los análisis que no mostraron efectos moderadores, se registraron en la tabla 14 en el apartado de anexos.

## Gráficos de variables moderadoras categóricas

En este apartado, se muestran los gráficos de las variables moderadoras categóricas que evidenciaron diferencias estadísticamente significativas en los estudios que realizaron ejercicio excéntrico como intervención



*Figura 6.* Análisis de variables moderadoras categóricas (género) para los grupos experimentales en la variable dolor



*Figura 7.* Análisis de variables moderadoras categóricas (tipo de lesión) para los grupos experimentales en la variable dolor

Las figuras 6 y 7, muestran gráficamente los resultados de los análisis post hoc para el género y los tipos de lesión en los grupos experimentales para la variable dolor, evidenciando diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de hombres y mixtos en cuanto al género, así como en los grupos entre tendinopatía de Aquiles y lesiones del LCA para los tipos de lesión.

### **Análisis de seguimiento de variables moderadoras continuas**

Cuadro 11.

*Análisis de regresión de mínimos cuadrados ponderados para las variables moderadoras continuas*

<b>Variable predictora</b>	<b>Grupo</b>	<b>Bne</b>	<b>Sj</b>	<b>IC-</b>	<b>IC+</b>	<b>Z</b>
Edad	DE	0,032	0,0066	0,01	0,04	4,82
Duración intervención	DE	-0,074	0,0232	-0,11	-0,02	-3,18
Duración intervención	DC	0,242	0,0576	0,12	0,35	4,19
Frecuencia por semana	DC	0,197	0,0668	0,06	0,32	2,94
Edad	FME	-0,27	0,0144	-0,29	-0,24	-18,71
Duración intervención	FME	-0,08	0,0293	-0,14	-0,02	-2,89
Frecuencia por semana	FME	-0,13	0,0492	-0,23	-0,04	-2,81
Edad	FMC	-0,04	0,0187	-0,07	-0,004	-2,18
Duración intervención	FMC	-0,24	0,0851	-0,40	-0,07	-2,81
Frecuencia por semana	FMC	-0,54	0,1842	-0,91	-0,18	-2,97

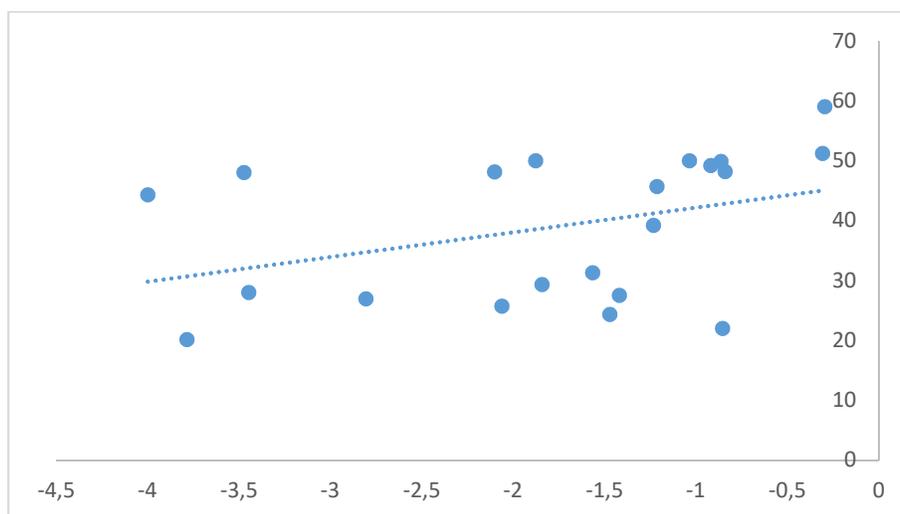
Nota: DE: variable dolor para grupos experimentales; DC: variable dolor para grupos controles; FME: variable fuerza muscular para grupos experimentales; FMC: variable fuerza muscular para grupos controles. Bne: beta no estandarizado. Sj: error típico corregido.  $Z > 1,96$  (valor absoluto) = variable independiente respectiva es moderadora.

La tabla 11, muestra los resultados de los distintos valores estadísticos de los análisis de regresión de mínimos cuadrados ponderados para las variables continuas en donde al observar el valor de la Z, así como los respectivos intervalos de confianza al 95%, se determinó que las variables

predictoras son moderadoras. Una tabla complementaria con los demás resultados en los que se identificó que no existía un efecto moderador para las variables continuas bajo este análisis, se muestra en el apartado de anexos (ver tabla 15).

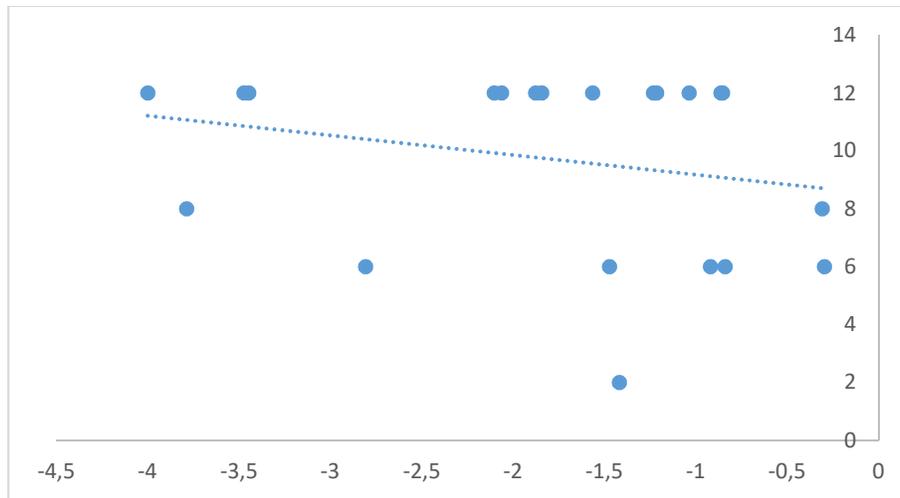
### Gráficos de dispersión de variables moderadoras continuas

En este apartado, se muestran gráficos de dispersión de las variables continuas con un efecto moderador sobre el dolor y la fuerza muscular en los estudios experimentales.



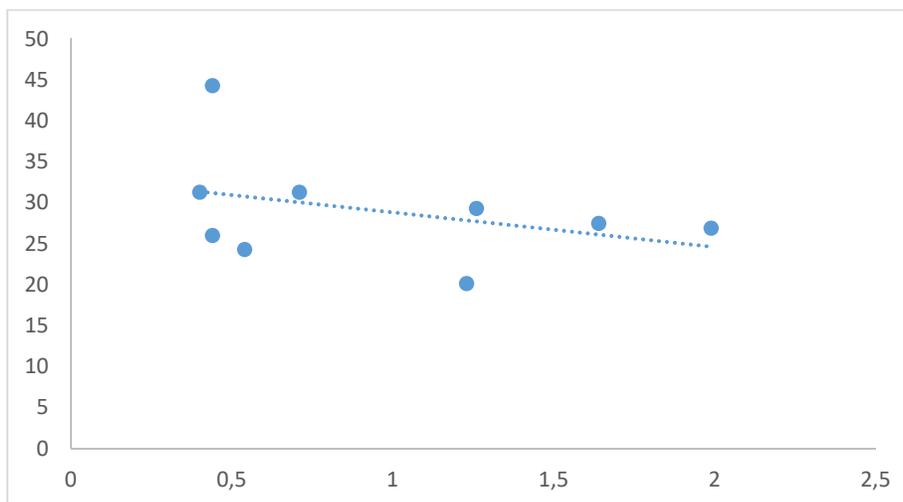
*Figura 8.* Análisis de variables moderadoras continuas (edad) para los grupos experimentales en la variable dolor.

La figura 8, muestra que los ejercicios excéntricos tienen un efecto mayor en la disminución del dolor en aquellas personas de menor edad en comparación con personas de mayor edad.



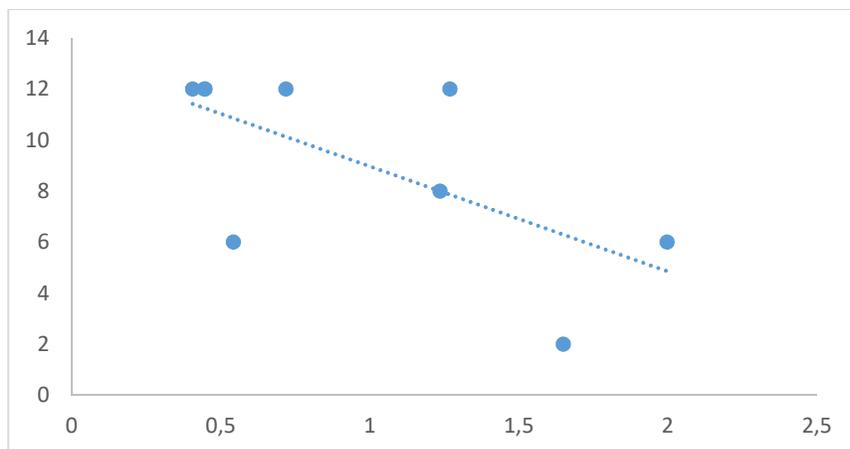
*Figura 9.* Análisis de variables moderadoras continuas (duración de la intervención en semanas) para los grupos experimentales en la variable dolor.

Por otra parte, la figura 9, muestra que una mayor cantidad de semanas de tratamiento (12 semanas), tiene un mayor efecto en la disminución del dolor en comparación con las intervenciones por medio de ejercicios excéntricos que no superaron las seis semanas de intervención.

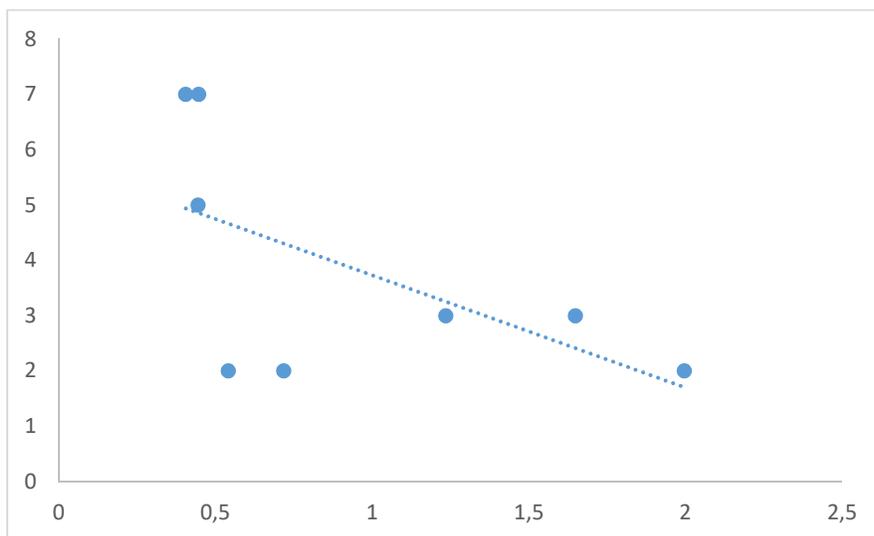


*Figura 10.* Análisis de variables moderadoras continuas (edad) para los grupos experimentales en la variable fuerza muscular

En la figura 10, se muestra una misma tendencia a la que se evidenció en el metaanálisis de los grupos experimentales de la variable dolor, donde se muestra que se obtuvieron tamaños de efecto más grandes en personas de menor edad en comparación con participantes de mayores edades. Lo que evidencia que los ejercicios excéntricos tienen mejores resultados en disminución del dolor y aumento de la fuerza muscular en personas de menor edad.



*Figura 11.* Análisis de variables moderadoras continuas (duración de la intervención en semanas) para los grupos experimentales en la variable fuerza muscular

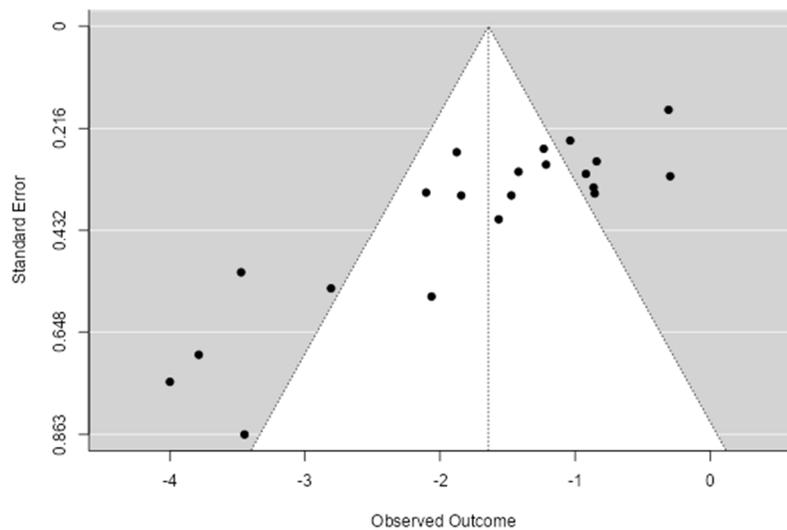


*Figura 12.* Análisis de variables moderadoras continuas (frecuencia por semana del tratamiento) para los grupos experimentales en la variable fuerza muscular

La figura 11 y 12, muestran tendencias similares, las cuales evidencian que se obtuvieron mejores tamaños de efecto al realizar ejercicios excéntricos sobre la fuerza muscular, cuando las intervenciones tuvieron una duración de 6 semanas con una frecuencia de 3 veces por semana.

