



“Rol de la fuerza muscular del Gastrocnemio y Sóleo en el Heel Raise Test de deportistas amateurs”

Autor: Lic. Esteban Orsini

Tutor: Lic. Facundo Caloggero

Trabajo Final

Especialización en Kinesiología Deportiva

Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud

Setiembre 2024

Resumen

Introducción: El tríceps sural está compuesto por el sóleo y los gastrocnemios. La fuerza muscular ha sido un factor etiológico clave asociado con el riesgo de lesiones, la rehabilitación y el rendimiento deportivo. Mediciones con variadas posiciones y tipos de contracciones han sido estudiadas, utilizando distintos dinamómetros y/o pruebas clínicas. El Heel Raise Test (HRT) es una prueba simple, sencilla y reproducible que utiliza los flexores plantares.

Objetivo: analizar la correlación entre los valores del Heel Rasie Test (HRT) y la fuerza aislada del gastronecmio y sóleo medidos con dinamómetro en deportistas amateurs.

Materiales y método: Estudio observacional, descriptivo y correlacional en deportistas adultos amateurs sanos. Se tomaron como variables de resultado la fuerza pico, medido con dinamometría isométrica tipo celda de carga para el gastrocnemio (rodilla en extensión) y sóleo (rodilla a 90°); y la cantidad de elevaciones de talón, evaluada mediante el HRT.

Resultados: Cuarenta y nueve sujetos evaluados, 61,2% mujeres, con una mediana de 34 (RIQ 25-65) años. Las medianas y RIQ de fuerza pico en el gastronecmio fueron 438 (202-874) N y en el sóleo de 220 (92-618) N, respectivamente para el miembro dominante. Para el no dominante, fueron 430 (135-840) N en gastrocnemio y 220 (81-650) N en el sóleo. Los valores del HRT en el miembro dominante tuvieron 18 (10-38) repeticiones y de 17 (9 - 37) repeticiones en el lado no dominante. Se encontró un coeficiente rho de Spearman de 0,412 y 0,246 entre el HRT y la fuerza muscular del gastrocnemio en los miembros dominante y no dominante, respectivamente.

Conclusión: La cantidad de repeticiones del HRT no se pudieron relacionar con la fuerza pico absoluta de los flexores plantares del tobillo hallándose una correlación positiva débil entre la fuerza pico y la cantidad de elevaciones de talón, medida con el HRT.

Palabras clave: Tríceps sural, Dinamómetro de fuerza muscular, Heel-Raise Test, Fuerza muscular, Flexión plantar.

Fuerza muscular, Dinamómetro de fuerza muscular, musculo soleus, talón, tendón de aquiles, musculo gastrocnemius, sistema musculoesquelético

Muscle Strength, Muscle Strength Dynamometer, soleus muscle, heel, achilles tendon, Muscle, Gastrocnemius, Musculoskeletal Systems

Tabla de contenidos

Resumen	2
Introducción.....	6
Contexto y Justificación del Estudio.....	6
Objetivos de la Investigación.....	9
Anatomía y Funciones Musculares del Gastrocnemio y Sóleo.....	11
Importancia de la Fuerza Flexora Plantar en el Rendimiento Deportivo, la Rehabilitación y la Prevención de Lesiones.....	12
Métodos de Evaluación de la Fuerza Flexora Plantar.....	14
El Heel Raise Test como Herramienta de Evaluación.....	15
Materiales y Método.....	17
Diseño.....	17
Población.....	17
Criterios de inclusión.....	17
Criterios de exclusión.....	17
Criterios de eliminación.....	17
Muestreo.....	17
Lugar de realización.....	17
Variables.....	17
Mediciones.....	20
Procedimiento de Medición de la Fuerza Muscular.....	21
Evaluación de la Fuerza Isométrica de los Músculos Gastrocnemio y Sóleo.....	21
Evaluación del Músculo Gastrocnemio.....	22
Evaluación del Músculo Sóleo.....	22
Realización del Heel Raise Test.....	23
Evaluación de Cantidad de Repeticiones de Elevación de Talón (HRT).....	23
Autorización Ética.....	25
Análisis Estadístico.....	26
Resultados.....	28
Datos de Fuerza Muscular obtenidos.....	28
Resultados del Heel Raise Test.....	28

Relación de Fuerza entre Sóleo/Gastrocnemio.....	28
Asociaciones.....	30
Discusión.....	33
Conclusión.....	38
Referencias Bibliográficas.....	39
Apéndice A. Encuesta en Formulario Google Forms.....	50
Apéndice B. Imagen de vista posterior del Triceps Sural.....	51
Apéndice C.Consentimiento informado escrito de datos para protocolo de investigación.....	52

Lista de Figuras

Figura 1: Grafico de barras con los resultados de la encuesta.....	8
Figura 2: Diagrama de Flujo que representa el diseño del estudio.....	20
Figura 3: Dinamómetro tipo celda de carga Ivolution Valkyria Trainer® Push Pull.....	21
Figura 4: Evaluación del músculo Gastrocnemio.....	22
Figura 5: Evaluación del músculo Sóleo	23
Figura 6: Evaluación del Heel Raise Test.....	24
Figura 7: Gráfico de dispersión HRT lado dominante y Fuerza pico del Gastrocnemio lado dominante.....	31
Figura 8: Gráfico de dispersión HRT lado dominante y la Fuerza pico del Sóleo lado dominante..	32
Figura 9: Gráfico de dispersión HRT lado no dominante y Fuerza pico del Gastrocnemio lado no dominante.....	32
Figura 10: Gráfico de dispersión HRT lado no dominante y Fuerza pico del Sóleo lado no dominante.....	33

Lista de Tablas

Tabla 1: Operacionalización de variables.....	18
Tabla 2: Interpretación del coeficiente de correlación de Spearman.....	26
Tabla 3: Interpretación del coeficiente de correlación intraclase (CCI).....	27
Tabla 4: Características Demográficas.....	28
Tabla 5: Resultados de las variables del estudio.....	28
Tabla 6: Correlación entre los valores de fuerza pico absoluta y el HRT.....	29
Tabla 7: Error Estándar de Medición, Coeficiente de Correlación Intraclase, Mínimo Cambio Detectable del dinamómetro tipo celda de carga.....	31

Influencia de la Fuerza Muscular del Gastrocnemio y Sóleo en el Heel Raise Test de Deportistas Amateurs

Introducción

Contexto y Justificación del Estudio

La fuerza flexora plantar del tobillo tiene un papel importante en la estabilidad y la movilidad de la articulación de la rodilla y del tobillo. Está bien demostrado que la generación de potencia de flexión plantar es un factor importante para acciones básicas como la marcha y la carrera, y es aún más esencial para actividades de alto nivel como las deportivas (Akalan et al., 2018)

La medición de la fuerza máxima que un sujeto puede ejercer durante una contracción voluntaria es un procedimiento clínico básico que se lleva a cabo a menudo durante la kinefilaxia y rehabilitación deportiva tanto en deportistas amateurs como profesionales.

"Cuantificar la fuerza muscular es importante para orientar los tratamientos, determinar la intensidad de los programas de entrenamiento, monitorear el progreso y ajustar los programas de ejercicios y de rehabilitación" (Akalan 2018).

El interés de medir la fuerza flexora plantar se ha demostrado en varias investigaciones tanto clínicas como deportivas. Estas incluyen tanto a los estudios que relacionan la fuerza flexora plantar y el aumento del riesgo de caídas (Rubenstein y Josephson, 2006; Chimera y Manal 2013) como así en la forma de caminar en personas mayores (Dehail et al., 2007), y como ésta influye en la estabilidad general del tobillo (Fox et al. 2008). También ha sido sugerida como un predictor de lesiones en poblaciones atléticas (Tsiokanos et al. 2002; Witchalls et al. 2011), así como un indicador de eficacia en un plan de rehabilitación (Sekir et al. 2007). La literatura sugiere que medir la fuerza flexora plantar desempeña un papel para poder predecir y evaluar la gravedad de las lesiones, así como en la evaluación de la operatividad de la rehabilitación.

Se utilizan diferentes métodos para medir la fuerza muscular plantar a nivel del tobillo como dinamometría isocinética y/o portátil, pruebas manuales musculares y pruebas clínicas como la Prueba de elevación de talón a una pierna o también conocida como Heel Raise Test (HRT) (Priva y Sejal 2017).

Al haber distintas formas de evaluar la fuerza flexora plantar, se quiso conocer que método preferentemente utilizan los kinesiólogos/gas en su práctica diaria, para eso se elaboró una

encuesta anónima por medio de Google Forms (Apéndice A) dirigida exclusivamente a kinesiólogos/as a través de redes sociales (Instagram, WhatsApp). Donde se realizó la siguiente pregunta: ¿Cómo usted evalúa la fuerza flexora plantar en su práctica diaria?, dando las siguientes opciones de respuesta:

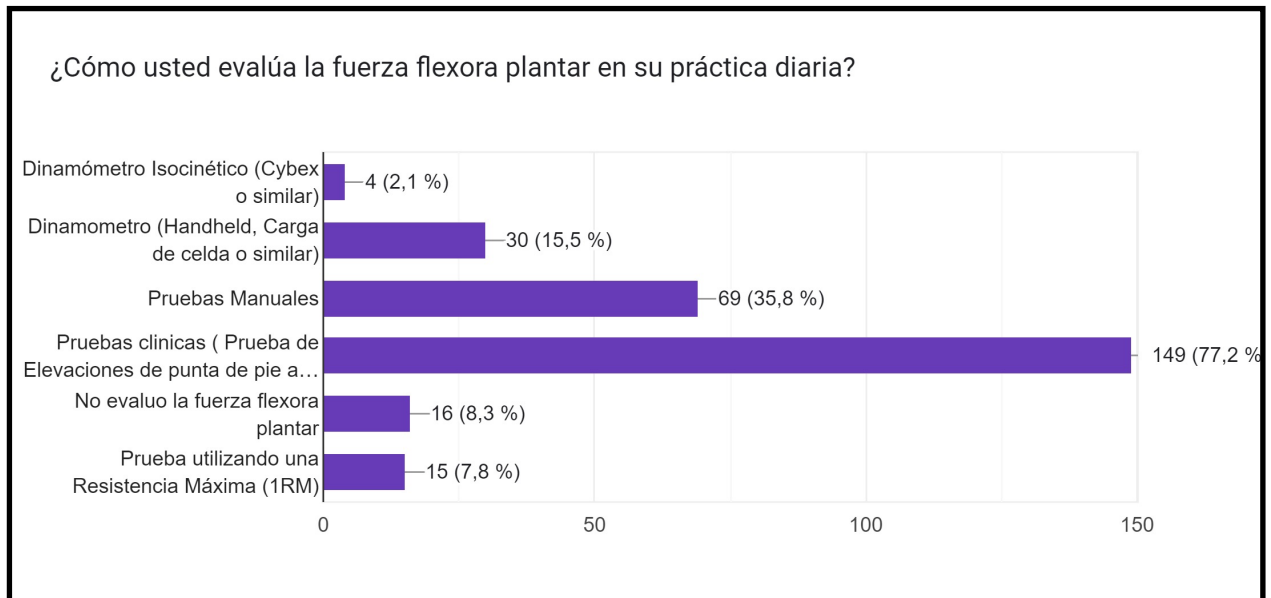
- a) Dinamómetro Isocinético (Cybex o similar),
- b) Dinamómetro (Handheld, Carga de celda o similar),
- c) Pruebas Manuales,
- d) Pruebas clínicas (Prueba de Elevaciones de talón a una pierna),
- e) No evaluó la fuerza flexora plantar,
- f) Prueba utilizando una Resistencia Máxima (1RM),
- g) Otros.