### Resultados de pruebas de sesgo

Como análisis final, mediante la prueba de Egger y el gráfico de embudo (funnel plot), se estimó el riesgo de sesgo de publicación de los cuatro metaanálisis intra grupos realizados, los cuales se muestran en este apartado.



*Figura 13.* Funnel plot del metaanálisis de los estudios experimentales para la variable dolor

El test de Egger generó como resultados  $p=0,001$  ( $p < 0.10$ ), por lo que se concluye que existe sesgo de publicación en los TE del dolor en los grupos experimentales

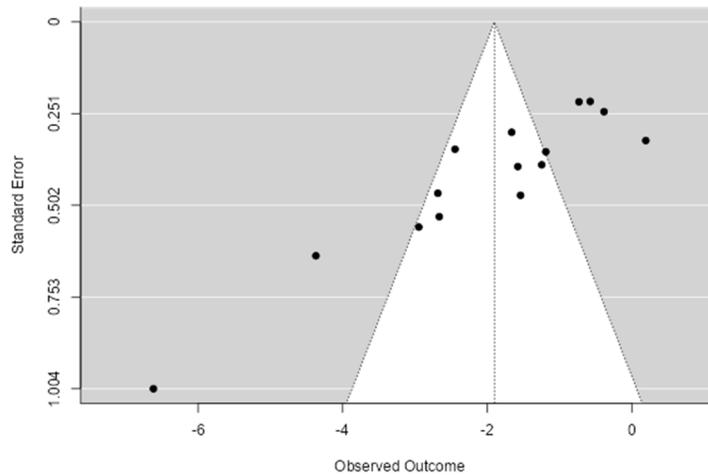


Figura 14. Funnel plot del metaanálisis de los estudios controles para la variable dolor

El test de Egger generó como resultados  $p=0,001$  ( $p < 0.10$ ), por lo que se concluye que existe sesgo de publicación en los TE del dolor en los grupos controles

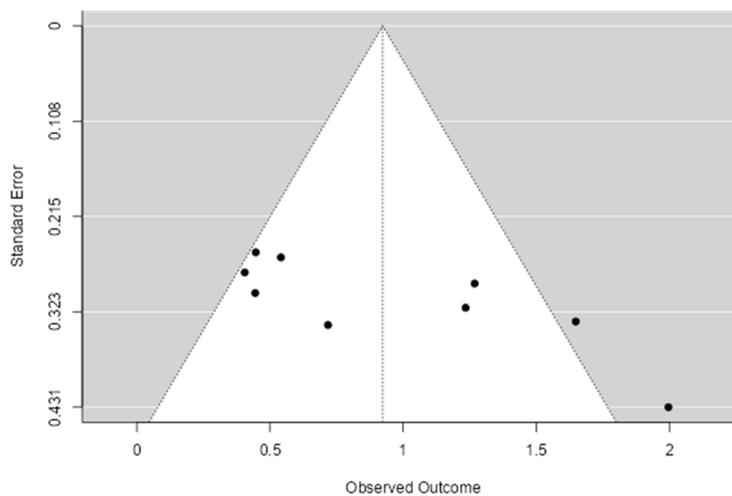
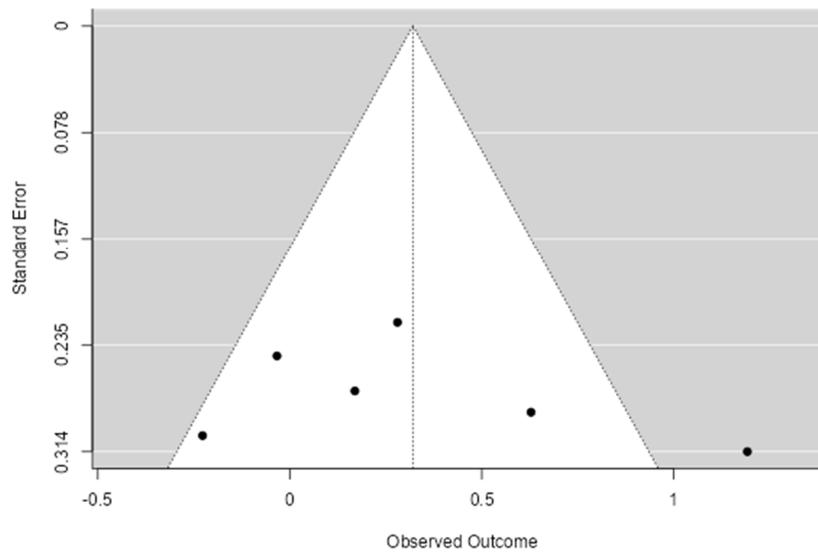


Figura 15. Funnel plot del metaanálisis de los estudios experimentales para la variable fuerza muscular

El test de Egger generó como resultados  $p=0,001$  ( $p < 0.10$ ), por lo que se concluye que existe sesgo de publicación en los TE de la fuerza muscular en los grupos experimentales.



*Figura 16.* Funnel plot del metaanálisis de los estudios controles para la variable fuerza muscular

El test de Egger et al generó como resultados  $p=0,383$  ( $p > 0,10$ ), por lo que se concluye que no existe sesgo de publicación en los TE de la fuerza muscular en los grupos controles.

### **Resultados de pruebas de sensibilidad**

En la tabla 12 y 13, se muestran las variaciones de los distintos estadísticos de los metaanálisis como resultado de las pruebas de sensibilidad realizadas. Inicialmente en la tabla 12 se realizaron pruebas de sensibilidad, con el objetivo de evitar el sesgo de publicación que está determinado por el valor  $p$  de la prueba de egger. Estas pruebas se realizaron mediante la corrección de los metaanálisis, eliminando de forma progresiva y simultánea tanto en grupos controles como experimentales estudios con valores extremos.

Se determinó eliminar estudios que presentaran TE<sub>i</sub> superiores a 2, sin embargo, posteriormente en un análisis adicional, este mismo procedimiento se realizó eliminando TE<sub>i</sub> superiores a 1,5. Lo anterior se realizó debido a que, con el primer análisis, no se logró cambiar la presencia de sesgo de publicación. Este segundo análisis se realizó para los metaanálisis de la variable dolor ya que los correspondientes a la fuerza muscular no

evidenciaron sesgo de publicación desde el primer análisis planteado (eliminando estudios con TEi superiores a 1,5).

Por otra parte, en la tabla 13, se realizaron pruebas de sensibilidad eliminando aquellos estudios que cumplieron con los criterios de inclusión de esta investigación, sin embargo, que no fueran controlados ni aleatorizados, es decir evaluando los cambios que se pudieran dar en los distintos estadísticos de los metaanálisis al incluir únicamente estudios controlados y aleatorizados.

Cuadro 12.

*Resultados de pruebas de sensibilidad de los metaanálisis*

	Grupo	n estudios	n sujetos	n TE	TE [IC- / IC+]	Q	I2	Regresión Egger
Dolor	DE	17	373	21	-1,64 [-2,06 / -1,22]	120,46	87%	$p = 0,001^*$
		7	160	9	-1,11 [-1,42 / -0,80]	19,12	58%	$p = 0,936$
		5	85	5	-1,06 [-1,32 / -0,78]	2,76	0%	$p = 0,812$
	DC	12	269	15	-1,90 [-2,66 / -1,13]	139,63	94,46%	$p = 0,001^*$
		4	81	6	-0,93 [-1,41 / -0,57]	12,58	61%	$p = 0,001^*$
		2	49	3	-0,63 [-1 / -0,25]	3,50	33%	$p = 0,107$
Fuerza muscular	FME	8	132	9	0,92 [0,56 / 1,2]	24,69	69%	$p = 0,001^*$
		6	82	6	0,73 [0,41 / 1,06]	9,40	47%	$p = 0,344$
	FMC	5	85	6	0,32 [-0,06 / 0,70]	14,57	68%	$p = 0,383$

Nota: DE: variable dolor para grupos experimentales; DC: variable dolor para grupos controles; FME: variable fuerza muscular para grupos experimentales; FMC: variable fuerza muscular para grupos controles.  $p < 0.10$  = existe sesgo de publicación\*

Cuadro 13.

*Resultados de pruebas de sensibilidad de los metaanálisis al eliminar estudios que no fueran controlados y aleatorizados*

	<b>Grupo</b>	<b>n estudios</b>	<b>n sujetos</b>	<b>n TE</b>	<b>TE [IC- / IC+]</b>	<b>Q</b>	<b>I<sup>2</sup></b>	<b>Regresión Egger</b>
Dolor	DE	17	373	21	-1,64 [-2,06 / -1,22]	120,46	87%	$p = 0,001^*$
		13	258	15	-1,55 [-2,04 / -1,06]	91,04	87%	$p = 0,001^*$
	DC	12	269	15	-1,90 [-2,66 / -1,13]	139,63	94%	$p = 0,001^*$
		11	254	14	-1,86 [-2,66 / -1,13]	131,90	95%	$p = 0,001^*$
Fuerza muscular	FME	8	132	9	0,92 [0,47 / 1,3]	24,69	69%	$p = 0,001^*$
		5	88	6	0,93 [0,56 / 1,2]	16,34	72%	$p = 0,006^*$
	FMC	5	85	6	0,32 [-0,06 / 0,70]	14,57	68%	$p = 0,383$
		4	70	5	0,39 [-0,04 / 0,83]	12,31	70%	$p = 0,582$

En resumen, la ejecución de ejercicios excéntricos disminuye el dolor y aumenta la fuerza muscular, no obstante, existen variables que moderan estos efectos. Asimismo, se debe tener en consideración la existencia de sesgo de publicación que se evidenció por medio de la regresión de Egger y el funnel plot.

## Capítulo V

### DISCUSIÓN

Este estudio metaanalizó la evidencia de los efectos de los ejercicios excéntricos sobre el dolor y la fuerza muscular en las lesiones músculo esqueléticas en las extremidades inferiores.

#### 1. Dolor

Al aplicar la técnica para metaanálisis intra-grupos, se encontró un efecto significativo grande (TE= -1.6, según la calificación de Cohen (Cohen, 1988)) de los ejercicios excéntricos sobre la disminución del dolor y la mejoría de la capacidad funcional en sujetos con tendinopatías del tendón de Aquiles, tendón patelar, y lesiones del LCA. Asimismo, el tamaño del efecto global ponderado de los grupos controles para la variable dolor, también evidenció una magnitud del efecto grande y estadísticamente significativa (TE= -1.9, según la clasificación de Cohen (Cohen, 1988)), mostrando así resultados comparables.

Partiendo de lo anterior, y al analizar los resultados en ambos grupos de forma individualizada de los estudios incluidos dentro de este metaanálisis para la variable dolor, y comparando con otros estudios referentes al tema se puede determinar que existen diferencias; mientras algunos muestran resultados favorables (Alfredson et al., 1998; Meyer et al., 2009; Satyendra y Byl, 2006; Yu et al., 2013), otros evidencian que diferentes intervenciones son superiores a los ejercicios excéntricos (Rompe et al., 2008; Wehren et al., 2018; Zhang et al., 2013).

Lo anterior está en relación con diferentes revisiones sistemáticas (Habets y van Cingel, 2015; Jayaseelan et al., 2019; Malliaras et al., 2013; Wasielewski y Kotsko 2007), en las cuáles se muestra que los ejercicios excéntricos tienen una efectividad positiva y un beneficio clínico en las tendinopatías patelar y de Aquiles para mejorar el dolor y la capacidad funcional, no obstante, estas investigaciones concluyen que otros tipos de ejercicios o intervenciones pueden ser igualmente útiles, lo cual se pudo evidenciar también en estudios

que fueron incluidos dentro de este metaanálisis (Beyer et al., 2015; Chester et al., 2008; Kearney et al., 2013; Rompe et al., 2007; Rompe et al., 2008).

Del mismo modo, lo mencionado anteriormente es comparable con otras investigaciones que han mostrado este comportamiento en las cuales se obtuvieron resultados positivos tanto con ejercicios excéntricos como con otros ejercicios o tratamientos, pero sin diferencias significativas al comparar entre los grupos (Bell et al., 2013; de Jonge et al., 2011; Rompe et al., 2009; Thijs et al., 2017).

Con respecto a la tendinopatía patelar, estudios en este metaanálisis mostraron que la realización de ejercicios excéntricos tienen un impacto positivo y estadísticamente significativo ( $p < 0,01$ ) para la disminución del dolor (Canell et al., 2001; Eapen et al., 2011; Kongsgaard et al., 2009), siendo comparable con los resultados de otros estudios (Frohm et al., 2007; Jonsson y Alfredson, 2005; Purdam et al., 2004), que han establecido resultados positivos con la realización de las sentadillas de declive (sentadilla sobre una tabla de descenso de  $25^\circ$  diseñada para aumentar la carga en el mecanismo extensor de la rodilla), en comparación con otros ejercicios (sentadilla estándar y ejercicios concéntricos). En relación con lo anterior, la revisión sistemática de Yin y Hui (2017), estableció que los ejercicios excéntricos son adecuados para la disminución del dolor a largo plazo, así como para mejorar la funcionalidad de la articulación de la rodilla en pacientes con tendinopatía patelar.