Los encuestados podían contestar más de una respuesta si lo consideraran necesario.

Como podemos ver los resultados de la encuesta realizada en la Figura 1, de un total de 193 encuestados y 283 respuestas, no todos los kinesiólogos/gas pueden acceder a los dinamómetros Isocinéticos 4 respuestas (2,1%) o portátiles 30 respuestas (15,5%) los cuales se utilizan en varias investigaciones científicas (O'Neill et al. 2024, Akalan 2018, Hussain & Frey-Law 2016, Trappe et al. 2001, Andere et al. 2021, Crouzier et al. 2018, Ancillao et al.2017, Fugl-Meyer et al 1979), prefiriendo en primer lugar el uso de pruebas clínicas como la Prueba de elevaciones de talones a una pierna dando un total de 149 respuestas (77,2%) y secundariamente las pruebas manuales con 69 respuestas (35,8%) durante su práctica diaria.

Figura 1

Grafico de barras con los resultados de la encuesta ¿Cómo usted evalúa la fuerza flexora plantar en su práctica diaria?



Nota: Se refleja la cantidad de respuestas por cada pregunta realizada y entre paréntesis el porcentaje de las mismas.

Como vemos la Prueba de elevaciones de punta de pie a una pierna o HRT se adopta ampliamente en nuestra práctica habitual, pero existen varias limitaciones para su uso como una medida de fuerza de flexión plantar.

En primer lugar, el desempeño de la tarea en el HRT no se puede aislar si es debido a la fuerza del gastrocnemio o del sóleo durante la flexión plantar a través del tobillo.

En segundo lugar, y quizás lo más importante, la afirmación de que el HRT tiene una asociación con la fuerza isométrica máxima no está validada (Harris-Love et al. 2014 & Sara et al. 2021). De hecho, el número de repeticiones completadas antes de fallar en una tarea es una medida de fatigabilidad del rendimiento (resistencia), no de fuerza (Enoka & Duchateau 2008, Hunter et al. 2004).

Debido a lo anteriormente planteado y que en nuestro ámbito los kinesiólogos utilizan el HRT como medida de evaluación de la fuerza flexora plantar es importante cuestionarse si es una medida útil para evaluar la fuerza flexora plantar.

Objetivos de la Investigación:

El HRT pretende medir la fuerza de flexión plantar durante una tarea dinámica. No hay información sobre la relación entre la fuerza máxima del Gastrocnemio y Sóleo; y la prueba clínica del HRT; ni como es la relación de fuerza entre Sóleo/Gastrocnemio al hacer una flexión plantar en monopedestación.

El objetivo principal de este trabajo final es:

1º) Analizar la correlación entre los valores del Heel Raise Test (HRT) y la fuerza aislada del Sóleo y Gastrocnemio medidos con dinamómetro en deportistas amateurs en ambos miembros inferiores.

2º) Como objetivo secundario conocer cual es la relación de fuerza entre Sóleo/Gastrocnemio en ambos miembros inferiores de la muestra estudiada.

Las hipótesis de investigación son las siguientes:

HA 1 donde la fuerza isométrica máxima flexora plantar del gastrocnemio dominante tiene una correlación débil o nula con la máxima cantidad de repeticiones alcanzadas en la prueba del HRT del lado dominante.

HA 2 donde la fuerza isométrica máxima flexora plantar del sóleo dominante tiene una correlación débil o nula con la máxima cantidad de repeticiones alcanzadas en la prueba de HRT del lado dominante.

HA 3 donde la fuerza isométrica máxima flexora plantar del gastrocnemio no dominante tiene una correlación débil o nula con la máxima cantidad de repeticiones alcanzadas en la prueba de HRT del lado no dominante.

HA 4 donde la fuerza isométrica máxima flexora plantar del sóleo no dominante tiene una correlación débil o nula con la máxima cantidad de repeticiones alcanzadas en la prueba de HRT del lado no dominante.

Sugiriendo que factores neuromusculares o de resistencia podrían influir más en la capacidad de realizar mayor cantidad de repeticiones en la prueba del Heel Raise Test que la fuerza pura generada por los músculos flexores plantares.

Antes de emprender la comprobación que permitiría alcanzar los objetivos de este trabajo final, es necesario comprender primero: la razón de la influencia de la musculatura flexora plantar, su importancia en el deporte, en la rehabilitación y en la prevención de lesiones como así la prueba del HRT como método de evaluación, en lo siguiente se aborda la bibliografía pertinente a este respecto.

Anatomía y Funciones Musculares del Gastrocnemio y Sóleo

La flexión plantar se logra mediante la acción combinada de los músculos gastrocnemio y sóleo ubicados en la pantorrilla. Ambos músculos comparten al tendón de Aquiles, el cual es el más grueso y fuerte del cuerpo humano formando el tríceps sural. En teoría, el tríceps sural representa aproximadamente entre el 80 al 90% de la fuerza máxima de flexión plantar en el hombre (Murray et al. 1976, Lee & Lee, 2018).

El sóleo se origina en la superficie posterior de la tibia y el peroné, y se inserta en el calcáneo a través del tendón de Aquiles. El gastrocnemio se origina en los cóndilos interno y lateral del fémur y se inserta también en el calcáneo también por medio del tendón de Aquiles. Éste, está formado por dos vientres musculares, uno que se origina en la superficie interna del fémur, que se denomina cabeza medial, y otro que se origina en el cóndilo lateral del fémur denominado cabeza lateral (Apéndice B).

El gastrocnemio y el sóleo tienen diferencias funcionales e histológicas. El gastrocnemio es un músculo biarticular que interviene en la flexión de la articulación de la rodilla y en la flexión plantar de la articulación del tobillo (Ito et al. 2003). Mientras que el sóleo tiene una localización anatómica más profunda que el gastrocnemio y biomecanicamente se comporta como un músculo uniarticular estando solamente involucrado en la flexión plantar y en la función primordial de estabilizar la articulación del tobillo cuando se está en posición vertical (Lee & Lee, 2018).

El gastrocnemio se inhibe cuando un individuo se recupera rápidamente de una perturbación postural, mientras que el sóleo se activa continuamente mientras se mantiene la postura de pie (Fujiwara et al. 2010)

Mientras caminamos, el gastrocnemio ayuda a mantener el centro de masa corporal a través de su contracción muscular continua, y también mantiene nuestro equilibrio en una superficie con suelo inestable (Lee & Lee, 2018).

El sóleo es especialmente importante durante la propulsión, ya que genera una fuerza ocho veces mayor que el peso corporal para impulsar el cuerpo hacia adelante. Esto contrasta con la capacidad del gastrocnemio para generar fuerzas en forma horizontal de sólo tres veces el peso corporal (McGrath et al. 2015)

Ambos músculos estabilizan el pie al soportar peso y generan energía de flexión plantar para la propulsión hacia adelante (empuje) durante la marcha, y son aún más esenciales para actividades

deportivas de alta exigencia que involucren correr, saltar y cambios de dirección además de permitir que los extensores de la rodilla estabilicen la misma cuando se someten a las fuerzas de reacción del suelo (McGrath et al. 2015).

En términos de histología, los músculos gastrocnemio y sóleo difieren en su proporción de fibras musculares de contracción lenta y rápida y en el tamaño de las mismas; aproximadamente las fibras del sóleo son un 30% más grandes que las del gastrocnemio teniendo entre un 70% - 90% de fibras tipo I y entre 10%-30% de fibras tipo IIa. Mientras que el gastrocnemio tiene aproximadamente un 50% de fibras tipo I y un 50% de fibras tipo II a/b (Trape et al. 2001, Fujiwara et al. 2010, Ito et al. 2003 & Hébert-Losier et al. 2009).

Importancia de la Fuerza Flexora Plantar en el Rendimiento Deportivo, la Rehabilitación y la Prevención de Lesiones

En la mayoría de los deportes, el rendimiento depende de la capacidad de producir un alto nivel de fuerza a diferentes niveles de velocidad. Algunas investigaciones han tratado de investigar si el efecto del entrenamiento de un solo grupo muscular puede repercutir en la ejecución global de un gesto deportivo mejorando su performance.

En el estudio de Koutsioras et al. (2009) se demostró una correlación positiva entre la fuerza flexora plantar concéntrica y la distancia en salto en largo.

Dowson et al. (1998) observaron que un mayor torque isocinético de los flexores plantares se correlaciona con un mejor rendimiento en el sprint en deportistas en 0 a 15 m (durante la fase de aceleración).

Sanno et al. (2018) concluyeron que el tobillo influye en la distribución de las fuerzas de reacción del suelo en las regiones más proximales del cuerpo y que la reducción de la fuerza flexora plantar da como resultado un aumento de las demandas musculares a nivel de la rodilla y la cadera durante una carrera de larga distancia.

La musculatura flexora plantar también ha recibido mucho interés en el campo de la rehabilitación ya que su debilidad se ha relacionado con ciertas lesiones de las extremidades inferiores.

La investigación de O'Neill, Barry et al. (2019) ha destacado la asociación entre la baja fuerza de los flexores plantares y los pacientes con tendinopatía de Aquiles.

Los resultados del trabajo de Madeley LT et al. (2007) sugieren que los atletas con periostitis tibial o síndrome de stress tibial presentan un déficit de fuerza- resistencia de los músculos flexores plantares, llegando a la conclusión que se deben incluir ejercicios para esta musculatura durante su rehabilitación.

Las mujeres con dolor femoropatelar demostraron tener una fuerza-resistencia del abductor de la cadera, extensores del tronco y del flexor plantar del tobillo significativamente más baja que los controles sanos. En promedio, las mujeres con dolor femoropatelar realizaron un 26% menos de repeticiones en la prueba de elevación del talón en comparación con el grupo control (Van Cant et al. 2017).

Un concepto clave para predecir y/o prevenir una lesión es determinar las anomalías fisiológicas que predisponen a una persona a sufrir una lesión y luego diferenciar estas anomalías de las que son causadas por la lesión real.

La investigación de Elias et al. (2003) ha demostrado que la fuerza de los flexores plantares especialmente el sóleo desempeñan un papel clave en la prevención de lesiones del ligamento cruzado anterior. Debido a que este músculo impide la traslación anterior de la tibia con respecto al fémur, siendo capaz de ejercer una poderosa fuerza posterior para evitar el estiramiento del LCA durante los gestos deportivos.

En el estudio de Bohm et al. (2021) se demostró que aumentar la fuerza de la musculatura de flexión plantar facilita la rigidez del tendón de Aquiles y disminuye el costo de energía durante la carrera.

En el trabajo de Mahieu et al. (2006) basado en factores de riesgo, se llegó a la conclusión que los masculinos con menor fuerza de flexión plantar y mayor excursión de dorsiflexión tenían mayor riesgo de sufrir lesiones por sobre uso en el tendón de Aquiles.

Fourchet et al. (2015) encontraron una relación significativa entre la pronación del pie y la fatiga en los flexores plantares del tobillo durante una carrera prolongada y agregaron que un programa de entrenamiento centrado en la fuerza resistencia de los flexores plantares puede ser útil para posponer o minimizar la pronación excesiva.

Se resume que la fuerza flexora plantar puede influir en el rendimiento deportivo como así también la idea de que la debilidad de los flexores plantares se encuentra presente durante la

rehabilitación asimismo enfocarnos en ella nos brinda la posibilidad de influir en la prevención de las lesiones del miembro inferior.