Por último y en cuanto al análisis de la variable dolor y la capacidad funcional en relación con los ejercicios excéntricos en las lesiones del LCA, los estudios encontrados (Francys et al., 2019; Gerber et al., 2007; Gerber et al., 2009), evidenciaron cambios positivos ( $p < 0.05$ ), entre las evaluaciones pre y post para los grupos en los que se realizaron ejercicios excéntricos, sin embargo, establecen que no hubo diferencias estadísticamente significativas en la escala Lysholm ( $p > 0.05$ ), al comparar entre los grupos de cada uno de estos estudios.

Observando los resultados de este metaanálisis, es claro que el ejercicio terapéutico independientemente del tipo, es un medio de tratamiento que produce resultados favorables en las lesiones músculo esqueléticas (Horstmann et al., 2013; Warden et al., 2008), lo cual

está relacionado con los distintos efectos y mecanismos analgésicos que se desencadenan en diferentes áreas de procesamiento de dolor (médula ventromedial rostral del tronco cerebral caudal, áreas corticales, sustancia gris periacueductal) así como la interacción con el sistema nervioso central y sistema inmunológico (Bobinski et al., 2015; de Oliveira et al., 2010; Stagg et al., 2011).

A través del ejercicio físico se produce liberación de  $\beta$ -endorfinas desde la pituitaria e hipotálamo (se proyecta sobre la sustancia gris periacueductal), activando opioides endógenos a nivel periférico y central, generando analgesia a través del sistema inhibitor nociceptivo descendente (Brito y Sluka, 2017; Sluka et al., 2012). La médula ventromedial rostral, del tronco encefálico caudal inhibe las señales nociceptivas a través de la activación de los receptores opioides modulando la actividad neuronal, de modo que hay menos fosforilación y una consecuente actividad reducida de las subunidades NR1 del receptor NDMA (N-metil-D-aspartato (NMDA) (Sluka et al., 2018).

Asimismo, a través del ejercicio físico se produce una modulación del fenotipo de los macrófagos en el músculo. Los macrófagos se localizan en el músculo y liberan citocinas inflamatorias o antiinflamatorias. Interleucinas como la IL-10 (lesión muscular) o IL-4 (lesión nerviosa), están asociadas con la analgesia producida por la actividad física regular y el ejercicio. Mientras que por otra parte, interleucinas como la IL-6, se ha descrito tiene una relación con el sistema inmunológico y las creencias negativas, así como en respuesta al miedo o la ansiedad (Gong et al., 2016; Leung et al., 2016).

Propiamente, con la realización de ejercicios excéntricos se ha establecido que estos modulan varias neurotrofinas a nivel central y periférico, produciendo desensibilización central del dolor, el cual se normaliza después de episodios repetidos de ejercicio facilitando protección y adaptación espinal ante nuevos ejercicios de mayores cargas, lo que incluso ocurre aún cuando no hay una recuperación completa del tejido (Hosseinzadeh et al., 2013).

El sistema inmunológico a través de las células gliales modula citocinas inflamatorias y antiinflamatorias teniendo una participación sobre el dolor. Las alteraciones de las células

gliales actúan como un nociceptor sobre las neuronas del asta dorsal en la médula espinal (Rice et al., 2019). Sin embargo, la actividad física y el ejercicio regular reducen la activación de las células gliales y de las citocinas inflamatorias aumentando las citocinas antiinflamatorias, disminuyendo así la actividad de los nociceptores en el asta dorsal de la médula espinal (Lima et al., 2017).

La atención del dolor debe abordarse desde un modelo biopsicosocial, esto debido a que en el dolor interaccionan no solo alteraciones a nivel tisular, sino también de índole psicológico y social. Aspectos como el miedo relacionado al dolor, kinesiofobia, estados emocionales negativos, ansiedad o depresión, se asocian con presencia de dolor músculo esquelético afectando la capacidad funcional y calidad de vida, lo que se asocia con un aumento de la transmisión nociceptiva y activación de las neuronas del asta dorsal de la médula espinal (Lobanov et al., 2014). Asimismo, la amígdala y corteza cingulada somatosensorial tienen un papel en la respuesta al miedo, teniendo estas áreas comunicación con el sistema inhibitorio nociceptivo descendente. Comprender la interacción del ejercicio y sus mecanismos de interacción en beneficio de la salud son aspectos que podrían modificar el miedo que se tenga relacionado al dolor (Booth et al., 2017).

Permitir ejercicios dolorosos en busca de reducir la evitación del miedo, y consiguiendo una reconceptualización del miedo relacionado con el dolor, podría reducir la percepción de amenaza y, por lo tanto, la actividad de la amígdala y la corteza somatosensorial. El resultado de lo anterior podría desencadenar una modulación positiva del sistema nervioso simpático por encima de lo habitual, y una reducción en la cascada de lo fisiológico en la respuesta inmune y la inflamatoria como efecto de la actividad física (Smith et al., 2018).

## **2. Fuerza muscular**

Con respecto a la investigación de los efectos de los ejercicios excéntricos sobre la fuerza muscular en las tendinopatías patelar, de Aquiles y las lesiones del LCA, se encontró una magnitud del efecto grande (TE= 0.9) al aplicar la técnica para metaanálisis intra-grupos. Por su parte, con esta misma técnica al evaluar el resultado del tamaño del efecto global ponderado en los grupos controles, se encontró un tamaño del efecto pequeño (TE= 0.3). En

estos grupos los tratamientos que realizaron los participantes se basaron en rehabilitación estándar, cirugía, inyecciones de corticoesteroides, así como la realización de otras modalidades de ejercicios.

Teniendo en consideración los resultados descritos, se puede establecer que los ejercicios excéntricos fueron superiores en comparación con otras modalidades de tratamiento para mejorar la fuerza muscular en lesiones músculo esqueléticas de la extremidad inferior, lo cuál confirma que el entrenamiento por medio de la realización de ejercicios excéntricos es el método más eficaz para aumentar la fuerza muscular, proporcionando también protección y adaptación progresiva del sistema músculo esquelético (Nosaka y Newton, 2002; Sadacharan y Seo, 2021).

Distintos estudios muestran los resultados favorables de la realización de ejercicios excéntricos en lesiones del LCA (Brasileiro et al., 2011; Coury et al., 2005; Francys Vidmar et al., 2019; Gerber et al., 2009; Gerber et al., 2007; Yoon y Hwang 2000), únicamente se encontró un estudio (Milandri y Sivarasu, 2021) que si bien mostró resultados positivos con la realización de ejercicios excéntricos, estableció que estos incrementos fueron similares a los de un grupo que realizó ejercicios concéntricos, sin encontrar diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ( $p > 0,05$ ). Asimismo, observando algunos de los estudios mencionados de forma individualizada se puede establecer que además de buenos resultados en la fuerza muscular, también se mostraron ganancias en el aumento de las áreas musculares y la hipertrofia (Brasileiro et al., 2011; Gerber et al., 2007).

En cuanto a las tendinopatías del tendón de Aquiles, los estudios incluidos dentro de este metaanálisis (Alfredson et al., 1998; Yu et al., 2013), al igual que los incluidos para la tendinopatía patelar (Canell et al., 2001; Eapen et al., 2011; Frohm et al., 2007; Kongsgaard et al., 2009), mostraron buenos resultados y estadísticamente significativos ( $p < 0,05$ ), en el incremento de la fuerza muscular en los grupos que realizaron ejercicios excéntricos. Esta evidencia está en relación con el tamaño del efecto global obtenido para los grupos denominados como experimentales en esta investigación, siendo estos comparables con otros estudios sobre este tópico (Coury et al., 2005; Yoon y Hwang, 2000).

Partiendo de lo anterior, se puede establecer que la capacidad de producir fuerza en los músculos es más óptima cuando estos se alargan mientras reciben carga (Lepley y Palmieri-Smith, 2013; Tengman et al., 2014), lo cual fisiológicamente se puede explicar y relacionar con el papel de la titina durante las contracciones musculares excéntricas, siendo esta proteína el elemento estructural determinante en la producción de alta fuerza con un bajo costo energético durante este tipo de contracción muscular (Nishikawa, 2016; Powers et al., 2014).

Finalmente, al evaluar si existían diferencias entre los distintos tipos de lesiones, así como el género sobre el dolor y la fuerza muscular, se evidenció una presencia de resultados más favorables para la disminución del dolor en los hombres y en las lesiones del LCA. En relación con el género esta evidencia es comparable con uno de los estudios incluidos dentro de esta investigación (Knobloch et al., 2010) que evidencio una disminución del dolor mayor en los hombres en comparación con las mujeres, sin embargo, en la tendinopatía de Aquiles. No obstante, para la fuerza muscular, ni el género o tipo de lesión tuvieron diferencias al comparar entre los distintos grupos.

Con respecto a la evaluación de la duración y frecuencia semanal de los tratamientos con mejores resultados, se determinó que 12 semanas de tratamiento por medio de ejercicios excéntricos generaron una mejor respuesta para la disminución del dolor, mientras que 6 semanas de intervención con una frecuencia de 3 veces por semana dieron tamaños de efecto más grandes para la mejoría de la fuerza muscular en lesiones músculo esqueléticas de la extremidad inferior que fueron tratadas mediante la realización de ejercicios excéntricos.

Lo anterior se puede establecer como base para la prescripción de ejercicios excéntricos en lesiones músculo esqueléticas de la extremidad inferior, sin embargo, la dosis óptima en cuanto a series, repeticiones, tipos de ejercicio no se logró determinar con este estudio. Esto es comparable con el estudio de Stevens y Tan (2014), en el cual no se pudo establecer diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes dosificaciones de los ejercicios excéntricos.

## **Capítulo VI**

### **CONCLUSIONES**

Con base en el metaanálisis realizado, se concluye que los ejercicios excéntricos ejercen un efecto significativo sobre la fuerza muscular y el dolor en sujetos con tendinopatías de Aquiles, tendinopatías patelares y lesiones del LCA.

Del mismo modo, los ejercicios excéntricos, así como otras modalidades de ejercicio (por ejemplo, ejercicios concéntricos), y otras intervenciones terapéuticas, tienen un efecto significativo sobre el dolor en lesiones músculo esqueléticas de la extremidad inferior, no obstante, para la fuerza muscular el efecto de los ejercicios excéntricos si es superior a otros ejercicios o intervenciones (plasma rico en plaquetas (PRP), ondas de choque).

Los resultados al analizar las variables moderadoras mostraron en cuanto al tipo de lesión que los ejercicios excéntricos producen un buen resultado para todas las lesiones, no obstante, el beneficio fue mayor en las lesiones del LCA. Esto fue similar a los resultados obtenidos al analizar el género, en donde si bien hubo resultados favorables tanto para hombres, mujeres como para grupos en los que se involucraron ambos sexos, estos fueron superiores en los grupos de hombres.

La dosificación óptima de los ejercicios excéntricos, en cuanto a duración y frecuencia tuvo sus diferencias al analizar la respuesta en el dolor, así como en la mejoría de la fuerza muscular. En cuanto al dolor 12 semanas de tratamiento dieron un mejor resultado para su disminución, no obstante, para la fuerza muscular se obtuvieron mejores resultados cuando las intervenciones tuvieron una duración de 6 semanas, con una frecuencia de 3 veces por semana.

Los ejercicios excéntricos tienen un efecto mayor en la disminución del dolor, así como en el aumento de la fuerza muscular en personas con lesiones músculo esqueléticas de la extremidad inferior de menor edad en comparación con personas de mayor edad.

## **Capítulo VII**

### **RECOMENDACIONES**

Generar futuras intervenciones con diseños experimentales aleatorizados comparando diferentes componentes metodológicos como el tipo de ejercicio excéntrico (en dinamómetro isocinético, con el peso corporal, con máquinas de gimnasio), así como la dosificación y programación del ejercicio (frecuencia, carga, series y repeticiones, rango de movimiento, velocidad del movimiento, tiempo bajo tensión, tiempos de descanso entre series) que permita establecer y consolidar la evidencia científica acerca de la metodología y dosificaciones más óptimas y con los mejores resultados

Tomar en cuenta factores como la edad, el género, el nivel de actividad física, tipos de lesión, ya que esto podría representar alguna influencia en los resultados de los ejercicios excéntricos en lesiones músculo esqueléticas, pudiendo tener esta evidencia como fundamento para la práctica clínica.

Del mismo modo se debe concientizar a la población de la importancia del ejercicio terapéutico, como un pilar en la rehabilitación de las lesiones músculo esqueléticas, promoviendo no solo la óptima recuperación de los tejidos, si no también mejoras en la capacidad funcional, así como en la disminución y el control del dolor independientemente si se trata de atletas de alto rendimiento, atletas recreativos o incluso sujetos sedentarios.

Finalmente, se debe educar a las personas con lesiones músculo esqueléticas acerca del ejercicio terapéutico y la movilidad no solo como una opción de tratamiento sino también como medio de prevención y de poder estar saludable.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

\*: Estudios incluidos en el metaanálisis.