Métodos de Evaluación de la Fuerza Flexora Plantar

La fuerza de un músculo se define como su capacidad de generar tensión (Nyberg et al. 2015). También se la define como la máxima tensión que un músculo o grupo muscular puede generar a una velocidad específica (Winter et al. 2016). La misma no sólo depende de los comandos neurales generados por el sistema nervioso central, sino también de su relación tensión-longitud (Herzog, 2000). En relación a esto, la flexión de la rodilla cambia la arquitectura de los músculos gastrocnemio acortando sus fibras musculares, lo que da como resultado una fuerza deficiente e inhibición neuromuscular (Kennedy & Cresswell, 2001; Cresswell et al. 1995; Kawakami et al. 1998; Tamaki et al. 1997). En la literatura, se ha reportado la evaluación de la fuerza isométrica del tríceps sural con rodilla extendida a 180° y del sóleo flexionada a 90°, correspondiente a longitudes largas y cortas del músculo, respectivamente.

Pero existe una variabilidad considerable en los procedimientos de evaluación, con variadas posiciones en supino, prono, de costado, de pie y sentado (Marušič et al., 2021; Mentiplay et al., 2015; Gonosova et al., 2018; Davis et al., 2017; Moraux et al., 2013, Jackson et al., 2017).

Para valorar la fuerza muscular en el ámbito clínico, se aconseja utilizar evaluaciones que sean simples, sencillas y reproducibles y/o usar dispositivos de dinamometría portátiles debido que son métodos apropiados y convenientes, dado que la dinamometría isocinética, se limita a un entorno de laboratorio, son equipos caros, no portátiles, requieren de una capacitación especializada, un mayor tiempo adicional y se encuentran poco disponibles (Mentiplay et al., 2015)

La prueba muscular manual es práctica y un método independiente del dispositivo; sin embargo, su confiabilidad es cuestionable y depende en gran medida de la experiencia del examinador (Cuthbert & Goodheart, 2007b).

Por último, la dinamometría portátil es un método de evaluación de fuerza válido, fiable, portátil y accesible en comparación con la dinamometría isocinética (Stark et al., 2011), Sin embargo, los estudios han demostrado que la validez y fiabilidad de las mediciones dinamométricas portátiles dependen de la estabilización externa porque las características de la medición a menudo dependen de la fuerza del examinador (Thorborg et al., 2011 & Marušič et al., 2021).

En nuestro contexto hay una escasa adopción de los dinamómetros ya sea isocinéticos y/o portátiles ya que muchos kinesiólogos prefieren el uso de evaluaciones clínicas como la prueba de elevación de talones o Heel Raise Test como medida de cuantificación de la fuerza flexora plantar en su práctica clínica diaria.

El Heel Raise Test como Herramienta de Evaluación

El Heel Raise Test (HRT), también comúnmente descrito como prueba de elevación del talón a una pierna o prueba de elevación en punta de pie a una pierna, se desarrolló por primera vez en la década de 1940 durante la epidemia de poliomielitis para calificar y detectar la debilidad de los músculos flexores plantares. (Sman et al., 2014 & Hébert-Losier, Schneiders et al., 2009).

El Heel Raise Test generalmente implica pararse sobre una pierna y subir y bajar el cuerpo levantando el talón del suelo y luego bajándolo mientras se mantiene la rodilla recta. La tarea se repite sin interrupción hasta que el participante no pueda completarla correctamente o se queje de dolor o fatiga en los músculos de la pantorrilla (Hébert-Losier, Schneiders et al., 2009; Lunsford & Perry, 1995; Segura-Ortí & Martínez-Olmos, 2011). Luego se registra el número de elevaciones del talón que puede lograr.

El estudio de Lunsford BR & Perry J (1995) fue el primero que recomendó 25 elevaciones del talón como objetivo clínico standard para sujetos sanos; sin embargo, también se han sugerido valores mucho más altos y más bajos que van de 7 a 48 repeticiones (Hébert-Losier, Newsham-West et al., 2009).

Varias disciplinas han adaptado la prueba para su uso, incluida la neurología, gerontología, cardiología, traumatología y ortopedia, la kinesiólogía y medicina deportiva (Hébert-Losier, Schneiders et al., 2009)

En la kinesiólogía deportiva se suele utilizar la prueba de Heel Raise Test como herramienta de detección de la función de las extremidades inferiores y en la evaluación del grupo muscular triceps sural (Hébert-Losier, Schneiders et al., 2009). Diversas publicaciones científicas le han otorgado a esta prueba la capacidad de valorar diferentes aspectos de dicha musculatura, desde la resistencia, la fuerza, la fatiga, la función y hasta el rendimiento (Hébert-Losier, Newsham-West et al., 2009).

La fuerza y la resistencia de la flexión plantar a menudo se ve afectada después de una lesión en las extremidades inferiores, especialmente después de una lesión en el tendón de Aquiles (Hébert-Losier et al., 2009; Silbernagel et al., 2009). El Heel Raise Test no solo se usa durante la evaluación de estas lesiones, sino también durante la rehabilitación para cuantificar los resultados del tratamiento (Hébert-Losier, Newsham-West et al., 2009).

Materiales y Método

Diseño

Se realizó un estudio observacional, descriptivo y correlacional.

Población

Criterios de Inclusión: Adultos argentinos que realicen deporte amateur mayores de 18 años de ambos sexos.

Criterios de Exclusión: Aquellos que presentaran antecedentes de lesión musculoesquelética de miembros inferiores conocida en los últimos 12 meses, referidas por los mismos sujetos.

Criterio de Eliminación: Se consideró cualquier circunstancia que impidiera la realización de las evaluaciones.

Muestreo: Método de reclutamiento de los sujetos fue no probabilístico, por conveniencia.

Lugar de Realización: Gimnasio de Kinesiología de un hospital público de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Variables:

Se registraron como variables clínicas y demográficas de cada participante la edad, género, altura, peso corporal, índice de masa corporal (IMC), miembro inferior dominante, actividad deportiva que practica y frecuencia semanal de la misma. La dominancia del miembro inferior fue definida como aquel con el que se prefiera patear una pelota.

Como variables de resultado se consideraron la fuerza muscular pico absoluta (también denominada “fuerza pico absoluta”), definida como el valor de fuerza más alto, y la cantidad de repeticiones de elevación de talón mediante la prueba del Heel Raise Test (HRT) basado en publicaciones anteriores, el cual consta de la realización máxima posible de dicho movimiento en una estancia monopodal (Hébert-Losier, Newsham-West et al., 2009; Sara et al 2021; Lunsford & Perry, 1995; Hébert-Losier, Wessman et al., 2017; Ness et al., 2018)

En la tabla 1 podemos ver el proceso de operacionalización de las variables mencionadas anteriormente.

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Escala de Medición
Edad	Tiempo que ha vivido una persona.	Edad en años referido por el sujeto al momento de la medición	Mayores a 18 años	Años cumplidos	De razón
Género	Los conceptos sociales de las funciones, comportamientos, actividades y atributos que cada sociedad considera apropiados para los hombres y las mujeres.	Referido por el sujeto al momento de la medición	- Mujer - Hombre	Femenino Masculino	Nominal
Altura	Distancia medida desde el talón de los pies hasta la parte superior de la cabeza del ser humano.	Medida en metros en báscula mecánica al momento de la medición	Unidimensional	Cantidad en metros	De razón
Peso Corporal	Cantidad de masa que tiene el cuerpo de un individuo.	Medida en kilogramos en báscula mecánica al momento de la medición	Unidimensional	Cantidad en kilogramos	De razón
Índice de Masa Corporal (IMC)	Medida de asociación entre el peso y la talla de una persona.	Calculado mediante la formula $IMC = \text{peso (kg)} / \text{altura (m}^2\text{)}$	Peso Altura	Kilogramos Metros	De razón
Miembro Inferior Dominante	Extremidad inferior preferida al realizar una tarea.	El lado que puede pataer una pelota referido por el sujeto	Derecho Izquierda	- Lado Dominante - Lado No Dominante	Nominal

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Escala de Medición
Actividad Deportiva	Actividad física, ejercida como juego o competición, cuya práctica supone entrenamiento y sujeción a normas.	Deporte que practica referido por el sujeto al momento de la medición	Deportes Amateurs	Nombre del deporte	Nominal
Frecuencia semanal	Veces que se realiza una actividad en una semana.	Cantidad de veces a la semana que se practica el deporte referido por el sujeto al momento de la medición	Semanal	Número de veces.	De razón
Fuerza Muscular Pico Absoluta	Capacidad que tiene un músculo de generar tensión.	Mejor Valor de fuerza pico expresado en el dinamómetro de tres repeticiones.	- Fuerza pico absoluta Gastrocnemio MI dom - Fuerza pico absoluta Gastrocnemio MI no dom - Fuerza pico absoluta Sóleo MI dom - Fuerza pico absoluta Sóleo MI no dom	Newton	De razón
Heel Raise Test	Prueba que implica pararse sobre una pierna y subir y bajar el cuerpo levantando el talón del suelo mientras se mantiene la rodilla recta.	Máxima cantidad de elevaciones del talón en el Heel Raise Test	- Heel Raise Test lado dominante - Heel Raise Test lado No dominante	Número de repeticiones	De razón

Referencias: MI dom: Miembro inferior dominante; MI no dom: Miembro inferior no dominante.

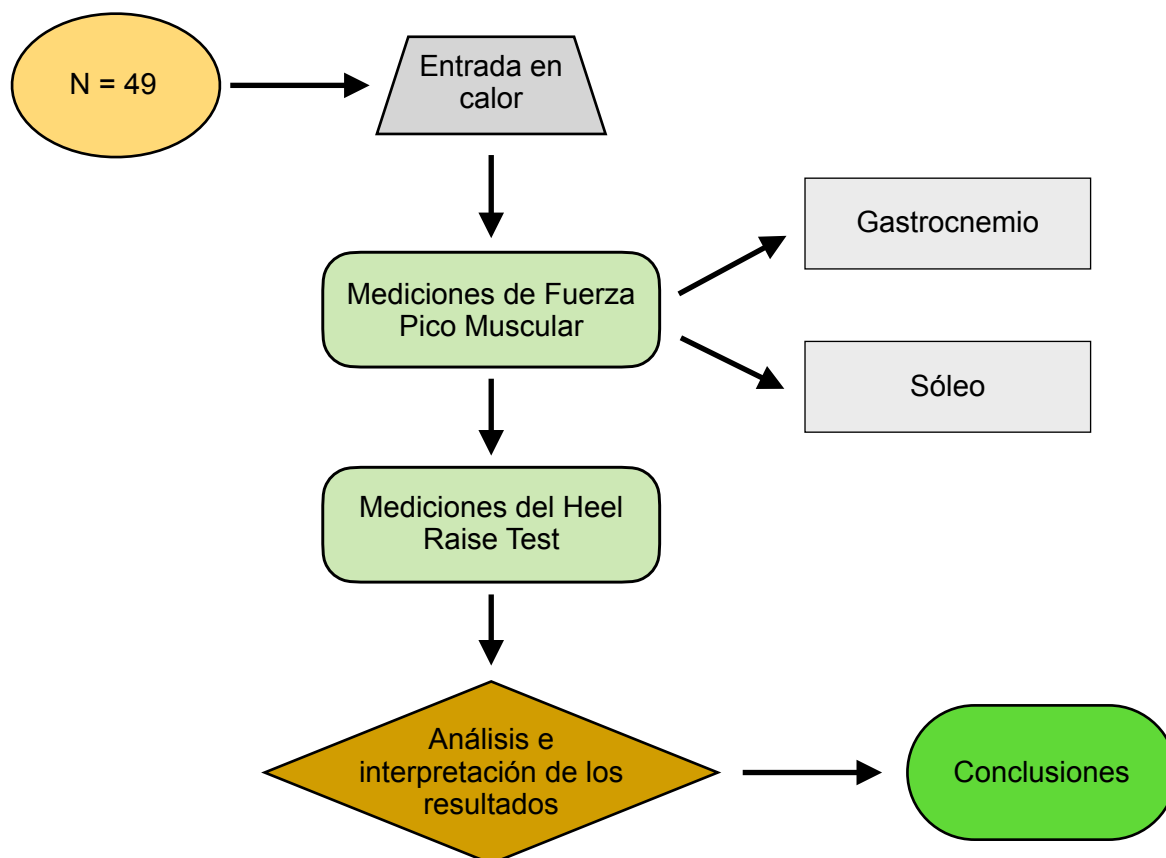
Mediciones

Todas las mediciones se realizaron en el gimnasio de Kinesiología del hospital, por un evaluador Licenciado Kinesiólogo-Fisiatra, el cual realizó un entrenamiento previo al comienzo del estudio. Comenzaron con una entrada en calor, que consistía en 10 movilizaciones articulares de cada tobillo en flexión plantar y dorsal en cadena cinemática abierta en sedestación y 10 elevaciones máximas de talones bilaterales con apoyo manual.