Albanese, E., Bütikofer, L., Armijo-Olivo, S., Ha, C., & Egger, M. (2019). Construct validity of the Physiotherapy Evidence Database (PEDro) quality scale for randomized trials: Item response theory and factor analyses. *Research Synthesis Methods, 11*(2), 227-236. <https://doi.org/10.1002/jrsm.1385>

\*Alfredson, H., Pietila, T., Jonsson, P., & Lorentzon, R. (1998). Heavy-load eccentric calf muscle training for the treatment of chronic Achilles tendinosis. *The American Journal of Sports Medicine, 26*(3), 360-366. <https://doi.org/10.1177/03635465980260030301>

Alfredson, H. (2015). Clinical commentary of the evolution of the treatment for chronic painful mid-portion Achilles tendinopathy. *Brazilian Journal of Physical Therapy, 19*(5), 429-432. <https://doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0117>

Alonso-Fernández, D., Docampo-Blanco, P., & Martinez-Fernández, F. (2017). Changes in muscle architecture of biceps femoris induced by eccentric strength training with nordic hamstring exercise. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 28*(1), 88-94. <https://doi.org/10.1111/sms.12877>

Alshewaier, S., Yeowell, G., & Fatoye, F. (2017). The effectiveness of preoperative exercise physiotherapy rehabilitation on the outcomes of treatment following anterior cruciate ligament injury: a systematic review. *Clinical Rehabilitation, 31*(1), 34-44. <https://doi.org/10.1177/0269215516628617>

American College of Sport Medicine (2014). *Manual ACSM para la valoración del Fitness relacionado con la Salud*. (4a ed.). Editorial Wolters Kluwer Health.

- Arampatzis, A., Karamanidis, K., & Albracht, K. (2007). Adaptational responses of the human Achilles tendon by modulation of the applied cyclic strain magnitude. *Journal of Experimental Biology*, 210(15), 2743–53. <https://doi.org/10.1242/jeb.003814>
- Arcuri, F., Abalo, E., y Barclay, F. (2010). Uso de escores para evaluación de resultados en cirugía del Ligamento Cruzado Anterior. *Artroscopía*, 17(3), 241-247. [http://traumatologiapenta.com.ar/docs/dr\\_abalo/Usodeescoresparaevaluacionde\\_resultados\\_encirugadel\\_LCA.pdf](http://traumatologiapenta.com.ar/docs/dr_abalo/Usodeescoresparaevaluacionde_resultados_encirugadel_LCA.pdf)
- Ardern, C. L., Webster, K. E., Taylor, N. F., & Feller, J. A. (2011). Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: a systematic review and metaanalysis of the state of play. *British Journal of Sports Medicine*, 45(7), 596-606. <https://doi.org/10.1136/bjism.2010.076364>
- Bell, K. J., Fulcher, M. L., Rowlands, D. S., & Kerse, N. (2013). Impact of autologous blood injections in treatment of mid-portion Achilles tendinopathy: double blind randomised controlled trial. *The British Medical Journal*, 346, 1-10. <https://doi.org/10.1136/bmj.f2310>
- \*Beyer, R., Kongsgaard, M., Hougs, B., Ohlenschlaeger, T., Kjaer, M., & Magnusson, P. (2015). Heavy slow resistance versus eccentric training as treatment for Achilles tendinopathy. A randomized controlled trial. *The American Journal of Sports Medicine*, 43(7), 1704-1711. <https://doi.org/10.1177/0363546515584760>
- Blonna, D., Castoldi, F., Delicio, D., Bruzzone, M., Dettoni, F., & Bonasia, D. E. (2012). Validity and reliability of the SPORTS score. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 20, 356-360. <https://doi.org/10.1007/s00167-011-1608-8>
- Booth, J., Moseley, G. L., Schiltenswolf, M., Cashin, A., Davies, M., & Hubscher, M. (2017). Exercise for chronic musculoskeletal pain: A biopsychosocial approach. *Musculoskeletal Care*, 15(4), 413-421. <https://doi.org/10.1002/msc.1191>

- \*Brasileiro, J. S., Pinto, O. M. S. F., Ávila, M. A., & Salvini, T. F. (2011). Functional and morphological changes in the quadriceps muscle induced by eccentric training after ACL reconstruction. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 15(4), 284-90. <https://www.scielo.br/j/rbfis/a/FhgvChf9jwcCjMx5yBBkGrF/?format=pdf&lang=en>
- Bridgeman, L. A., McGuigan, M. R., & Gill, N. (2015). Eccentric Exercise as a Training Modality: A Brief Review. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 23(5), 52-64.
- Brito, R. R. L., & Sluka, K. A. (2017). Regular physical activity prevents development of chronic muscle pain through modulation of supraspinal opioid and serotonergic mechanisms. *Pain Reports*, 2(5), 1-12. <https://doi.org/10.1097/PR9.0000000000000618>
- Brughelli, M., Nosaka, K., & Cronin, J. (2009). Application of eccentric exercise on an Australian Rules football player with recurrent hamstring injuries. *Physical Therapy in Sport*, 10(2), 75–80. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2008.12.001>
- Bunster, J., Mauri-Stecca, M. V., Leppe, J., & Besomi, M. (2020). Propiedades psicométricas de los cuestionarios de funcionalidad en población deportista con patologías musculoesqueléticas de la extremidad inferior: una revisión sistemática. *Fisioterapia*, 42(4), 185-202. <https://doi.org/10.1016/j.ft.2020.02.002>
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T., & Rothstein, H. R. (2009). *Introduction to Meta-Analysis*. (1a ed.). Editorial Wiley.
- Campbell, R. S. D., & Grainger, A. J. (2001). Current concepts in imaging of tendinopathy. *Clinical Radiology*, 56(4), 253-267. <https://doi.org/10.1053/crad.2000.0653>
- \*Cannell, L. J., Taunton, J. E., Clement, D. B., Smith, C., & Khan, K. M. (2001). A randomised clinical trial of the efficacy of drop squats or leg extension/leg curl

- exercises to treat clinically diagnosed jumper's knee in athletes: pilot study. *British Journal of Sports Medicine*, 35, 60–64. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.35.1.60>
- Chaffee, A., Yakuboff, M., & Tanabe, T. (2011). Responsiveness of the VAS and McGill Pain Questionnaire in Measuring Changes in Musculoskeletal Pain. *Journal of Sport Rehabilitation*, 20, 250-255. <https://doi.org/10.1123/jsr.20.2.250>
- \*Chester, R., Costa, M. L., Shepstone, L., Cooper, A., & Donell, S. T. (2008). Eccentric calf muscle training compared with therapeutic ultrasound for chronic Achilles tendon pain- A pilot study. *Manual Therapy*, 13, 484-491. <https://doi.org/10.1016/j.math.2007.05.014>
- Coburn, J. W., & Malek, M. H. (2018). *Manual NSCA Fundamentos del Entrenamiento Personal*. (2a ed.). Editorial Paidotribo.
- Cohen, M., Quintner, J., & van, R. S. (2018). Reconsidering the International Association for the Study of Pain definition of pain. *Pain Reports*, 3(2), 1-7. <https://doi.org/10.1097/PR9.0000000000000634>
- Collins, S. L., Moore, R. A., & McQuay, H. J. (1997). The visual analogue pain intensity scale: what is moderate pain in millimetres? *Pain*, 72(1-2), 95-97. [https://doi.org/10.1016/S0304-3959\(97\)00005-5](https://doi.org/10.1016/S0304-3959(97)00005-5)
- Comin, J., Cook, J. L., Malliaras, P., McCormack, M., Calleja, M., Clarke, A., & Connell, D. (2013). The prevalence and clinical significance of sonographic tendon abnormalities in asymptomatic ballet dancers: a 24-month longitudinal study. *British Journal of Sports Medicine*, 47(2), 89–92. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091959>
- Connizzo, B. K., Bhatt, P. R., Liechty, K. W., & Soslowsky, L. J. (2014). Diabetes alters mechanical properties and collagen fiber re-alignment in multiple mouse tendons.

*Annals of Biomedical Engineering*, 42(9), 1880-1888.  
<https://dx.doi.org/10.1007/s10439-014-1031-7>

Cook, J. L., & Docking, S. (2015). “Rehabilitation will increase the capacity of your ...insert musculoskeletal tissue here...” Defining tissue capacity: a core concept for clinicians. *British Journal of Sports Medicine*, 49(23), 1484-1485.  
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094849>

Cook, J. L., Feller, J. A., Bonar, S.F., & Khan, K. M. (2004). Abnormal tenocyte morphology is more prevalent than collagen disruption in asymptomatic athletes patellar tendons. *Journal of Orthopaedic Research*, 22(2), 334-338.  
<https://doi.org/10.1016/j.orthres.2003.08.005>

Cook, J. L., & Purdam, C. R. (2009). Is tendon pathology a continuum? A pathology model to explain the clinical presentation of load-induced tendinopathy. *British Journal of Sports Medicine*, 43(6), 409-416. <http://doi.org/10.1136/bjism.2008.051193>

Cook, J. L., Rio, E., Purdam, C. R., & Docking, S. I. (2016). Revisiting the continuum model of tendon pathology: what is its merit in clinical practice and research? *British Journal of Sports Medicine*, 50(19), 1187-1191. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095422>

Coury, H. J. C. G., Brasileiro, J. S., Salvini, T. F., Poletto, P. R., Carnaz, L., & Hansson, G. A. (2006). Change in knee kinematics during gait after eccentric isokinetic training for quadriceps in subjects submitted to anterior cruciate ligament reconstruction. *Gait & Posture*, 24, 370–374. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2005.11.002>

Cronin, J., Meylan, C., y Nosaka, K. (2015). Valoración Isoinercial de la Fuerza Muscular Excéntrica. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 29(3).

Curran, M. T., Lepley, L. K., & Palmieri-Smith, R. M. (2018). Continued Improvements in

Quadriceps Strength and Biomechanical Symmetry of the Knee After Postoperative Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Rehabilitation: Is It Time to Reconsider the 6-Month Return-to-Activity Criteria? *Journal of Athletic Training*, 53(6), 535-544. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-478-15>

de Jonge, S., de Vos, R. J., Weir, A., van Schie, H. T. M., Bierma-Zeinstra, S. M. A., Verhaar, J. A. N., Weinans, H., & Tol, J. L. (2011). One-Year Follow-up of Platelet-Rich Plasma Treatment in Chronic Achilles Tendinopathy A Double-Blind Randomized Placebo- Controlled Trial. *The American Journal of Sports Medicine*, 39(8), <https://doi.org/10.1177/0363546511404877>

Docking, S. I., Rosengarten, S. D., & Cook, J. (2016). Achilles tendon structure improves on UTC imaging over a 5-month pre-season in elite Australian football players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 26(5), 557-563. <https://doi.org/10.1111/sms.12469>

dos Santos Rocha, C. S., Manfredini Baroni, B., Juner Lanferdini, F., de la Rocha Freitas, C., Bortoluzzi Frasson, V., & Aurelio Vaz, M. (2011). Specificity of strength gains after 12 weeks of isokinetic eccentric training in healthy men. *Isokinetics and Exercise Science*, 19, 221-226. <https://doi.org/10.3233/IES-2011-0425>

dos Santos, Y., Miyamoto, G., Ferro Moura, K., Ribeiro, R., & Nunes, C. (2019). Exercise therapy in the treatment of tendinopathies of the lower limbs: a protocol of a systematic review. *Systematic Reviews*, 8, 1-6. <https://doi.org/10.1186/s13643-019-1058-9>

Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2017). Chronic Adaptations to Eccentric Training: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 47, 917-941. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0628-4>

- \*Eapen, C., Nayak, C. D., & Pazhyaottyil, C. (2011). Effect of Eccentric Isotonic Quadriceps Muscle Exercises on Patellofemoral Pain Syndrome: An Exploratory Pilot Study. *Asian Journal of Sports Medicine*, 2(4), 227-234. <https://doi.org/10.5812/asjasm.34747>
- Ebert, J. R., Edwards, P., Yi, L., Joss, B., Ackland, T., Carey-Smith, R., Buelow, J., & Hewitt, B. (2018). Strength and functional symmetry is associated with post-operative rehabilitation in patients following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 26, 2353-2361. <https://doi.org/10.1007/s00167-017-4712-6>
- Ebert, J. R., Webster, K. E., Edwards, P. K., Joss, B. K., D'Alessandro, P., Janes, G., & Annear, P. (2020). Current Perspectives of the Australian Knee Society on Rehabilitation and Return to Sport After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Journal of Sport Rehabilitation*, 29, 970-975. <https://doi.org/10.1123/jsr.2019-0291>
- Fahlstrom, M., Jonsson, P., Lorentzon, R., & Alfredson, H. (2003). Chronic Achilles tendon pain treated with eccentric calf-muscle training. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 11, 327-333. <https://doi.org/10.1007/s00167-003-0418-z>
- Failla, M. J., Logerstedt, D. S., Grindem, H., Axe, M. J., Risberg, M. A., Engebretsen, L., Huston, L. J., Spindler, K. P., & Snyder-Mackler, L. (2016). Does extended preoperative rehabilitation influence outcomes 2 years after ACL reconstruction? A comparative effectiveness study between the moon and Delaware-Oslo ACL Cohorts. *The American Journal of Sports Medicine*, 44(10), 2608-2614. <https://doi.org/10.1177/0363546516652594>
- Ferrer-Roca, V., Balius, X., Domínguez-Castrillo, O., Linde, F.J., y Turmo-Garuz, A. (2014). Evaluación de factores de riesgo de lesión del ligamento cruzado anterior en

jugadores de fútbol de alto nivel. *Apunts, Medicina de l'Esport*, 49(181), 5-10.  
<https://doi.org/10.1016/j.apunts.2013.06.003>

Figuerola Poblete, D., Melean Quiroga, P., Calvo Rodriguez, R., Vaisman Burucker, A., Figuerola Berrios, F., y Calvo Cabiati, C. (2009). Evaluación isocinética post reconstrucción de ligamento cruzado anterior: comparación de dos técnicas. *Acta Ortopédica Mexicana*, 23(5), 266-271.  
<https://www.medigraphic.com/pdfs/ortope/or-2009/or095c.pdf>

Flann, K. L., LaStayo, P. C., McClain, D. A., Hazel, M., & Lindstedt, S. L. (2011). Muscle damage and muscle remodeling: no pain, no gain? *Journal of Experimental Biology*, 214(4), 674–679. <https://doi.org/10.1242/jeb.050112>

Fox, S. I. (2014). *Fisiología humana*. (13a ed.). Editorial McGraw-Hill.