Finalmente los sujetos recibieron un instructivo verbal sobre la realización de la evaluación de la fuerza isométrica mediante dinamometría del gastrocnemio y sóleo, y la realización del HRT, luego del cual, se procedía a evaluarlos.

Con cada sujeto se comenzó por la evaluación de la fuerza isométrica y, luego de un descanso de dos minutos, se prosiguió con el HRT (Figura 2).

Figura 2



Nota: Diagrama de flujo que representa el diseño del estudio.

Procedimiento de Medición de la Fuerza Muscular

Evaluación de la Fuerza Isométrica de los Músculos Gastrocnemio y Sóleo

Para medir la fuerza muscular isométrica pico del gastrocnemio y el sóleo se utilizó un dinamómetro tipo celda de carga (Ivolution Valkyria Trainer® Push Pull con su software versión 6.0.1) (Figura 3) en dos situaciones particulares, situación A: Evaluación del Gastrocnemio (Figura 4); y en la situación B: Evaluación del Sóleo (Figura 5) estando los sujetos descalzos.

En ambas situaciones el dinamómetro se unía al espaldar por medio de uno de sus extremos a través de una cadena, lo cual servía como punto fijo de tracción. El otro extremo se continuaba con una abrazadera de velcro con la cual se fijaba el pie a evaluar, a nivel de la cabeza de los metatarsianos.

Se determinó el miembro inferior con el cual se comenzó, de forma aleatoria, a través de una aplicación de teléfonos celulares (Randomizer® versión 3.9.8 para Android).

Previo a evaluar cada situación, los sujetos tenían la posibilidad de pasar por una instancia de familiarización, para luego realizar la evaluación de resultado. La familiarización consistía de hasta tres repeticiones de fuerza isométrica máxima con un período de descanso de cuarenta segundos entre cada una (Maffiuletti et al., 2016). Cada repetición era guiada por el software del dinamómetro, que brindaba cuatro señales sonoras, luego de las cuales realizaron la fuerza isométrica máxima durante tres segundos, hasta su finalización, dada por la quinta señal. Durante cada contracción muscular, los sujetos eran alentados con comandos verbales protocolizados por el evaluador ("vamos-dale-fuerza-fuerza-fuerza").

Figura 3

Dinamómetro tipo celda de carga Ivolution Valkyria Trainer® Push Pull.



La evaluación de resultado finalmente consistía de tres repeticiones realizadas de la misma manera que las hechas en la familiarización (Maffiuletti et al., 2016). Se registró el mejor valor de fuerza pico de esas tres repeticiones. La prueba se repitió en el miembro contralateral en cada situación.

Evaluación del Músculo Gastrocnemio

Pacientes posicionados en sedestación sobre una camilla apoyando la espalda contra un espaldar, teniendo el miembro inferior a evaluar apoyado con la rodilla en extensión, la articulación del tobillo a 90°, medido con goniometría.

Los sujetos estaban sentados sobre una superficie elevada fijados con dos cinchas: una a nivel del pliegue axilar y otra a nivel del muslo, tres traveses de dedo del sujeto por encima del polo superior de la rótula. El miembro inferior contralateral se encontraba por fuera de la camilla (Figura 4).

Figura 4

Evaluación del músculo Gastrocnemio



Evaluación del Músculo Sóleo

Pacientes posicionados en decúbito supino sobre la misma camilla, teniendo el miembro inferior a evaluar apoyado sobre un cajón de madera, posicionando las articulaciones de rodilla y tobillo a 90°. Todas las mediciones fueron hechas con goniometría.

Se fijó con una cincha la pierna a nivel de la unión de su tercio medio y distal.

El miembro inferior contralateral estaba apoyado sobre el mismo cajón y las manos sobre el tórax (Figura 5).

Figura 5

Evaluación del músculo Sóleo



Realización del Heel Raise Test

Evaluación de Cantidad de Repeticiones de Elevación de Talón (HRT)

Para medir la cantidad de repeticiones de elevación de talón se utilizó el HRT (Lunsford & Perry, 1995; Hébert-Losier, Wessman et al., 2017). Previo a comenzar la evaluación, los sujetos se sometieron a una familiarización de la misma, durante la cual el evaluador proporcionó instrucciones verbales y demostración acerca de su realización adecuada.

Luego, los sujetos realizaron la evaluación de resultado para la cual, el miembro inferior por el que se comenzaba, fue asignado de forma aleatoria con la misma aplicación móvil anteriormente mencionada.

Los evaluados, utilizando su calzado habitual, se encontraban en monopdestación sobre el miembro inferior a evaluar, frente a un espaldar. Se les indicó a los mismos que levantaran el talón lo más alto posible en cada elevación, manteniendo la rodilla extendida y el tronco erguido. Se les permitió apoyar la yema de los dedos índices en el espaldar a la altura de los codos para contribuir a su estabilidad (Figura 6). El ritmo del ciclo 5 ascenso/descenso del talón, fue ejecutando cada fase en un segundo, controlándose mediante un metrónomo (aplicación de teléfono celular Metronome Beats® versión 6.0.7 para Android).

La evaluación finalizó en presencia de alguna de las siguientes circunstancias: (a) los sujetos refirieron no poder continuar; (b) no pudieron elevar el talón o repetir un ciclo completo; (c) no pudieron mantener el ritmo establecido, la extensión de rodilla o la posición del tronco; (d) realizaron más apoyo que el de la yema de los dedos en el espaldar. La prueba se repitió con el miembro contralateral sin mediar descanso.

Finalmente, se registró el número total de elevaciones de talón alcanzados para cada miembro inferior.

Figura 6

Evaluación del Heel Raise Test



Autorización Ética

Se informó a los participantes sobre las ventajas y riesgos del estudio, y los procedimientos de prueba se definieron claramente en forma verbal antes de que los participantes dieran su consentimiento verbal y firmen por escrito para participar.

Se le entregó a los participantes un documento escrito titulado “Consentimiento informado escrito de datos para protocolo de investigación” explicando los objetivos y propósitos del estudio, la libertad que tienen los sujetos de retirarse del estudio en cualquier momento que deseen, también indica cómo será mantenida la confidencialidad de la información de los participantes en el estudio ante una eventual presentación de los resultados en eventos científicos y/o publicaciones (Apéndice C). En caso de aceptación el sujeto firmará dicho documento. Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética e Investigación de la institución.

Análisis Estadístico

Las variables categóricas se presentaron como número absoluto de presentación y porcentaje.

Las variables numéricas que asumieron una distribución normal se presentaron como media y desvío estándar. De lo contrario, se expresaron como mediana y rango intercuartílico. Para verificar la distribución de la muestra se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk.

Para obtener la correlación entre la fuerza pico absoluta del gastrocnemio, la fuerza pico absoluta del soleo y la cantidad de repeticiones del HRT se utilizó el estadístico rho de Spearman (Rebollar & Francisco, 2015; Zou et al., 2003). Este coeficiente adopta valores reales entre +1 y -1, según la correlación sea positiva (relación directa), negativa (relación inversa) o cero (que indica correlación nula). La interpretación de los valores se ha expresado por diversos autores en escalas, se asumirán las sugerencias de Sampieri (2006); sin embargo, vale la pena mencionar que estas referencias solo deben ser empleadas como elemento de ayuda al momento de reflexión sobre la importancia de los hallazgos. La Tabla 2 muestra la interpretación del grado de correlación según el valor del coeficiente.

Tabla 2

Interpretación del coeficiente de correlación de Spearman.

Valor del coeficiente de correlación	Interpretación
-1	Correlación negativa perfecta
- 0.90	Correlación negativa muy fuerte
- 0.75	Correlación negativa considerable
- 0.50	Correlación negativa moderada
- 0.25	Correlación negativa débil
- 0.10	Correlación negativa muy débil
0	No existe correlación
+ 0.10	Correlación positiva muy débil
+ 0.25	Correlación positiva débil
+ 0.50	Correlación positiva moderada
+ 0.75	Correlación positiva considerable
+ 0.90	Correlación positiva muy fuerte
+ 1.00	Correlación positiva perfecta

A fines de analizar el grado de concordancia entre los valores de cada medición de ambas condiciones de evaluación, se utilizó el valor de la primera, segunda y tercera medición mediante el coeficiente de correlación intraclase (CCI). Según el valor de CCI se consideró: confiabilidad pobre ($<0,50$), moderada ($0,50 - 0,75$), buena ($0,75 - 0,90$) y excelente ($>0,90$) (Tabla 3) (Koo & Li, 2016). El error estándar de medición (EEM) representa el desvío estándar de las medidas repetidas en un mismo sujeto y fue calculado como la raíz cuadrada de la varianza del error del CCI, es decir, $\sqrt{\text{VarError}}$. (Mokkink et al., 2010; De Vet et al., 2006). Para determinar el EEM se utilizó el CCI basado en la concordancia entre la primera, segunda y tercera medición. Se asumió que no habría cambio real en la fuerza ejercida por el sujeto en cada medición de resultado. El mínimo cambio detectable (MCD) indica el mínimo cambio real observable que puede ser detectado y no es debido a un error o “ruido” en la medición (Kamper, 2019; Terwee et al., 2006). El MCD será expresado como porcentaje (MCD%), independientemente de la unidad de medición.

Tabla 3

Interpretación del coeficiente de correlación intraclase (CCI)

Valor del coeficiente de correlación intraclase	Interpretación
$< 0,50$	Confiabilidad pobre
$0,50 - 0,75$	Confiabilidad moderada
$0,75 - 0,90$	Confiabilidad buena
$> 0,90$	Confiabilidad excelente

Se estableció como estadísticamente significativo un valor de $p < 0,05$. Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el software IBM SPSS Python 2.7, versión.

Resultados

Un total de 58 sujetos fueron accesibles a ser evaluados. De ellos 9 (15,5%) fueron excluidos: 4 (44,4%) por lesión muscular, 3 (33,3%) por esguince de tobillo, 1 (11,1%) por tendinopatía aquiliana y 1 (11,1%) por lesión meniscal. No se eliminaron sujetos durante el periodo de estudio. La muestra constó de 49 sujetos. Del total de los incluidos en el análisis, 30 (61,2%) eran mujeres y 19 eran hombres (38,8%), con una mediana de edad de 34 años (RIQ 25-65). Las características demográficas de los sujetos se reportan en la Tabla 4.