Franchi, M. V., Atherton, P. J., Reeves N. D., Fluck, M., Williams, J., Mitchell, W. K., Selby, A., Beltran Valls, R. M., & Narici, M.V. (2014). Architectural, functional and molecular responses to concentric and eccentric loading in human skeletal muscle. *Acta Physiologica*, 210, 642–654. <https://doi.org/10.1111/apha.12225>.

Franchi, M. V., Atherton, P. J., Maganaris, C. N., & Narici, M. V. (2016). Fascicle length does increase in response to longitudinal resistance training and in a contraction-mode specific manner. *Springerplus*, 5(94), 1–3. <https://doi.org/10.1186/s40064-015-1548-8>

Franco, Y. R., Miyamoto, G. C., Moura, K. F., de Oliveira, R. R., & Nunes, C. M. (2019). Exercise therapy in the treatment of tendinopathies of the lower limbs: a protocol of a systematic review. *Systematic Reviews*, 8(142), 1-6.  
<https://doi.org/10.1186/s13643-019-1058-9>

- \*Francys Vidmar, M., Manfredini Baroni, M., Fróes Michelin, A., Mezzomo, M., Lugokenski, R., Lopes Pimentel, G., & Faria Silva, M. (2019). Isokinetic eccentric training is more effective than constant load eccentric training on the quadriceps rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 24(5), 424-432. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2019.07.003>
- Frimpong, E., Ansong Antwi, D., Asare, G., Antwi-Boasiako, C., & Bartholomew, D. (2013). Effects of Acute Eccentric Exercise Stimulus on Muscle Injury and Adaptation. *Journal of Exercise Physiology*, 16(6), 18-30. [https://www.asep.org/asep/asep/JEPonlineDECEMBER2013\\_Frimpong.pdf](https://www.asep.org/asep/asep/JEPonlineDECEMBER2013_Frimpong.pdf)
- Frizziero, A., Trainito, S., Oliva, F., Nicoli Aldini, N. N., Masiero, S., & Maffulli, N. (2014). The role of eccentric exercise in sport injuries rehabilitation. *British Medical Bulletin*, 110, 47–75. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldu006>
- Frohm, A., Saartok, T., Halvorsen, K., & Renström, P. (2007). Eccentric treatment for patellar tendinopathy: a prospective randomised short-term pilot study of two rehabilitation protocols. *British Journal of Sports Medicine*, 41(7), 1-6. <https://doi.org/10.1136/bjsem.2006.032599>
- Fukunaga, T., Johnson, C. D., Nicholas, S. J., & McHugh, M. P. (2019). Muscle hypotrophy, not inhibition, is responsible for quadriceps weakness during rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 27, 573–579. <https://doi.org/10.1007/s00167-018-5166-1>
- Gentil, P., Boscolo Del Vecchio, F., Paoli, A., Schoenfeld, B. J., & Bottaro, M. (2017). Isokinetic Dynamometry and 1RM Tests Produce Conflicting Results for Assessing Alterations in Muscle Strength. *Journal of Human Kinetics*, 56(1), 19-27. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0019>

- Gerber, J. P., Marcus, R. L., Dibble, L. E., Greis, P. E., Burks, R. T., & LaStayo, P. C. (2007). Effects of Early Progressive Eccentric Exercise on Muscle Structure After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 89(3), 559-570. <https://doi.org/10.2106/JBJS.F.00385>
- \*Gerber, J. P., Marcus, R. L., Dibble, L. E., Greis, P. E., Burks, R. T., & LaStayo, P. C. (2009). Effects of Early Progressive Eccentric Exercise on Muscle Size and Function After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A 1- Year Follow-up Study of a Randomized Clinical Trial. *American Physical Therapy Association*, 89(1), 51-59. <https://doi.org/10.2522/ptj.20070189>
- Gómez-Valero, S., García-Pérez, F., Flórez-García, M.T., y Miangolarra-Page, J.C. (2017). Revisión sistemática de los cuestionarios autocumplimentados adaptados al español para la valoración funcional de pacientes con afecciones de rodillas. *Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología*, 61(2), 96-103. <http://doi.org/10.1016/j.recot.2016.11.002>
- Gong, W. Y., Abdelhamid, R. E., Carvalho, C. S., & Sluka, K. A. (2016). Resident macrophages in muscle contribute to development of hyperalgesia in a mouse model of non-inflammatory muscle pain. *The Journal of Pain*, 17(10), 1081–1094. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2016.06.010>
- Goode, A. P., Reiman, M. P., Harris, L., DeLisa, L., Kauffman, A., Beltramo, D., Poole, C., Ledbetter, L., & Taylor, A. B. (2016). Eccentric training for prevention of hamstring injuries may depend on intervention compliance: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 49(6), 349–356. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093466>
- Gregory Haff, G., & Travis Triplett, N (2017). *Principios del Entrenamiento de la Fuerza y del Acondicionamiento Físico*. (4a ed.). Editorial Paidotribo

- Greig, C. A., & Jones, D. A. (2016). Muscle physiology and contraction. *Basic Science Surgery*, 31(4), 147-154. <https://doi.org/10.1016/j.mpsur.2013.01.014>
- Habets, B., & van Cingel, R. E. H. (2015). Eccentric exercise training in chronic mid-portion Achilles tendinopathy: A systematic review on different protocols. *Scandinavian Journal of Medicine & Science Sports*, 25, 3-15. <https://doi.org/10.1111/sms.12208>
- Hamido, F., Habiba, A., Marwan, Y., Soliman, A. S. I., Elkhadrawe, T. A., Morsi, M. G., Shoaeb, W., & Nagi, A. (2021). Anterolateral ligament reconstruction improves the clinical and functional outcomes of anterior cruciate ligament reconstruction in athletes. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 29, 1173-1180. <https://doi.org/10.1007/s00167-020-06119-w>
- Hedayatpour, N., & Falla, D. (2015). Physiological and Neural Adaptations to Eccentric Exercise: Mechanisms and Considerations for Training. *Hindawi Publishing Corporation*, 2015, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2015/193741>
- Hen, K., On, C., & Laszlo, I. (2011). Rehabilitation programs after anterior cruciate ligament reconstruction in highly active individuals: a review. *Palestrica of the Third Millennium Civilization & Sport*, 12(2), 159-163. [http://pm3.ro/pdf/44/PM3\\_Nr.2\(44\)\\_2011m\\_bun.pdf](http://pm3.ro/pdf/44/PM3_Nr.2(44)_2011m_bun.pdf)
- Hernández-Sánchez, S., Hidalgo, M. D., & Gómez, A. (2011). Cross-cultural Adaptation of VISA-P Score for Patellar Tendinopathy in Spanish Population. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 41(8), 581-591. <https://doi.org/10.2519/jospt.2011.3613>
- Hernández-Sánchez, S., Poveda-Pagan, E. J., Alakhdar-Mohmara, Y., Hidalgo, M. D., Fernández- de las Peñas, C., & Arias-Buria, J. L. (2018). Cross-cultural Adaptation of the Victorian Institute of Sport Assessment-Achilles (VISA-A) Questionnaire for

Spanish Athletes With Achilles Tendinopathy. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 48(2), 111-119. <https://doi.org/10.2519/jospt.2018.7402>

Herzog, W., Schappacher, G., DuVall, M., Leonard, T. R., & Herzog, J. A. (2016). Residual force enhancement following eccentric contractions: a new mechanism involving titin. *Physiology (Bethesda)*, 31, 300-312. <https://doi.org/10.1152/physiol.00049.2014>

Hessel, A. L., Lindstedt, S. L., & Nishikawa, K. C. (2017). Physiological Mechanisms of eccentric contraction and its applications: A role for the giant titin protein. *Frontiers in Physiology*, 8(70), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00070>

Heyward, V. (2006). *Evaluación de la aptitud física y prescripción del ejercicio*. Editorial Panamericana.

Hootman, J. M., Dick, R., & Agel, J. (2007). Epidemiology of Collegiate Injuries for 15 Sports: Summary and Recommendations for Injury Prevention Initiatives. *Journal of Athletic Training*, 42(2), 311–319. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1941297/pdf/i1062-6050-42-2-311.pdf>

Hoppeler, H. (2016). Moderate Load Eccentric Exercise; A Distinct Novel Training Modality. *Frontiers in Physiology*, 7, 1-12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00483>.

\*Horstmann, T., Jud, H. M., Frohlich, V., Mundermann, A., & Grau, S. (2013). Whole-body vibration versus eccentric training or a wait-and-see approach for chronic Achilles tendinopathy: A randomized clinical trial. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 43(11), 794-803. <https://doi.org/10.2519/jospt.2013.4762>

- Hosseinzadeh, M., Andersen, O. M., Arendt-Nielsen, L., & Madeleine, P. (2013). Pain sensitivity is normalized after a repeated bout of eccentric exercise. *European Journal of Applied Physiology*, *113*, 2595-2602. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2701-0>
- Hurley, E. T., Fried, J. W., Kingery, M. T., Strauss, E. J., & Alaia, M. J. (2021). Anterolateral ligament reconstruction improves knee stability alongside anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *29*, 764-771. <https://doi.org/10.1007/s00167-020-06002-8>
- International Association for the Study of Pain [IASP]. (1979). Subcommittee on Taxonomy. Pain terms: A list with definitions and notes on usage. Recommended by the IASP Subcommittee on Taxonomy. *Pain*, *6*(3), 249-252.
- Janssen, I, van der Worp, H., Hensing, S., & Zwerver, J. (2018). Investigating Achilles and patellar tendinopathy prevalence in elite athletics. *Research in Sports Medicine*, *26*(1), 1-12. <https://doi.org/10.1080/15438627.2017.1393748>
- Jayaseelan, D. J., Mischke, J. J., & Strazzulla, R. L. (2019). Eccentric Exercise for Achilles Tendinopathy: A Narrative Review and Clinical Decision-Making Considerations. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, *4*(34), 1-14. <https://doi.org/10.3390/jfmk4020034>
- \*Jonsson, P., & Alfredson, H. (2005). Superior results with eccentric compared to concentric quadriceps training in patients with jumper's knee: a prospective randomised study. *British Journal of Sports Medicine*, *39*(11), 847-850. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.018630>
- Joseph, A., Collins, C., Henke, N., Yard, E., Fields, S., & Comstock, D. (2013). A Multisport Epidemiologic Comparison of Anterior Cruciate Ligament Injuries in High School Athletics. *Journal of Athletic Training*, *48*(6), 810-817. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-48.6.03>

- \*Kearney, R. S., Parsons, N., & Costa, M. L. (2013). Achilles tendinopathy management. A pilot randomized controlled trial comparing platelet-rich plasma injection with an eccentric loading programme. *Bone & Joint Research*, 2(10), 227-232. <https://doi.org/10.132/2046-3758.210.2000200>
- Khan, K. M., Visentini, P. J., Kiss, Z. S., Desmond, P. M., Coleman, B. D., Cook, J. L., Trees, B. M., Wark, J. D., & Forster, B. B. (1999). Correlation of ultrasound and magnetic resonance imaging with clinical outcome after patellar tenotomy: prospective and retrospective studies. Victorian Institute of Sport Tendon Study Group. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 9(3), 129-137. <http://doi.org/10.1097/00042752-199907000-00003>
- Kinikli, G. I., Yüksel, I., Baltacı, G., & Atay, Ö. A. (2014). The effect of progressive eccentric and concentric training on functional performance after autogenous hamstring anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled study. *Acta Orthopaedica Traumatologica Turcica*, 48(3), 283-289. <https://doi.org/10.3944/AOTT.2014.13.0111>
- Kisner, C., y Colby, L. A. (2010). *Ejercicio Terapéutico Fundamentos y Técnicas*. (5a ed.). Editorial Médica Panamericana.
- Kjaer M, & Heinemeier K. M. (2014). Eccentric exercise: Acute and chronic effects on healthy and diseased tendons. *Journal of Applied Physiology*, 116, 1435–1438. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01044.2013>
- \*Knobloch, K., Schreibmueller, L., Kraemer, R., Jagodzinski, M., Vogt, P. M., & Redeker, J. (2010). Gender and eccentric training in achilles mid-portion tendinopathy. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 18, 648-655. <https://doi.org/10.1007/s00167-009-1006-7>

- \*Kongsgaard, M., Kovanen, V., Aagaard, P., Doessing, S., Hansen, P., Laursen A. H., Kaldau, N. C., Kjaer, M., & Magnusson, S. P. (2009). Corticosteroid injections, eccentric decline squat training and heavy slow resistance training in patellar tendinopathy. *Scandinavian Journal of Medicine & Science Sports*, *19*, 790–802. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.00949.x>
- Kosek, E., Cohen, M., Baron, R., Gebhart, G. F., Mico, J. A., Rice, A. S., Rief, W., & Sluka, A. K. (2016). Do we need a third mechanistic descriptor for chronic pain states? *Pain*, *157*, 1382–6. <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000000507>
- Leonard, T. R., & Herzog, W. (2010). Regulation of muscle force in the absence of actin myosin-based cross-bridge interaction. *American Journal of Physiology, Cell Physiology*, *299*, C14–C20. <https://doi.org/10.1152/ajpcell.00049.2010>
- Lepley, L. K., & Butterfield, T. A. (2017). Shifting the Current Clinical Perspective: Isolated Eccentric Exercise as an Effective Intervention to Promote the Recovery of Muscle After Injury. *Journal of Sport Rehabilitation*, *26*, 122-130. <https://doi.org/10.1123/JSR.2017-0008>
- Lepley, L. K., & Palmieri-Smith, R. M. (2013). Effect of Eccentric Strengthening After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction on Quadriceps Strength. *Journal of Sport Rehabilitation*, *22*, 150-156. <https://doi.org/10.1123/jsr.22.2.150>
- Lepley, L. K., Wojtys, E. M., & Palmieri-Smith, R. M. (2015). Combination of eccentric exercise and neuromuscular electrical stimulation to improve quadriceps function post-ACL reconstruction. *The Knee*, *22*, 270–277. <http://doi.org/10.1016/j.knee.2014.11.013>
- Lesnak, J. B., Anderson, D.T., Farmer, B. E., Katsavelis, D., & Grindstaff, T. L. (2020). Ability of Isokinetic Dynamometer to Predict Isotonic Knee Extension 1-Repetition

Maximum. *Journal of Sport Rehabilitation*, 29, 616-620.  
<https://doi.org/10.1123/jsr.2018-0396>

Leung, A., Gregory, N. S., Allen, L. A., & Sluka, K. A. (2016). Regular physical activity prevents chronic pain by altering resident muscle macrophage phenotype and increasing IL-10 in mice. *Pain*, 157(1), 79-79.  
<https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000000312>

Li, Y., Wu, T., & Liu, S. (2021). Identification and Distinction of Tenocytes and Tendon Derived Stem Cells. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 9, 1-11.  
<https://doi.org/10.3389/fcell.2021.629515>

Lima, L. V., Abner, T. S. S., & Sluka, K. A. (2017). Does exercise increase or decrease pain? Central mechanisms underlying these two phenomena. *The Journal of Physiology*, 595(13), 4141-4150. <https://doi.org/10.1113/JP273355>

Lobanov, O. V., Zeidan, F., McHaffie, J. G., Kraft, R. A., & Coghill, R. C. (2014). From cue to meaning: brain mechanisms supporting the construction of expectations of pain. *Pain*, 155, 129-136. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2013.09.014>

Lobb, R., Tumilty, S., & Claydon, L. (2013). A review of systematic reviews on anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation. *Physical Therapy in Sport*, 13(2012), 270-278. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2012.05.001>

Lusa Cadore, E., González-Izal, M., Grazioli, R., Setuain, I., Silveira Pinto, R., & Izquierdo, M. (2019). Effects of Concentric and Eccentric Strength Training on Fatigue Induced by Concentric and Eccentric Exercises. *Journal of Sports Physiology and Performance*. 14, 91-98. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2018-0254>

Lysholm, J., & Gillquist, J. (1982). Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *The American Journal of Sports Medicine*, 10(3), 150-154. <https://doi.org/10.1177/036354658201000306>

- Malliaras, P., Barton, C. J., Reeves, N. D., & Langberg, H. (2013). Achilles and Patellar Tendinopathy Loading Programmes. A Systematic Review Comparing Clinical Outcomes and Identifying Potential Mechanisms for Effectiveness. *Sports Medicine*, 43, 267-286. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0019-z>
- Maffulli, N., Longo, U. G., Loppini, M., & Denaro, V. (2010). Current treatment options for tendinopathy. *Expert Opinion on Pharmacotherapy*, 11, 2177-2186. <https://doi.org/10.1517/14656566.2010.495715>
- Magnusson, S. P., Langberg, H., & Kjaer, M. (2010). The pathogenesis of tendinopathy: balancing the response to loading. *Nature Reviews Rheumatology*, 6(5), 262–268. <https://www.nature.com/articles/nrrheum.2010.43>
- Margaritelis, N. V., Theodorou, A. A., Chatzinikolaou, P. N., Kyparos, A., Nikolaidis, M. G., & Paschalis, V. (2020). Eccentric exercise per se does not affect muscle damage biomarkers: early and late phase adaptations. *European Journal of Applied Physiology*, 121, 549–559. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04528-w>
- Marín, F., Sánchez, J., y López, J. A. (2009). El metaanálisis en el ámbito de las Ciencias de la Salud: una metodología imprescindible para la eficiente acumulación del conocimiento. *Fisioterapia*, 31(3), 107-114. <https://doi.org/10.1016/j.ft.2009.02.002>
- Martínez Hernández, L.E., Pegueros Pérez, A., Ortiz Alvarado, A., del Villar Morales, A., Flores, V. H., y Pineda Villaseñor, C. (2014). Valoración isocinética de la fuerza y balance muscular del aparato extensor y flexor de la rodilla en taekwondoinas. *Gaceta Médica de México*, 150(3), 272-278. <https://www.medigraphic.com/pdfs/gaceta/gm-2014/gms143a.pdf>
- McAuliffe, S., McCreesh, K., Culloty, F., Purtill, H., & O’Sullivan, K. (2016). Can ultrasound imaging predict the development of Achilles and patellar

- tendinopathy? A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 50(24), 1516–1523. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096288>
- McNeill, W. (2015). About eccentric exercise. *Journal of Bodywork & Movement Therapies*, 19, 553-557. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.05.002>
- Mendoza Prada, J. A., Rodríguez, O. Gutiérrez-Guevara, J. C., y Laura, C. (2017). Percepción funcional de los pacientes tras reconstrucción del ligamento cruzado anterior. Serie de casos. *Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología*, 31(1), 16-21. <https://doi.org/10.1016/j.rccot.2017.01.006>
- Meyer, A., Tumilty, S., & Baxter, D. (2009). Eccentric exercise protocols for chronic non-insertional Achilles tendinopathy: how much is enough? *Scandinavian Journal of Medicine & Science Sports*, 19, 609-615. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.00981.x>
- Milandri, G., & Sivarasu, S. (2021). A Randomized Controlled Trial of Eccentric Versus Concentric Cycling for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Rehabilitation. *The American Journal of Sports Medicine*, 49(3), 626–636. <https://doi.org/10.1177/0363546520987566>
- Molinari, T., Steffens, T., Roncada, C., Rodrigues, R., & Dias, C. P. (2019). Effects of Eccentric-Focused Versus Conventional Training on Lower Limb Muscular Strength in Older Adults: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Journal of Aging and Physical Activity*, 27, 823-830. <https://doi.org/10.1123/japa.2018-0294>
- Morales Treviso, C., Paz García, M., Leal Berumen, I., Leal Contreras, C., Berumen y Nafarrete, E. (2013). Plastia de ligamento cruzado anterior con técnica de «U-Dos». *Acta Ortopédica Mexicana*, 27(3), 142-148. <https://www.medigraphic.com/pdfs/ortope/or-2013/or133b.pdf>

- Morton, S., Morrissey, D., Valle, X., Chan, O., Langberg, H., & Malliaras, P. (2015). Equivalence of online and clinician administration of a patellar tendinopathy risk factor and severity questionnaire. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(5), 670-677. <https://doi.org/10.1111/sms.12334>
- Moseley, A. M., Elkins, M. R., Van der Wees, P. J., & Pinheiro, M. B. (2020). Using research to guide practice: The Physiotherapy Evidence Database (PEDro). *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 24(5), 384-391. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2019.11.002>
- Moseley, A. M., Rahman, P., Wells, G. A., Zadro, J. R., Sherrington, C., Toupin-April, K., & Brosseau, L. (2019). Agreement between the Cochrane risk of bias tool and Physiotherapy Evidence Database (PEDro) scale: A meta-epidemiological study of randomized controlled trials of physical therapy interventions. *Plos One*, 14(9), 1-16 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222770>
- Murphy, M. C., Travers, M. J., Chivers, P., Debenham, J. R., Docking, S. I., Rio, E. K., & Gibson, W. (2019). Efficacy of heavy eccentric calf training for treating mid-portion Achilles tendinopathy: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 53(17), 1-9. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099934>
- Nassadj, G., Pirali, M., Shanbehzadeh, S., Sanjari, M. A., Amiri, A., & Jamshidi, A. A. (2012). Isokinetic Evaluation of Quadriceps Strength in Open and Closed Kinetic Chains in Patients with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Zahedan Journal of Research in Medical Sciences*, 16(6), 80-82. <https://brieflands.com/articles/zjrms-1539.pdf>
- Neidlinger-Wilke, C., Grood, E., Claes, L., & Brand, R. (2002). Fibroblast orientation to stretch begins within three hours. *Journal of Orthopaedic Research*, 20(5), 953-956. [https://doi.org/10.1016/S0736-0266\(02\)00024-4](https://doi.org/10.1016/S0736-0266(02)00024-4)
- Nishikawa, K. (2016). Eccentric contraction: unraveling mechanisms of force enhancement

- and energy conservation. *Journal of Experimental Biology*, 219(2), 189–196. <https://doi.org/10.1242/jeb.124057>
- Nishikawa, K. C., Monroy, J. A., Uyeno, T. E., Yeo, S. H., Pai, D. K., & Lindstedt, S. L. (2012). Is titin a ‘winding filament’? A new twist on muscle contraction. *Biological Sciences*, 279, 981-990. <https://doi.org/10.1098/rspb.2011.1304>
- Nosaka, K., & Newton, M. (2002). Concentric or eccentric training effect on eccentric exercise-induced muscle damage. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(1), 63-69. [https://journals.lww.com/acsmmsse/Fulltext/2002/01000/Concentric\\_or\\_eccentric\\_training\\_effect\\_on.11.aspx](https://journals.lww.com/acsmmsse/Fulltext/2002/01000/Concentric_or_eccentric_training_effect_on.11.aspx)
- Notarnicola, A., Maccagnano, G., Tafuri, S., Forcignanò, M. I., Panella, A., & Biagio, M. (2014). CHELT therapy in the treatment of chronic insertional Achilles tendinopathy. *Lasers in Medical Science*, 29, 1217–1225. <https://doi.org/10.1007/s10103-013-1510-3>
- Ohberg, L., & Alfredson, H. (2004). Effects on neovascularization behind the good results with eccentric training in chronic mid-portion Achilles tendinosis? *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 12, 465–470. <https://doi.org/10.1007/s00167-004-0494-8>
- O’Malley, E., Richter., King, E., Strike, S., Moran, K., Franklyn-Miller, A., & Moran, R. (2018). Countermovement Jump and Isokinetic Dynamometry as Measures of Rehabilitation Status After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Journal of Athletic Training*, 53(7), 687-695. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-480-16>
- O’Neill, S., Watson, P. J., & Barry, S. (2015). Why are eccentric exercises effective for achilles tendinopathy? *International Journal of Sports Physical Therapy*, 10(4), 552-562. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4527202/pdf/ijst-08-552.pdf>