Tabla 4

Características demográficas	Todos (n=49)
Género Femenino , n (%)	30 (61,2)
Masculino , n (%)	19 (38,8)
Edad , mediana (RIQ), años	34 (25-65)
IMC , mediana (RIQ), kg/m ²	23 (19-33)
Actividad deportiva	
Fútbol	16
Crossfit	7
Running	7
Tenis	5
Escalada	1
Voley	3
Padel	8
Basquet	2
Frecuencia semanal , mediana (RIQ)	2 (1-3)
MI Dominante Derecho , n (%)	40 (81,6)
Izquierdo , n (%)	9 (18,4)

Referencia: RIQ, rango intercuartílico; IMC, índice de masa corporal; MI, miembro inferior

Datos de Fuerza Muscular obtenidos

La fuerza pico absoluta en el músculo gastrocnemio tuvo una mediana de 438 (RIQ 202 - 874) Newtons (N) en el miembro inferior dominante, y de 430 (RIQ 135 - 840) N para el no dominante.

Para el músculo sóleo, sus valores de fuerza pico absoluta dieron una mediana de 220 (RIQ 92 - 618) N para el miembro inferior dominante y 220 (RIQ 81 - 650) N para el miembro inferior no dominante.

Resultados del Heel Raise Test

Los valores del HRT en el miembro inferior dominante tuvieron una mediana de 18 (RIQ 10 - 38) repeticiones y de 17 repeticiones (RIQ 9 - 37) repeticiones en el lado no dominante.

Relación de Fuerza entre Sóleo/Gastrocnemio

El índice de fuerza sóleo/gastrocnemio dio una mediana de 0,54 (RIQ 0,21-0,83) en el lado dominante y de 0,56 (RIQ 0,29 - 1,02) en el lado no dominante.

Todos los valores mencionados se reportan en la Tabla 5.

Tabla 5

Resultados de las variables de estudio.

Variables de Resultado	Todos (n=49)
Fuerza pico absoluta Gastrocnemio, mediana (RIQ), N	
MI dom	438 (202 - 874)
MI no dom	430 (135 - 840)
Fuerza pico absoluta Sóleo, mediana (RIQ) , N	
MI dom	220 (92 - 618)
MI no dom	220 (81 - 650)
HRT, mediana (RIQ), cantidad de repeticiones	
MI dom	18 (10 - 38)
MI no dom	17 (9 - 37)
Índice fuerza Soleo / Gastrocnemio, mediana (RIQ)	
MI dom	0,54 (0,21 - 0,83)
MI no dom	0,56 (0,29 - 1,02)

Referencia: HRT, Heel-Raise test; RIQ, rango intercuartílico; N, Newton; MI dom, miembro inferior dominante; MI no dom, miembro inferior no dominante.

Asociaciones

Después de aplicar la prueba estadística a los datos recolectados, se obtuvieron los coeficientes de correlación (ρ) y las significancias estadísticas (p-valor) entre la fuerza muscular pico absoluta del gastrocnemio y sóleo con el HRT tanto del miembro inferior dominante como del lado no dominante.

En la tabla 6 vemos las cuatro situaciones analizadas, donde la máxima cantidad de repeticiones del HRT no se correlaciona con la fuerza muscular pico absoluta del gastrocnemio y sóleo en ambos miembros inferiores. Lo que se puede observar es que en el lado dominante la fuerza pico del gastrocnemio tuvo una correlación positiva débil con un valor ρ de Spearman de 0.412 y $p = 0.003$ (Figura 7) mientras que la fuerza muscular pico del sóleo dominante tuvo una correlación positiva muy débil ($\rho = 0.243$, $p = 0.093$) (Figura 8).

Con respecto al lado no dominante también se registraron correlaciones positivas muy débiles tanto para la fuerza pico del gastrocnemio ($\rho = 0.246$, $p = 0.088$) (Figura 9) como para la fuerza pico del sóleo ($\rho = 0,111$, $p = 0.446$) (Figura 10).

Tabla 6

*Correlación entre valores de fuerza pico absoluta y el HRT**

	Gastrocnemio Dominante	Sóleo Dominante	Gastrocnemio No Dominante	Sóleo No Dominante
HRT dom	0,412	0,243		
HRT no dom			0,246	0,111

Referencia: HRT, Heel-Raise test; dom, miembro inferior dominante; no dom, miembro inferior no dominante.

* Coeficiente ρ de Spearman

La Tabla 7 reporta los valores de error estándar de medición (EEM), coeficiente de correlación intraclase (CCI) y el mínimo cambio detectable del dinamómetro tipo celda de carga. Se identificó una correlación excelente (CCI 0,908) para la situación A: Evaluación del Gastrocnemio (Figura 4); y de buena (CCI 0,888) en la situación B: Evaluación del Sóleo (Figura 5).

Tabla 7

Error Estándar de Medición, Coeficiente de Correlación Intraclass, Mínimo Cambio Detectable del dinamómetro tipo celda de carga.

Condición	n	M1 media (DE), N	M2, media (DE), N	M3, Media (DE), N	CCI, (IC 95%)	EEM	MCD 95%
Gastrocnemio	98	402 (185)	413 (178)	411 (181)	0,908 (0,873 - 0,935)	54,9	152,2
Sóleo	98	203 (97)	220 (103)	238 (117)	0,888 (0,805 - 0,932)	35,7	98,9

Referencia: M1, primer medición; M2, segunda medición; M3, tercer medición; DE, Desvío Estándar; N, Newton; EEM, Error Estándar de Medición; CCI, Coeficiente de Correlación Intraclass; IC 95%, intervalo de confianza del 95%; MCD 95%, Mínimo Cambio Detectable del 95%. Los valores de n difieren de la muestra, debido a que se contabilizó la evaluación de cada miembro inferior por separado.

Figura 7

Gráfico de dispersión HRT lado dominante y Fuerza pico del Gastrocnemio lado dominante

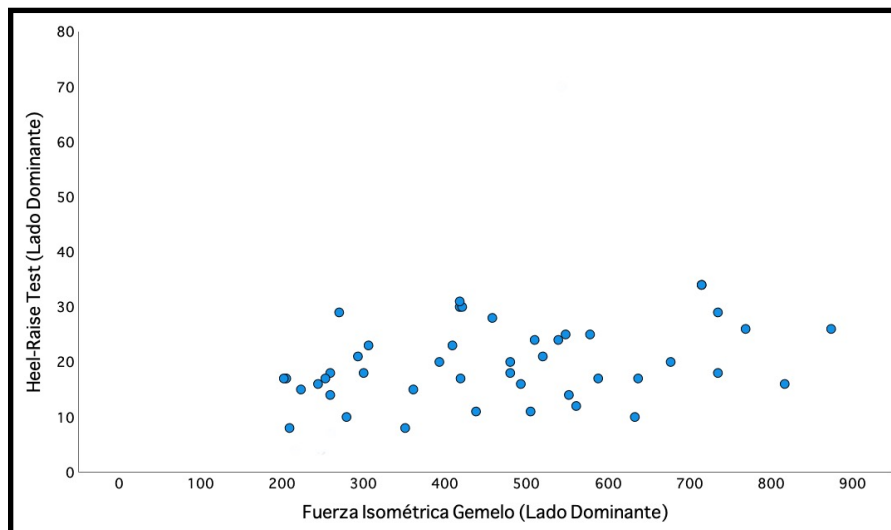


Figura 8

Gráfico de dispersión HRT lado dominante y la Fuerza pico del Sóleo lado dominante

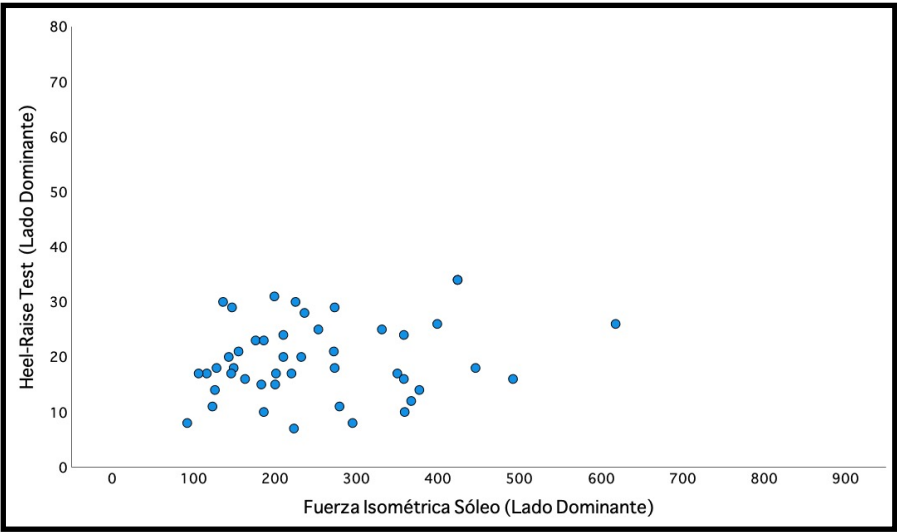


Figura 9

Gráfico de dispersión HRT lado no dominante y Fuerza pico del Gastrocnemio lado no dominante

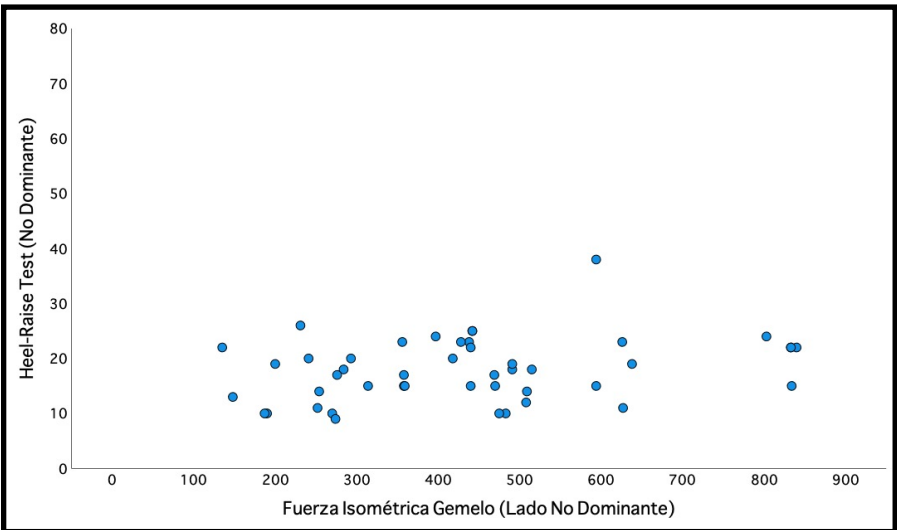
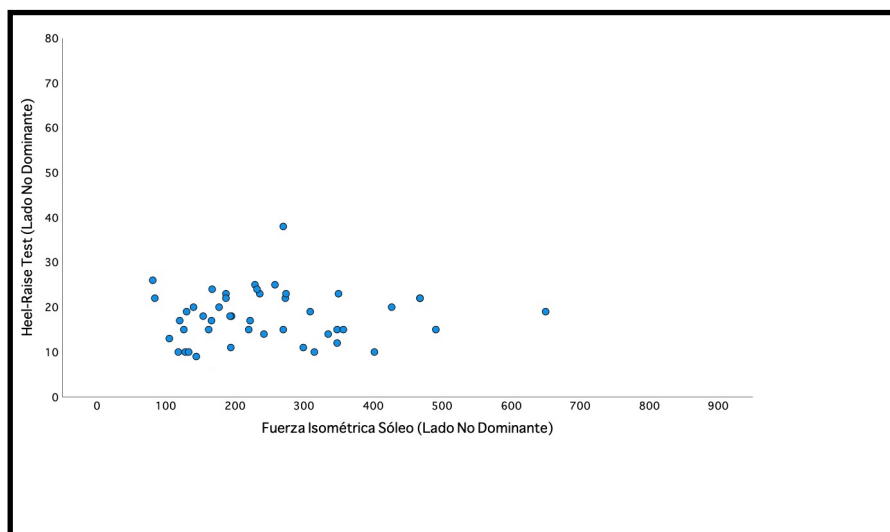


Figura 10

Gráfico de dispersión HRT lado no dominante y Fuerza pico del Sóleo lado no dominante



Discusión

El presente estudio tuvo como objetivo principal ver como es el rol de la fuerza muscular del gastrocnemio y sóleo en deportistas amateurs cuando realizan el HRT analizando su correlación entre dichos valores.

La cantidad de repeticiones del HRT no se pudieron relacionar con la fuerza pico absoluta de los flexores plantares del tobillo.

Los resultados indicaron que el número de repeticiones del HRT y la fuerza muscular del gastrocnemio y sóleo tuvieron una misma dirección positiva, es decir que las variables aumentaron en el mismo sentido, pero con una fuerza de asociación muy débil. Excepto el gastrocnemio del miembro inferior dominante, que registró una correlación débil ($\rho = 0.412$ y $p = 0.003$). Desde un punto de vista fisiológico, esto es lo esperado. La fuerza, representada en este estudio como esfuerzos breves voluntarios de forma isométrica máxima, tiene una relación más fuerte con el área de sección transversal, que es indicativa del número de sarcómeros en paralelo en una fibra muscular (Calbet 1999). Debido a que los mecanismos neuronales y fisiológicos en el desempeño continuo de una tarea son bastante diferentes de los involucrados en la generación de fuerza máxima durante un corto período de tiempo, la capacidad de mantener una tarea en el tiempo a menudo no es un indicador de fuerza (Hunter et al. 2004).

Al realizar varias contracciones musculares seguidas como es en el caso del HRT para alcanzar la mayor cantidad de repeticiones posibles, la velocidad de conducción de las fibras nerviosas disminuyen y el desarrollo de fuerza máxima disminuye también debido al aumento del acúmulo de metabolitos dentro del músculo, lo que resulta en fatigabilidad (Sunderberg et al., 2019 & Kent-Braun et al., 2012). Aunque no se midió fatiga asociada con la contracción muscular voluntaria máxima de la flexión plantar del tobillo, los hallazgos respaldaron la idea de que las repeticiones del HRT representan un aspecto del rendimiento muscular más allá de la fuerza máxima.

En el ámbito clínico, se cree que el HRT mide la fuerza de flexión plantar, como se afirma en la encuesta realizada y en algunos estudios en la literatura (Hébert-Losier, Schneiders et al. 2009; Hébert-Loiser, Newsham-West et al., 2009 & Bohannon 2017)

Sin embargo, combinada con la ausencia de una base fisiológica, la falta de asociación entre el HRT y la fuerza máxima de flexión plantar en este trabajo pone en duda la validez del constructo que el Heel Raise Test se puede utilizar como medida de evaluación de la fuerza flexora plantar. Es importante destacar que este hallazgo coincide con un estudio previo que evaluó a 43 adultos con miositis (64,9 años), donde las repeticiones de HRT no se correlacionaron con la máxima contracción isométrica voluntaria de flexión plantar (Harris-Love et al. 2014). En la misma línea, Sara L et al (2021) en su trabajo donde evaluó 28 adultos jóvenes (21,5 años) demostraron que el HRT es un pobre predictor de la contracción isométrica voluntaria máxima. Por lo tanto, ya sea para poblaciones sanas o con patología, es probable que el HRT sea una medida inválida de la fuerza máxima de flexión plantar. Esto podría deberse a que el HRT evalúa otras capacidades físicas del tríceps sural y no solo la fuerza.

Es importante destacar que el HRT puede no solamente limitarse a los músculos flexores plantares. Aparte del apoyo de la punta de los dedos para el equilibrio, no se utilizan otros métodos para estabilizar el cuerpo durante la prueba, por lo tanto, es probable que otros músculos como la musculatura intrínseca del pie, los inversores plantares, los extensores de la rodilla, los estabilizadores laterales de la cadera y la musculatura estabilizadora del tronco, sean también responsables del éxito (y, en última instancia, del fracaso) en el HRT. Apoyando la idea que esta prueba puede interpretarse mejor como una tarea dinámica y funcional que evalúa toda

la extremidad inferior. Debido a todas estas discrepancias, resulta importante la correcta interpretación de esta prueba clínica.

Con respecto a la cantidad de repeticiones en el HRT vemos una diferencia con el trabajo de Hébert-Losier, Wessman et al, (2017) que informó el número de elevaciones con mediana y RIQ dando para los hombres 32,7 elevaciones [RIQ 12,7-47,5] y para las mujeres 26,8 elevaciones [RIQ 16,6-44,2] en sujetos con edad y IMC similar a este trabajo pero con un nivel de actividad física y entrenamiento más intenso, mayor a 4 horas semanales, además de realizar competiciones. Esta diferencia se podría explicar porque en nuestra muestra hay un mayor porcentaje de mujeres y todos los deportistas amateurs se encuentran sub-entrenados debido que practican 2 estímulos semanales (RIQ 1-3). De hecho, estudios previos han informado una disminución del rendimiento en el HRT en mujeres (Jan et al., 2005) y en personas que hacen poca actividad física basada en la resistencia (Hébert-Losier, Wessman et al., 2017). También que, a pesar del descanso de dos minutos, el hecho de someter a los sujetos a la realización de contracciones isométricas máximas previo a la realización del HRT podría haber impactado en la evaluación reflejando valores menores.

En el trabajo de Segal y Song (2005) informa que el gastrocnemio es el principal músculo activo durante ejercicios repetidos unipodales de elevaciones del talón, lo mismo que en nuestra muestra que mostró valores de fuerza superiores al sóleo. Además el HRT requiere soporte corporal (sóleo y gastrocnemio) y transferencia de potencia (gastrocnemio), pero no propulsión hacia adelante (sóleo). Esto respalda la suposición de que ambos músculos están inicialmente involucrados en la prueba del HRT, con el gastrocnemio más inicialmente y el sóleo modulando su actividad cuando se fatiga el gastrocnemio (Hébert-Losier, Schneiders et al., 2009).

En cuanto a los valores de fuerza de flexores plantares, cabe destacar, la diferencia de 200 N por encima de lo que otros autores reportaron como valores de fuerza isométrica del mismo grupo muscular, en sujetos con edades muy similares, aunque mayoritariamente hombres (O'Neill et al., 2023; Möller et al., 2005; Chimera & Manal, 2012; Fugl-Meyer et al., 1979; Trappe et al., 2001; Andere et al., 2021; Hussain & Frey-Law 2016; Moraux et al., 2013).

Esto podría explicarse, en parte, que los autores anteriormente mencionados realizaron las mediciones en diferentes posiciones, respecto a las empleadas en este estudio.

Para los gastrocnemios en posición de sentado con distintas angulaciones de rodilla (Andere et al., 2021; Hussain & Frey-Law 2016; Moraux et al., 2013) y en supino con la rodilla en extensión (Möller et al., 2005; Fugl-Meyer et al 1979).

Con respecto a el sóleo se evaluó tanto en posición de sentado con la rodilla en 90° de flexión (O'Neill et al., 2023; Möller et al., 2005; Fugl-Meyer et al., 1979; Moraux et al., 2013) como en supino con flexión de rodilla (Fugl-Meyer et al., 1979). Si bien, cada institución utiliza los recursos accesibles para evaluar a sus sujetos, consideramos la necesidad de estandarizar una posición de evaluación.

Solamente, Chimera et al., 2013 evaluaron en posición de sentado largo para el gastrocnemio tal cual se hizo en este trabajo, pero a diferencia, eran 25 sujetos sedentarios, 12 hombres y 13 mujeres con una edad 49,2 (7,9) y 47 (8,3) años respectivamente, también con un IMC 27,8 y 25,8 informando valores que alcanzaban aproximadamente la mitad de lo registrado en esta muestra, tanto la edad como el nivel de condición física influyen en la fuerza de los músculos de la pantorrilla (Trappe et al., 2001). Además, los individuos sedentarios exhiben menores capacidades de fuerza y resistencia de los músculos flexores plantares en comparación con los individuos activos durante las pruebas de dinamometría (Hébert-Losier, Wessman et al., 2017).

Otro elemento a destacar es que en los trabajos donde evaluaron la fuerza muscular de los flexores plantares en su mayoría eran sujetos informados como saludables (Chimera & Manal 2013; Hussain & Frey-Law 2016; Moraux et al. 2013), algunos sedentarios (Möller et al., 2005; Fugl-Meyer et al., 1979) y en otros no informaban su nivel de actividad deportiva (O'Neill et al., 2023; Chimera & Manal 2013; Hussain & Frey-Law 2016; Moraux et al., 2013)], excepto en el trabajo de Andere et al., 2021 donde evaluaron corredores y en el trabajo de Trappe et al., 2004 donde eran sujetos que hacían distintos deportes, comparando con esta muestra, todos los sujetos eran deportistas amateurs que practican distintos deportes con una frecuencia bisemanal.

Se han reportado los valores de CCI, EEM y MCD. Este último, expresa el mínimo cambio real observable. Aquí se expresó como MCD 95%, es decir que, si el cambio sobrepasa los valores

reportados en la Tabla 7, la probabilidad de ausencia de cambio real ocurrirá en menos del 5% (Haley & Fragala-Pinkham, 2006).

En la evaluación, el EEM debiera ser menor a la mejora o disminución que el evaluador quisiera detectar. En este caso, si el EEM fuera grande, pequeños cambios en la variable estudiada no podrían ser distinguidos del error de medición (De Vet et al., 2006). En este trabajo el EEM en ambas situaciones de evaluación no superó los 55 N. Por último, el CCI demostró valores cercanos a 1 sugiriendo una varianza residual baja y una alta reproducibilidad entre ambas mediciones.

Como objetivo secundario se buscó conocer un índice de fuerza Sóleo/Gastrocnemio en ambos miembros inferiores, el cual informo valores similares tanto para el miembro inferior dominante 0,54 (RIQ 0,21-0,83) y para el miembro inferior no dominante de 0,56 (RIQ 0,29 - 1,02).

En la literatura se encontraron dos publicaciones que informan este índice, el trabajo de Lee & Lee (2018) donde informó un índice de 0,32, es un valor inferior al encontrado en este trabajo pero utilizó una flexión plantar unipodal sostenida en 20 sujetos de 20 años de edad y se registro con electromiografía de superficie calculando el porcentaje de una contracción voluntaria isométrica máxima. Como así el trabajo de Crouzier et al, (2018) donde informó un rango del índice entre 0,26 al 0.61, pero evaluó con dinamómetro en posición prona en 20 sujetos de 26 años.

Este índice puede proporcionar información sobre la comprensión de la interacción entre la musculatura flexora plantar en su capacidad de generar fuerza. Además, esta observación puede tener relevancia clínica ya que proporciona el impulso para considerar como son las estrategias de coordinación muscular y capacidad de generación de fuerza plantar. Pudiendo influir en generar nuevas planificaciones para optimizar el rendimiento deportivo, crear mejores estrategias de tratamiento durante la rehabilitación y actuar en la prevención de lesiones. Debido a que este desequilibrio de fuerzas podría tener un efecto mecánico importante sobre tendón de Aquiles, llegando a ser un factor de riesgo intrínseco para el desarrollo de la tendinopatía de aquiles (O'Neill et al., 2023; Mahieu et al., 2006; O'Neill, Barry et al 2019), síndrome de stress tibial (Madeley et al., 2007) dolor femoropatelar (Van Cant et al., 2017), lesiones de LCA (Elias et al., 2003) y riesgo de caídas (Chimera & Manal 2013).