- Peña, O. R., Gómez, A., Torres, L. P., y García, L. F. (2021). Adaptación transcultural al Español y Validación de la Escala de Lysholm para evaluar la funcionalidad de la rodilla. *Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología*, 35(3), 223-228. <https://doi.org/10.1016/j.rccot.2021.06.001>
- Powers, K., Schappacher-Tilp, G., Jinha, A., Leonard, T., Nishikawa, K., & Herzog, W. (2014). Titin force is enhanced in actively stretched skeletal muscle. *Journal of Experimental Biology*, 217(20), 3629-3636. <https://doi.org/10.1242/jeb.105361>
- \*Purdam, C. R., Johnsson, P., Alfredson, H., Lorentzon, R., Cook, J. L., & Khan, K. M. (2004). A pilot study of the eccentric decline squat in the management of painful chronic patellar tendinopathy. *British Journal of Sports Medicine*, 38, 395–397. <https://doi.org/10.1136/bjism.2003.000053>
- Ra, H. J., Kim, H. S., Choi, J. Y., Ha, J. K., Kim, J. Y., & Kim, J. G. (2014). Comparison of the ceiling effect in the Lysholm score and the IKDC subjective score for assessing functional outcome after ACL reconstruction. *The Knee*, 21(5), 906-910 <http://doi.org/10.1016/j.knee.2014.06.004>
- Raja, S. N., Carr, D. B., Cohen, M., Finnerup, N. B., Flor, H., Gibson, S., Keefe, F. J., Mogili, J. S., Ringkamp, M., Sluka, K. A., Song, X., Stevens, B., Sullivan, M. D., Tutelman, P.R., Ushida, T., & Vader, K. (2020). The revised International Association for the Study of Pain definition of pain: concepts, challenges, and compromises. *Pain*, 1-7. <http://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000001939>
- Ratamess, N. (2015). *Manual ACSM de Entrenamiento de la Fuerza y del Acondicionamiento Físico*. Editorial Paidotribo.
- Rice, D., Nijs, J., Kosek, E., Wideman, T., Hasenbring, M. I., Koltyn, K., Graven-Nielsen, T., & Polli, A. (2019). Exercise-Induced Hypoalgesia in Pain-Free and Chronic Pain

Populations: State of the Art and Future Directions. *The Journal of Pain*, 20(11), 1249-1266. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2019.03.005>

Risberg, M. A., Holm, I., & Beynnon, B.D. (1999). Sensitivity to changes over time for the IKDC form, the Lysholm score and the Cincinnati Knee score: A prospective study of 120 ACL reconstructed patients with a 2 years follow-up. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 7, 152-159. <https://doi.org/10.1007/s001670050140>

Rivarola Etcheto, H., Zordan, J., Collazo, C., Palanconi, M., Alvarez Salinas, E., Escobar, G., y Chiotta Romano, M. (2016). Ligamento anterolateral de rodilla. Reconstrucción anatómica con técnica mini invasiva de doble incisión. *Artroscopía*. 23(3), 132-135. <https://www.revistaartroscopia.com.ar/ediciones-anteriores/104-volumen-05-numero-1/volumen-23-numero-3/753-ligamento-anterolateral-de-rodilla-reconstruccion-anatomica-con-tecnica-mini-invasiva-de-doble-incision>

Rolfson, O., Rothwell, A., Sedrakyan, A., Chenok, K. E., Bohm, E., Bozic, K. J., & Garellick, G. (2011). Use of patient-reported outcomes in the context of different levels of data. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 93, 66-71. <https://doi.org/10.2106/JBJS.K.01021>

Romero Moraleda, B., Cuéllar, Á., González, J., Bastida, N., Echarri, E., Gallardo, J., y Paredes, V. (2017). Revisión de los factores de riesgo y los programas de prevención de la lesión del ligamento cruzado anterior en fútbol femenino: propuesta de prevención. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 48(13), 117-138. <https://doi.org/10.5232/ricyde2017.04803>

Rompe, J. D., Furia, J., & Maffulli, N. (2009). Eccentric Loading Versus Eccentric Loading Plus Shock-Wave Treatment for Midportion Achilles Tendinopathy A Randomized Controlled Trial. *The American Journal of Sports Medicine*, 37(3), 463-470. <https://doi.org/10.1177/0363546508326983>

- \*Rompe, J. D., Furla, J., & Maffulli, N. (2008). Eccentric loading compared with shock wave treatment for chronic insertional Achilles tendinopathy. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, *90*(1), 52-61. <https://doi.org/10.2106/JBJS.F.01494>.
- \*Rompe, J. D., Nafe, B., Furla, J. P., & Maffulli, N. (2007). Eccentric loading, shock-wave treatment, or a wait-and-see policy for tendinopathy of the main body of tendon achillis. A randomized controlled trial. *The American Journal of Sports Medicine*, *35*(3), 374-383. <https://doi.org/10.1177/0363546506295940>
- Sadacharan, C. M., & Seo, S. (2021). Effect of Large Versus Small Range of Motion in the Various Intensities of Eccentric Exercise-Induced Muscle Pain and Strength. *International Journal Exercise Science*, *14*(7), 1-18. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8136596/pdf/ijes-14-7-1.pdf>
- Sanders, T. L., Maradit Kremers, H., Bryan, A.J., Larson, D. R., Dahm, D. L., Levy, B. A., Stuart, M. J., & Krych, A. J. (2016). Incidence of anterior cruciate ligament tears and reconstruction: a 21-year population-based study. *The American Journal of Sports Medicine*, *44*(6), 1502-1507. <https://doi.org/10.1177/0363546516629944>
- Satyendra, L., & Byl, N. (2006). Effectiveness of physical therapy for Achilles tendinopathy: An evidence based review of eccentric exercises. *Isokinetics and Exercise Science*, *14*(1), 71-80. <https://doi.org/10.3233/IES-2006-0223>
- Schoenfeld, B. J., Ogborn, D. I., Vigotsky, A. D. Franchi, M. V., & Krieger, J. W. (2017). Hypertrophic effects of concentric vs eccentric muscle actions: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *31*(9), 2600-2608. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001983>
- Sluka, K. A., Berkley, K. J., O'Connor, M. I., Nicolella, D. P., Enoka, R. M., Boyan, B. D., Hart, D. A., Resnick, E., Kwok, C. K., Tosi, L. L., Coutts, R. D., & Kohrt, W. M. (2012). Neural and psychosocial contributions to sex differences in knee

osteoarthritic pain. *Biology of Sex Differences*, 3(26), 1-12.  
<https://doi.org/10.1186/2042-6410-3-26>

Sluka, K. A., Law, L. F., & Bement, M. H. (2018). Exercise-induced pain and analgesia? Underlying mechanisms and clinical translation. *Pain*, 159(1), 1-17.  
<https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000001235>

Smith, B. E., Hendrick, P., Bateman, M., Holden, S., Littlewood, C., Smith, T. O., & Logan, P. (2019). Musculoskeletal pain and exercise challenging existing paradigms and introducing new. *British Journal of Sports Medicine*, 53(14), 907-912.  
<http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2017-098983>

Sonnery-Cottet, B., Vieira, T. D., & Ouanezar, H. (2019). Anterolateral ligament of the knee: diagnosis, indications, technique, outcomes. *Arthroscopy*, 35, 302-303.  
<https://doi.org/10.1016/j.arthro.2018.08.019>

\*Stevens, M., & Tan, C. (2014). 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*, 44(2), 59-67. <https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2014.4720>

Tegner, Y., & Lysholm, J. (1985). Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 198, 43-49.

Tengman, E., Brax Olofsson, L., Stensdotter, A. K., Nilsson, K. G., & Häger, C. K. (2014). Anterior cruciate ligament injury after more than 20 years. II. Concentric and eccentric knee muscle strength. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(6), 501-509. <https://doi.org/10.1111/sms.12215>

Thijs, K. M., Zwerver, J., Backx, F. J. G., Steeneken, V., Rayer, S., Groenenboom, P., & Moen, M. H. (2017). Effectiveness of Shockwave Treatment Combined With

Eccentric Training for Patellar Tendinopathy: A Double-Blinded Randomized Study. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 27(2), 89-96  
<https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000332>

Thrush, C., Porter, T. J., & Devitt, B. M. (2018). No evidence for the most appropriate postoperative rehabilitation protocol following anterior cruciate ligament reconstruction with concomitant articular cartilage lesions: a systematic review. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 26, 1065-1073.  
<https://doi.org/10.1007/s00167-018-4882-x>

Tortora, G. J., y Derrickson, B. (2017). *Principios de Anatomía y Fisiología*. (15a ed.). Editorial Panamericana.

Ucar, M., Koca, I., Eroglu, M., Eroglu, S., Sarp, U., Onur, H., & Yetisgin, A. (2014). Evaluation of Open and Closed Kinetic Chain Exercises in Rehabilitation Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Journal Physical Therapy Science*, 26, 1875-1878. <https://doi.org/10.1589/jpts.26.1875>

van Melick, N., van Cingel, R. E. H., Brooijmans, F., Neeter, C., van Tienen, T., Hullegie, W., & Nijhuis-van der Sanden, M. W. G. (2016). Evidence-based clinical practice update: practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus. *British Journal of Sports Medicine*, 50(24), 1506-1515. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095898>

Vásquez-Morales, A., Sanz-Valero, J., y Wanden-Berghe, C. (2013). Ejercicio excéntrico como recurso físico preventivo en personas mayores de 65 años: revisión sistemática de la literatura científica. *Enfermería Clínica*, 23(2), 48-55.  
<http://doi.org/10.1016/j.enfcli.2013.01.003>

Vicente Herrero, M. T., Delgado Bueno, S., Bandrés Moyá, F. Ramírez Iñiguez de la Torre, M. V., y Capdevila García, L. (2018). Valoración del dolor. Revisión comparativa de

escalas y cuestionarios. *Revista de la Sociedad Española del Dolor*, 25(4), 228-236.  
<https://doi.org/10.20986/resed.2018.3632/2017>

Vieira, A., Blazeovich, A., Souza, N., Celes, R., Alex, S., Tufano, J. J., & Bottaro, M. (2018). Acute changes in muscle thickness and pennation angle in response to work-matched concentric and eccentric isokinetic exercise. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 43(10), 1069-1074. <https://doi.org/10.1139/apnm-2018-0055>

von Wehren, L., Pokorny, K., Blanke, F., Sailer, J., Majewski, M. (2019). Injection with autologous conditioned serum has better clinical results than eccentric training for chronic Achilles tendinopathy. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 27, 2744-2753. <https://doi.org/10.1007/s00167-019-05465-8>

Warden, S. J., Metcalf, B. R., Kiss, Z. S., Cook, J. L., Purdam, C. R., Bennell, K. L., & Crossley, K. M. (2008). Low-intensity pulsed ultrasound for chronic patellar tendinopathy: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Rheumatology*, 47, 467-471. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/kem384>

Wasielowski, N. J., & Kotsko, K. M. (2007). Does Eccentric Exercise Reduce Pain and Improve Strength in Physically Active Adults with Symptomatic Lower Extremity Tendinosis? A Systematic Review. *Journal of Athletic Training*, 42(3), 409-421.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1978463/pdf/i1062-6050-42-3409.pdf>

Williams, A. C., & Craig, K. D. (2016). Updating the definition of pain. *Pain*, 157, 2420-2423. <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000000613>

Wisdom, K. M., Delp, S. L., & Kuhl, E. (2015). Use it or lose it: multiscale skeletal muscle adaptation to mechanical stimuli. *Biomechanics and Modeling in Mechanobiology*, 14, 195-215. <https://doi.org/10.1007/s10237-014-0607-3>

- Woitzik, E., Jacobs, C., Wong, J. J., Cote, P., Shearer, H. M., Randhawa, K., Sutton, D., Southerst, D., Varatharajan, S., Brison, R. J., Yu, H., van der Velde, G., Stern, P. J., Taylor-Vaisey, A., Stupar, M., Mior, S., & Carroll, L. J. (2015). The effectiveness of exercise on recovery and clinical outcomes of soft tissue injuries of the leg, ankle, and foot: A systematic review by the Ontario Protocol for Traffic Injury Management (OPTIMa) Collaboration. *Manual Therapy*, 20(5), 633-645. <https://doi.org/10.1016/j.math.2015.03.012>
- Yin Lim, H., & Hui Wong, S. (2018). Effects of isometric, eccentric or heavy slow resistance exercises on pain and function in individuals with patellar tendinopathy: A systematic review. *Physiotherapy Research International*, 23(4), <https://doi.org/10.1002/pri.1721>
- Yoon, T., & Hwang, J. (2000). Comparison of eccentric and concentric isokinetic exercise testing after anterior cruciate ligament reconstruction. *Yonsei Medical Journal*, 41(5), 584-592. <https://doi.org/10.3349/ymj.2000.41.5.584>
- Yu, J. (2014). Comparison of Lower Limb Muscle Activity during Eccentric and Concentric Exercises in Runners with Achilles Tendinopathy. *Journal of Physical Therapy Science*, 26(9), 1351-1353. <https://doi.org/10.1589/jpts.26.1351>
- \*Yu, J., Park, D., & Lee, G. (2013). Effect of Eccentric Strengthening on Pain, Muscle Strength, Endurance, and Functional Fitness Factors in Male Patients with Achilles Tendinopathy. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 92(1), 68-76. <https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e31826eda63>
- Zampelis, V., Ornstein, E., Franzén, H., & Atroshi, I. (2014). A simple visual analog scale for pain is as responsive as the WOMAC, the SF-36, and the EQ-5D in measuring outcomes of revision hip arthroplasty. A prospective cohort study of 45 patients followed for 2 years. *Acta Orthopaedica*, 85(2), 128-132. <https://doi.org/10.3109/17453674.2014.887951>

\*Zhang, B., Zhong, L., Xu Si-wei., J. H., & Shen, J. (2013). Acupuncture for chronic Achilles tendnopathy: A randomized controlled study. *Chinese Journal of Integrative Medicine*, 19(12), 900-904. <https://doi.org/10.1007/s11655-012-1218-4>

## ANEXOS

### Anexo 1.

Cuadro 14.

Evaluación de la calidad de los estudios mediante la escala PEDro (Physiotherapy Evidence Database)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Yu et al. (2013)												11
Zhang et al. (2013)												8
Knobloch et al. (2010)												8
Alfredson et al. (1998)												5
Chester et al. (2008)												10
Rompe et al. (2008)												9
Horstmann et al. (2013)												10
Stevens et al. (2014)												11
Kearney et al. (2013)												9
Rompe et al. (2007)												10
Beyer et al. (2015)												10
Kongsgaard et al. (2009)												9
Eapen et al. (2011)												4
Purdam et al. (2003)												5
Jonsson et al. (2005)												8
Francys Vidmar et al. (2019)												11
Gerber et al. (2009)												8
Brasileiro et al. (2011)												4
Canell et al. (2001)												10

## Anexo 2.

Cuadro 15.

*Análisis de varianza análogo de variables moderadoras en grupos experimentales y controles que no evidenciaron diferencias entre sus categorías*

Variable moderadora	Grupos	Niveles	TE	nTE	95% confianza		QB	gl	Valor crítico chi cuadrado
					IC-	IC+			
Instrumento evaluación	DE	VISA y Lysholm	-1,20	14	-1,36	-1,04	0,22	1	3,84
		VAS	-1,28	7	-1,57	-0,99			
Duración tratamiento (semanas)	DE	1-6 semanas	-1,28	6	-1,45	-1,11	1,67	1	3,84
		7-12 semanas	-1,07	15	-1,34	-0,81			
Tipo de tratamiento	DC	Ejercicio	-1,47	5	-1,87	-1,08	2,32	1	3,84
		Otros tratamientos	-1,13	10	-1,32	-0,94			
Genero	FME	Mujeres	1,23	1	0,61	1,85	2,15	2	5,99
		Hombres	0,72	4	0,42	1,02			
		Mixtos	0,88	4	0,59	1,16			
Tipo lesión	FME	TA	0,75	2	0,36	1,14	1,23	2	5,99
		TP	0,75	3	0,41	1,10			
		LCA	0,98	4	0,67	1,29			
Tipo lesión	FMC	TA	0,42	2	0,05	0,80	0,77	2	5,99
		TP	1,30	3	0,49	2,11			
		LCA	0,28	1	-0,14	0,70			
Tipo de tratamiento	FMC	Ejercicio	0,42	4	0,16	0,69	2,67	1	3,84
		Otros tratamientos	0,05	2	-0,29	0,41			

Nota: DE: variable dolor para grupos experimentales; DC: variable dolor para grupos controles; FME: variable fuerza muscular para grupos experimentales; FMC: variable fuerza muscular para grupos controles. gl: (categorías -1).  $\chi^2$  con un nivel de significancia de ,05 (95% confianza): 5,99.  $Q_b > \chi^2$  (95% confianza): los TE de los niveles que se compara son heterogéneos (existen diferencias entre al menos dos de ellos). nTE: cantidad de tamaños de efecto individuales

### Anexo 3.

Cuadro 16.

*Análisis de regresión de mínimos cuadrados ponderados para las variables moderadoras continuas que no tuvieron un efecto moderador sobre los tamaños de efecto*

<b>Variable predictora</b>	<b>Grupo</b>	<b>Bne</b>	<b>Sj</b>	<b>IC-</b>	<b>IC+</b>	<b>Z</b>
Frecuencia por semana	DE	-0,038	0,033	-0,10	0,02	-1,14
Edad	DC	0,003	0,010	-0,017	0,02	0,28

Nota: DE: variable dolor para grupos experimentales; DC: variable dolor para grupos controles. Bne: beta no estandarizado. Sj: error típico corregido.  $Z > 1,96$  (valor absoluto) = variable independiente respectiva es moderadoras.

#### Anexo 4.

#### ***Cuestionario VISA-A para la valoración de la severidad clínica de la tendinopatía Aquilea***

En este cuestionario, el término dolor se refiere específicamente a la región del tendón de Aquiles. Para indicar su intensidad de dolor, por favor, marque de 0 a 10 en la escala de respuesta teniendo en cuenta que *0 = ausencia de dolor* y *10 = máximo dolor que imagina*.

**1. ¿Durante cuántos minutos siente rigidez en la zona del tendón al levantarse por la mañana?**

<b>0min</b>	<b>10min</b>	<b>20min</b>	<b>30min</b>	<b>40min</b>	<b>50min</b>	<b>60min</b>	<b>70min</b>	<b>80min</b>	<b>90min</b>	<b>100min</b>
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

**2. Una vez que ha entrado en calor, ¿siente dolor al estirar completamente el tendón de Aquiles en el borde de un escalón (sobre las puntas de los pies y con la rodilla extendida, como en la imagen)?**

<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

**3.- Después de caminar 30 minutos en llano, ¿siente dolor en el tendón en las dos horas siguientes?**

*Si no es capaz de andar durante 30 minutos en terreno llano, puntúe 0 en esta pregunta.*

<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

**4.- ¿Le duele al bajar escaleras a un paso normal?**

<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

**5.- ¿Le duele el tendón cuando se pone de puntillas 10 veces sobre la misma pierna en una superficie plana o inmediatamente después de hacerlo?**

<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

**6.- ¿Cuántos saltos puede hacer sobre una sola pierna sin dolor en la zona del tendón?**

<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

**7.- ¿Practica actualmente algún deporte u otra actividad física?**

No, en absoluto (Puntaje 0)

Entrenamiento y/o competición modificada (Puntaje 4)

Entrenamiento y/o competición completa, pero no al mismo nivel que cuando empezaron los síntomas (Puntaje 7)

Competición al mismo nivel o superior al que tenía cuando empezaron los síntomas (Puntaje 10)

**8.- Por favor, lea los siguientes apartados y conteste A, B o C en esta pregunta según el estado actual de su lesión:**

Si no tiene dolor al realizar deportes que carguen (soliciten) el tendón de Aquiles, por favor, complete solamente la pregunta 8a

Si tiene dolor mientras practica deportes de carga sobre el tendón de Aquiles pero éste no le impide finalizar la actividad, por favor, conteste solamente la cuestión 8b.

Si tiene un dolor que le impide completar deportes que solicitan el tendón de Aquiles, por favor, complete únicamente la pregunta 8c.

**8a. Si no tiene dolor al realizar deportes que carguen el tendón de Aquiles ¿durante cuánto tiempo puede entrenar/practicar esos deportes?**

<b>Nada</b>	<b>1 a 10min</b>	<b>11 a 20min</b>	<b>21 a 30min</b>	<b>&gt;30min</b>
0	7	14	21	30

**8b. Si tiene algo de dolor mientras practica deportes que carguen el tendón de Aquiles, pero no le impide completar su entrenamiento/práctica deportiva, ¿durante cuánto tiempo puede entrenar/practicar esos deportes?**

Nada	1 a 10min	11 a 20min	21 a 30min	>30min
0	4	10	14	20

**8c. Si tiene un dolor que le impide completar entrenamientos o deportes que carguen el tendón de Aquiles, ¿durante cuánto tiempo puede entrenar o practicar esos deportes?**

Nada	1 a 10min	11 a 20min	21 a 30min	>30min
0	2	5	7	10

**PUNTUACIÓN TOTAL: ( /100)**

Cuestionario para la valoración de tendinopatía de Aquiles. Adaptado de Hernández-Sánchez, S., Poveda-Pagan, E. J., Alakhdar-Mohmara, Y., Hidalgo, M. D., Fernández-de las Peñas, C., Arias-Buria, J. L. (2018). Cross-cultural Adaptation of the Victorian Institute of Sport Assessment-Achilles (VISA-A) Questionnaire for Spanish Athletes With Achilles Tendinopathy. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 48(2), 111-119. <https://doi.org/10.2519/jospt.2018.7402>

## Anexo 5.

### FINAL VERSION OF THE VISA-P-SP

Este es un cuestionario para la valoración de la gravedad de los síntomas en individuos con tendinopatía rotuliana. El término “dolor” en el cuestionario hace referencia a la zona específica del tendón rotuliano. Para indicar su intensidad de dolor, por favor, marque de 0 a 10 en la escala teniendo en cuenta que.

0 = ausencia de dolor sin problemas y 10 = máximo dolor que imagina, dolor muy intenso /incapaz

#### 1. ¿Durante cuántos minutos puede estar sentado sin dolor?

<b>0 a 15min</b>	<b>15 a 30min</b>	<b>30 a 60min</b>	<b>60 a 90min</b>	<b>90 a 120min</b>	<b>&gt;120</b>
0	2	4	6	8	10

#### 2. ¿Le duele al bajar escaleras con paso normal?

<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

#### 3. ¿Le duele la rodilla al extenderla completamente sin apoyar el pie en el suelo?

<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

4. ¿Tiene dolor en la rodilla al realizar un gesto de “zancada” (flexión de rodilla tras un movimiento amplio hacia delante con carga completa del peso corporal sobre la pierna adelantada)? Ver ilustración.



<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

**5. ¿Tiene problemas para ponerse en cuclillas?**

<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

**6. ¿Le duele al hacer 10 saltos seguidos sobre la pierna afectada o inmediatamente después de hacerlos?**

<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

**7.- ¿Practica actualmente algún deporte u otra actividad física?**

No, en absoluto (Puntaje 0)

Entrenamiento y/o competición modificada (Puntaje 4)

Entrenamiento y/o competición completa, pero no al mismo nivel que cuando empezaron los síntomas (Puntaje 7)

Competición al mismo nivel o superior al que tenía cuando empezaron los síntomas (Puntaje 10)

**8.- Por favor, lea los siguientes apartados y conteste A, B o C en esta pregunta según el estado actual de su lesión:**

- Si no tiene dolor al realizar deporte, por favor, conteste sólo a la pregunta 8A.
- Si tiene dolor mientras realiza el deporte, pero éste no le impide completar la actividad, por favor, conteste únicamente la pregunta 8B.
- Si tiene dolor en la rodilla y éste le impide realizar deporte, por favor, conteste solamente la pregunta 8C.

**8A. Si no tiene dolor al realizar deporte ¿cuánto tiempo puede estar entrenando o practicando?**

<b>0 a 20min</b>	<b>20 a 40min</b>	<b>40 a 60min</b>	<b>60 a 90min</b>	<b>&gt;90min</b>
6	12	18	24	30

**8B. Si tiene cierto dolor mientras realiza deporte, pero éste no obliga a interrumpir el entrenamiento o la actividad física, ¿cuánto tiempo puede estar entrenando o haciendo deporte?**

<b>0 a 15min</b>	<b>15 a 30min</b>	<b>30 a 45min</b>	<b>45 a 60min</b>	<b>&gt;60min</b>
0	5	10	15	20

**8C. Si tiene dolor que le obliga a detener el entrenamiento o práctica deportiva, ¿cuánto tiempo puede aguantar haciendo el deporte o la actividad física?**

<b>Nada</b>	<b>0 a 10min</b>	<b>10 a 20min</b>	<b>20 a 30min</b>	<b>&gt;30min</b>
0	2	5	7	10

**PUNTUACIÓN TOTAL: (/100)**

Cuestionario para la valoración de tendinopatía patelar. Adaptado de Hernández-Sánchez, S., Hidalgo, M. D., Gómez, A. (2011) Cross-cultural Adaptation of VISA-P Score for Patellar Tendinopathy in Spanish Population. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 41(8), 581-591. <https://doi.org/10.2519/jospt.2011.3613>

## **Anexo 6.**

### **Escala Lysholm**

#### **¿Renquea?**

- No (5)
- Periódicamente (3)
- Constantemente (0)

#### **¿Utiliza soporte para caminar?**

- No (5)
- Bastón o muleta (2)
- No puede apoyar MI (0)

#### **¿Se traba la rodilla?**

- No (15)
- Siente la sensación pero no (10)
- Se traba ocasionalmente (6)
- Se traba frecuentemente (2)
- Está bloqueada al Ex Fs (0)

#### **¿Presenta inestabilidad?**

- No, nunca (25)
- A veces con ejercicio violento (20)
- Frecuentemente no hace deporte (15)
- Ocasionalmente actividades vida cotidiana (10)

#### **¿Presenta dolor en su rodilla?**

- No (25)
- Inconstante y con ligero ejercicio (20)
- Marcado durante actividad severa (15)
- Marcado durante y después de caminar más de 2 Km (10)
- marcado durante y después de caminar menos de 2 Km (5)

#### **¿Presenta inflamación en su rodilla?**

- No (10)
- Con actividad severa (6)
- Con actividad habitual (2)
- Constantemente (0)

**¿Puede subir escaleras?**

- Sin problemas (10)
- Empeoro ligeramente (6)
- Un escalón a la vez (2)
- Imposible

**¿Es capaz de ponerse en cuclillas?**

- Sin problemas (5)
- Empeoro ligeramente (4)
- Más allá de 90 (2)
- Imposible (0)

**Este Estudio reúne un puntaje máximo total de 100 puntos.**

Escala Lysholm para valoración de patologías de rodilla. Adaptada de Arcuri, F., Abalo, E., Barclay, F. (2010). Uso de escores para evaluación de resultados en cirugía del Ligamento Cruzado Anterior. *Artroscopia*, 17(3), 241-2