Conclusión

La evaluación de la fuerza muscular es un elemento importante en la kinesiología deportiva. No todos los kinesiólogos pueden acceder a todos los elementos en su práctica diaria, es por eso que las pruebas clínicas son las más utilizadas, a nivel del tobillo el Heel Raise Test se utiliza habitualmente para medir la fuerza de los flexores plantares.

Este trabajo final ha analizado la correlación entre los valores del Heel Raise Test y la fuerza máxima del sóleo y gastrocnemio en deportistas amateurs. Este trabajo refleja que la cantidad de repeticiones del Heel Raise Test no han podido relacionarse con la fuerza pico absoluta de los flexores plantares del tobillo, hallándose una correlación positiva débil entre la fuerza pico y la cantidad de elevaciones del talón, medida con el Heel Raise Test. Sosteniendo la idea, que esta prueba, puede interpretarse mejor como una tarea dinámica y funcional. Sugiriendo que factores neuromusculares o de resistencia podrían influir más en la capacidad de realizar mayor cantidad de repeticiones que la fuerza pura generada por los músculos flexores plantares.

Referencias Bibliográficas

- Akalan, N. E., Kuchimov, S., Apti, A., Temelli, Y., Ören, M., & Nene, A. (2018). Does clinically measured ankle plantar flexor muscle strength or weakness correlate with walking performance in healthy individuals?. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*, 31(6), 1201–1209. <https://doi.org/10.3233/BMR-171082>
- Rubenstein, L. Z., & Josephson, K. R. (2006). Falls and their prevention in elderly people: what does the evidence show?. *The Medical clinics of North America*, 90(5), 807–824. <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2006.05.013>
- Chimera, N. J., & Manal, K. T. (2013). Sex differences in soleus strength may predispose middle age women to falls. *Journal of strength and conditioning research*, 27(9), 2596–2602. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31827f522c>
- Dehail, P., Bestaven, E., Muller, F., Mallet, A., Robert, B., Bourdel-Marchasson, I., & Petit, J. (2007). Kinematic and electromyographic analysis of rising from a chair during a "Sit-to-Walk" task in elderly subjects: role of strength. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, 22(10), 1096–1103. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2007.07.015>
- Fox, J., Docherty, C. L., Schrader, J., & Applegate, T. (2008). Eccentric plantar-flexor torque deficits in participants with functional ankle instability. *Journal of athletic training*, 43(1), 51–54. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-43.1.51>
- Tsiokanos, A., Jamurtas, A., Kellis, S., & Kellis, E. (2002). The relationship between jumping performance and isokinetic strength of hip and knee extensors and ankle plantar flexors. *ISOKINETICS AND EXERCISE SCIENCE*, 10(2), 107-115. <https://doi.org/10.3233/IES-2002-0092>

- Witchalls, J., Blanch, P., Waddington, G., & Adams, R. (2012). Intrinsic functional deficits associated with increased risk of ankle injuries: a systematic review with meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 46(7), 515–523. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090137>
- Sekir, U., Yildiz, Y., Hazneci, B., Ors, F., & Aydin, T. (2007). Effect of isokinetic training on strength, functionality and proprioception in athletes with functional ankle instability. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*, 15(5), 654–664. <https://doi.org/10.1007/s00167-006-0108-8>
- Priya Chitre, Sejal Prabhu (2017). Decade Wise Analysis of Ankle Plantar Flexors Strength in Adults Using One Leg Heel Raise Test (OLHR). *Journal of Nursing and Health Science*, 6 (1), 106-109. <https://doi.org/10.9790/1959-060108106109>
- O'Neill, S., Weeks, A., Nørgaard, J. E., & Jorgensen, M. G. (2023). Validity and intrarater reliability of a novel device for assessing Plantar flexor strength. *PloS one*, 18(3), e0282395. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0282395>
- Hussain, S. J., & Frey-Law, L. (2016). 3D strength surfaces for ankle plantar- and dorsi-flexion in healthy adults: an isometric and isokinetic dynamometry study. *Journal of foot and ankle research*, 9, 43. <https://doi.org/10.1186/s13047-016-0174-1>
- Trappe, S. W., Trappe, T. A., Lee, G. A., & Costill, D. L. (2001). Calf muscle strength in humans. *International journal of sports medicine*, 22(3), 186–191. <https://doi.org/10.1055/s-2001-16385>
- Andere, N. F. B., Godoy, A. L., Mochizuki, L., Rodrigues, M. B., Fernandes, T. D., Soares-Júnior, J. M., Alonso, A. C., Luna, N. M. S., Brech, G. C., & Greve, J. M. D. (2021). Biomechanical evaluation in runners with Achilles tendinopathy. *Clinics (Sao Paulo, Brazil)*, 76, e2803. <https://doi.org/10.6061/clinics/2021/e2803>

- Crouzier, M., Lacourpaille, L., Nordez, A., Tucker, K., & Hug, F. (2018). Neuromechanical coupling within the human triceps surae and its consequence on individual force-sharing strategies. *The Journal of experimental biology*, 221(Pt 21), jeb187260. <https://doi.org/10.1242/jeb.187260>
- Fugl-Meyer, A. R., Sjöström, M., & Wählby, L. (1979). Human plantar flexion strength and structure. *Acta physiologica Scandinavica*, 107(1), 47–56. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1979.tb06441.x>
- Ancillao, A., Palermo, E., & Rossi, S. (2017). Validation of Ankle Strength Measurements by Means of a Hand-Held Dynamometer in Adult Healthy Subjects. *Journal Of Sensors*, 2017, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2017/5426031>
- Harris-Love, M. O., Shrader, J. A., Davenport, T. E., Joe, G., Rakocovic, G., McElroy, B., & Dalakas, M. (2014). Are repeated single-limb heel raises and manual muscle testing associated with peak plantar-flexor force in people with inclusion body myositis?. *Physical therapy*, 94(4), 543–552. <https://doi.org/10.2522/ptj.20130100>
- Sara, L. K., Gutsch, S. B., & Hunter, S. K. (2021). The single-leg heel raise does not predict maximal plantar flexion strength in healthy males and females. *PloS one*, 16(8), e0253276. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253276>
- Enoka, R. M., & Duchateau, J. (2008). Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. *The Journal of physiology*, 586(1), 11–23. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.139477>
- Hunter, S. K., Duchateau, J., & Enoka, R. M. (2004). Muscle fatigue and the mechanisms of task failure. *Exercise and sport sciences reviews*, 32(2), 44–49. <https://doi.org/10.1097/00003677-200404000-00002>

- Murray, M. P., Guten, G. N., Baldwin, J. M., & Gardner, G. M. (1976). A comparison of plantar flexion torque with and without the triceps surae. *Acta orthopaedica Scandinavica*, 47(1), 122–124. <https://doi.org/10.3109/17453677608998984>
- Lee, H. K., & Lee, J. C. (2018). Comparison of Triceps Surae EMG in Plantar Flexion Test of MMT at Different Knee Angles. *The International Journal Of Internet, Broadcasting And Communication*, 10(1), 40-47. <https://doi.org/10.7236/ijibc.2018.10.1.6>
- Ito, J., Moriyama, H., Inokuchi, S., & Goto, N. (2003). Human lower limb muscles: an evaluation of weight and fiber size. *Okajimas folia anatomica Japonica*, 80(2-3), 47–55. <https://doi.org/10.2535/ofaj.80.47>
- Fujiwara, K., Asai, H., Toyama, H., Kunita, K., Yaguchi, C., Kiyota, N., Tomita, H., & Jacobs, J. V. (2010). Changes in muscle thickness of gastrocnemius and soleus associated with age and sex. *Aging clinical and experimental research*, 22(1), 24–30. <https://doi.org/10.1007/BF03324811>
- McGrath, M., Howard, D., & Baker, R. (2015). A Forward Dynamic Modelling Investigation of Cause-and-Effect Relationships in Single Support Phase of Human Walking. *Computational and mathematical methods in medicine*, 2015, 383705. <https://doi.org/10.1155/2015/383705>
- Hébert-Losier, K., Schneiders, A. G., Newsham-West, R. J., & Sullivan, S. J. (2009). Scientific bases and clinical utilisation of the calf-raise test. *Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 10(4), 142–149. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2009.07.001>
- Koutsioras, Y., Tsiokanos, A., Tsaopoulos, D., & Tsimeas, P. (2009). Isokinetic muscle strength and running long jump performance in young jumpers. *Biology Of Exercise*, 5. <https://doi.org/10.4127/jbe.2009.0030>

- Dowson, M. N., Nevill, M. E., Lakomy, H. K., Nevill, A. M., & Hazeldine, R. J. (1998). Modelling the relationship between isokinetic muscle strength and sprint running performance. *Journal Of Sports Sciences*, 16(3), 257-265. <https://doi.org/10.1080/026404198366786>
- Sanno, M., Willwacher, S., Epro, G., & Brüggemann, G. (2018). Positive Work Contribution Shifts from Distal to Proximal Joints during a Prolonged Run. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, 50(12), 2507-2517. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000001707>
- O'Neill, S., Barry, S., & Watson, P. (2019). Plantarflexor strength and endurance deficits associated with mid-portion Achilles tendinopathy: The role of soleus. *Physical Therapy In Sport*, 37, 69-76. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2019.03.002>
- Madeley, L. T., Munteanu, S. E., & Bonanno, D. R. (2007). Endurance of the ankle joint plantar flexor muscles in athletes with medial tibial stress syndrome: A case-control study. *Journal Of Science And Medicine In Sport*, 10(6), 356-362. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2006.12.115>
- Van Cant, J., Pitance, L., & Feipel, V. (2017). Hip abductor, trunk extensor and ankle plantar flexor endurance in females with and without patellofemoral pain. *Journal Of Back And Musculoskeletal Rehabilitation*, 30(2), 299-307. <https://doi.org/10.3233/bmr-150505>
- Elias, J. J., Faust, A. F., Chu, Y., Chao, E. Y., & Cosgarea, A. J. (2003). The Soleus Muscle Acts as an Agonist for the Anterior Cruciate Ligament: An in Vitro Experimental Study. *The American Journal Of Sports Medicine*, 31(2), 241-246. <https://doi.org/10.1177/03635465030310021401>
- Bohm, S., Mersmann, F., Santuz, A., & Arampatzis, A. (2021). Enthalpy efficiency of the soleus muscle contributes to improvements in running economy. *Proceedings Of The Royal Society B Biological Sciences*, 288(1943), 20202784. <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.2784>

- Mahieu, N. N., Witvrouw, E., Stevens, V., Van Tiggelen, D., & Roget, P. (2006). Intrinsic Risk Factors for the Development of Achilles Tendon Overuse Injury. *The American Journal Of Sports Medicine*, 34(2), 226-235. <https://doi.org/10.1177/0363546505279918>
- Fourchet, F., Kelly, L., Horobeanu, C., Loepelt, H., Taiar, R., & Millet, G. (2015). High-Intensity Running and Plantar-Flexor Fatigability and Plantar-Pressure Distribution in Adolescent Runners. *Journal Of Athletic Training*, 50(2), 117-125. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.3.90>
- Nyberg, A., Saey, D., & Maltais, F. (2015). Why and How Limb Muscle Mass and Function Should Be Measured in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Annals Of The American Thoracic Society*, 12(9), 1269-1277. <https://doi.org/10.1513/annalsats.201505-278ps>
- Winter, E. M., Abt, G., Brookes, F. C., Challis, J. H., Fowler, N. E., Knudson, D. V., Knuttgen, H. G., Kraemer, W. J., Lane, A. M., Van Mechelen, W., Morton, R. H., Newton, R. U., Williams, C., & Yeadon, M. R. (2016). Misuse of “Power” and Other Mechanical Terms in Sport and Exercise Science Research. *The Journal Of Strength And Conditioning Research*, 30(1), 292-300. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001101>
- Herzog, W. (2000). Muscle properties and coordination during voluntary movement. *Journal Of Sports Sciences*, 18(3), 141-152. <https://doi.org/10.1080/026404100365045>
- Kennedy, P. M., & Cresswell, A. G. (2001). The effect of muscle length on motor-unit recruitment during isometric plantar flexion in humans. *Experimental Brain Research*, 137(1), 58-64. <https://doi.org/10.1007/s002210000623>
- Cresswell, A. G., Löscher, W. N., & Thorstensson, A. (1995). Influence of gastrocnemius muscle length on triceps surae torque development and electromyographic activity in man. *Experimental Brain Research*, 105(2). <https://doi.org/10.1007/bf00240964>

- Kawakami, Y., Ichinose, Y., & Fukunaga, T. (1998). Architectural and functional features of human triceps surae muscles during contraction. *Journal Of Applied Physiology*, 85(2), 398-404. <https://doi.org/10.1152/jappl.1998.85.2.398>
- Tamaki, H., Kitada, K., Akamine, T., Sakou, T., & Kurata, H. (1996). Electromyogram patterns during plantarflexions at various angular velocities and knee angles in human triceps surae muscles. *European Journal Of Applied Physiology*, 75(1), 1-6. <https://doi.org/10.1007/s004210050118>
- Marušič, J., Marković, G., & Šarabon, N. (2021). Reliability of a New Portable Dynamometer for Assessing Hip and Lower Limb Strength. *Applied Sciences*, 11(8), 3391. <https://doi.org/10.3390/app11083391>
- Mentiplay, B. F., Perraton, L. G., Bower, K. J., Adair, B., Pua, Y., Williams, G. P., McGaw, R., & Clark, R. A. (2015). Assessment of Lower Limb Muscle Strength and Power Using Hand-Held and Fixed Dynamometry: A Reliability and Validity Study. *PLoS ONE*, 10(10), e0140822. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0140822>
- Gonosova, Z., Linduska, P., Bizovska, L., & Svoboda, Z. (2018). Reliability of Ankle–Foot Complex Isokinetic Strength Assessment Using the Isomed 2000 Dynamometer. *Medicina*, 54(3), 43. <https://doi.org/10.3390/medicina54030043>
- Davis, P. R., McKay, M. J., Baldwin, J. N., Burns, J., Pareyson, D., & Rose, K. J. (2017). Repeatability, consistency, and accuracy of hand-held dynamometry with and without fixation for measuring ankle plantarflexion strength in healthy adolescents and adults. *Muscle & Nerve*, 56(5), 896-900. <https://doi.org/10.1002/mus.25576>
- Morau, A., Canal, A., Ollivier, G., Ledoux, I., Doppler, V., Payan, C., & Hogrel, J. (2013). Ankle dorsi- and plantar-flexion torques measured by dynamometry in healthy subjects from 5 to 80 years. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/1471-2474-14-104>

- Jackson, S. M., Cheng, M. S., Smith, A. R., & Kolber, M. J. (2017). Intrarater reliability of hand held dynamometry in measuring lower extremity isometric strength using a portable stabilization device. *Musculoskeletal Science And Practice*, 27, 137-141. <https://doi.org/10.1016/j.math.2016.07.010>
- Cuthbert, S. C., & Goodheart, G. J. (2007b). On the reliability and validity of manual muscle testing: a literature review. *Chiropractic & Osteopathy*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/1746-1340-15-4>
- Stark, T., Walker, B., Phillips, J. K., Fejer, R., & Beck, R. (2011). Hand-held Dynamometry Correlation With the Gold Standard Isokinetic Dynamometry: A Systematic Review. *PM&R*, 3(5), 472-479. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2010.10.025>
- Sman, A. D., Hiller, C. E., Imer, A., Ocsing, A., Burns, J., & Refshauge, K. M. (2014). Design and Reliability of a Novel Heel Rise Test Measuring Device for Plantarflexion Endurance. *BioMed Research International*, 2014, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2014/391646>
- Hébert-Losier, K., Newsham-West, R. J., Schneiders, A. G., & Sullivan, S. J. (2009). Raising the standards of the calf-raise test: a systematic review. *Journal of science and medicine in sport*, 12(6), 594–602. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2008.12.628>
- Hébert-Losier, K., Wessman, C., Alricsson, M., & Svantesson, U. (2017). Updated reliability and normative values for the standing heel-rise test in healthy adults. *Physiotherapy*, 103(4), 446-452. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2017.03.002>
- Ness, B. M., Sudhagoni, R. G., Tao, H., Full, O. R., Seehafer, L. O., Walder, C. M., & Zimney, K. (2018). THE RELIABILITY OF a NOVEL HEEL-RISE TEST VERSUS GONIOMETRY TO ASSESS PLANTARFLEXION RANGE OF MOTION. *International Journal Of Sports Physical Therapy*, 13(1), 19-27. <https://doi.org/10.26603/ijsp20180019>

- Segura-Ortí, E., & Martínez-Olmos, F. J. (2011). Test-Retest Reliability and Minimal Detectable Change Scores for Sit-to-Stand-to-Sit Tests, the Six-Minute Walk Test, the One-Leg Heel-Rise Test, and Handgrip Strength in People Undergoing Hemodialysis. *Physical Therapy*, 91(8), 1244-1252. <https://doi.org/10.2522/ptj.20100141>
- Silbernagel, K. G., Nilsson-Helander, K., Thomeé, R., Eriksson, B. I., & Karlsson, J. (2009). A new measurement of heel-rise endurance with the ability to detect functional deficits in patients with Achilles tendon rupture. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 18(2), 258-264. <https://doi.org/10.1007/s00167-009-0889-7>
- Maffiuletti, N. A., Aagaard, P., Blazevich, A. J., Folland, J., Tillin, N., & Duchateau, J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European Journal Of Applied Physiology*, 116(6), 1091-1116. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3346-6>
- Rebollar, A. M., & Francisco, W. C. (2015). The Correlation Among Social Interaction Activities Registered Through New Technologies and Elderly's Social Isolation Level. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, 36(3), 177-188. <https://doi.org/10.17488/rmib.36.3.4>
- Zou, K. H., Tuncali, K., & Silverman, S. G. (2003). Correlation and Simple Linear Regression. *Radiology*, 227(3), 617-628. <https://doi.org/10.1148/radiol.2273011499>
- Sampieri, R. H., Collado Hernandez, C., Lucio Baptista P. (2006). *Metodología de la investigación*. (4º Ed) Mc Graw Hill.
- Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *Journal Of Chiropractic Medicine*, 15(2), 155-163. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>
- Mokkink, L. B., Terwee, C. B., Patrick, D. L., Alonso, J., Stratford, P. W., Knol, D. L., Bouter, L. M., & De Vet, H. C. (2010). The COSMIN study reached international consensus on taxonomy, terminology, and definitions of measurement properties for health-related

patient-reported outcomes. *Journal Of Clinical Epidemiology*, 63(7), 737-745. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2010.02.006>

De Vet, H. C., Terwee, C. B., Knol, D. L., & Bouter, L. M. (2006). When to use agreement versus reliability measures. *Journal Of Clinical Epidemiology*, 59(10), 1033-1039. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2005.10.015>

Kamper, S. J. (2019). Interpreting Outcomes 3—Clinical Meaningfulness: Linking Evidence to Practice. *Journal Of Orthopaedic And Sports Physical Therapy*, 49(9), 677-678. <https://doi.org/10.2519/jospt.2019.0705>

Terwee, C. B., Bot, S. D., De Boer, M. R., Van Der Windt, D. A., Knol, D. L., Dekker, J., Bouter, L. M., & De Vet, H. C. (2006). Quality criteria were proposed for measurement properties of health status questionnaires. *Journal Of Clinical Epidemiology*, 60(1), 34-42. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2006.03.012>

Calbet, Jose & Ramírez, Julio & Arteaga-Ortiz, Rafael. (1999). Factores estructurales determinantes de la fuerza muscular métodos de estudio. Consejo Superior de Deportes. Serie ICD. 21. 27-55.

Sundberg, C. W., Prost, R. W., Fitts, R. H., & Hunter, S. K. (2019). Bioenergetic basis for the increased fatigability with ageing. *The Journal Of Physiology*, 597(19), 4943-4957. <https://doi.org/10.1113/jp277803>

Kent-Braun, J. A., Fitts, R. H., & Christie, A. (2012). Skeletal muscle fatigue. *Comprehensive Physiology*, 2(2), 997–1044. <https://doi.org/10.1002/cphy.c110029>

Bohannon, R. W. (2022). The heel-raise test for ankle plantarflexor strength: a scoping review and meta-analysis of studies providing norms. *Journal Of Physical Therapy Science*, 34(7), 528-531. <https://doi.org/10.1589/jpts.34.528>

- Jan, M., Chai, H., Lin, Y., Lin, J. C., Tsai, L., Ou, Y., & Lin, D. (2005). Effects of Age and Sex on the Results of an Ankle Plantar-Flexor Manual Muscle Test. *Physical Therapy*, 85(10), 1078-1084. <https://doi.org/10.1093/ptj/85.10.1078>
- Segal, R. L., & Song, A. W. (2005). Nonuniform Activity of Human Calf Muscles During an Exercise Task. *Archives Of Physical Medicine And Rehabilitation*, 86(10), 2013-2017. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2005.04.012>
- Möller, M., Lind, K., Styf, J., & Karlsson, J. (2003). The reliability of isokinetic testing of the ankle joint and a heel-raise test for endurance. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 13(1), 60-71. <https://doi.org/10.1007/s00167-003-0441-0>
- Chimera, N. J., & Manal, K. T. (2012). Sex Differences in Soleus Strength May Predispose Middle Age Women to Falls. *The Journal Of Strength And Conditioning Research*, 27(9), 2596-2602. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e31827f522c>
- Morau, A., Canal, A., Ollivier, G., Ledoux, I., Doppler, V., Payan, C., & Hogrel, J. (2013). Ankle dorsi- and plantar-flexion torques measured by dynamometry in healthy subjects from 5 to 80 years. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/1471-2474-14-104>
- Haley, S. M., & Fragala-Pinkham, M. A. (2006). Interpreting Change Scores of Tests and Measures Used in Physical Therapy. *Physical Therapy*, 86(5), 735-743. <https://doi.org/10.1093/ptj/86.5.735>

Apéndice A. Encuesta en Formulario Google Forms

Evaluación de la fuerza flexora plantar

Esta es una encuesta anónima dirigida exclusivamente a kinesiólogos/as. Es para la realización de un trabajo de investigación. **POR FAVOR DIFUNDIR**

[Acceder a Google](#) para guardar el progreso. [Más información](#)

* Indica que la pregunta es obligatoria

¿Cómo usted evalúa la fuerza flexora plantar en su práctica diaria? *

- ☐ Dinamómetro Isocinético (Cybex o similar)
- ☐ Dinamometro (Handheld, Carga de celda o similar)
- ☐ Pruebas Manuales
- ☐ Pruebas clínicas (Prueba de Elevaciones de punta de pie a una pierna)
- ☐ No evaluo la fuerza flexora plantar
- ☐ Prueba utilizando una Resistencia Máxima (1RM)
- ☐ Otros: _____

Enviar

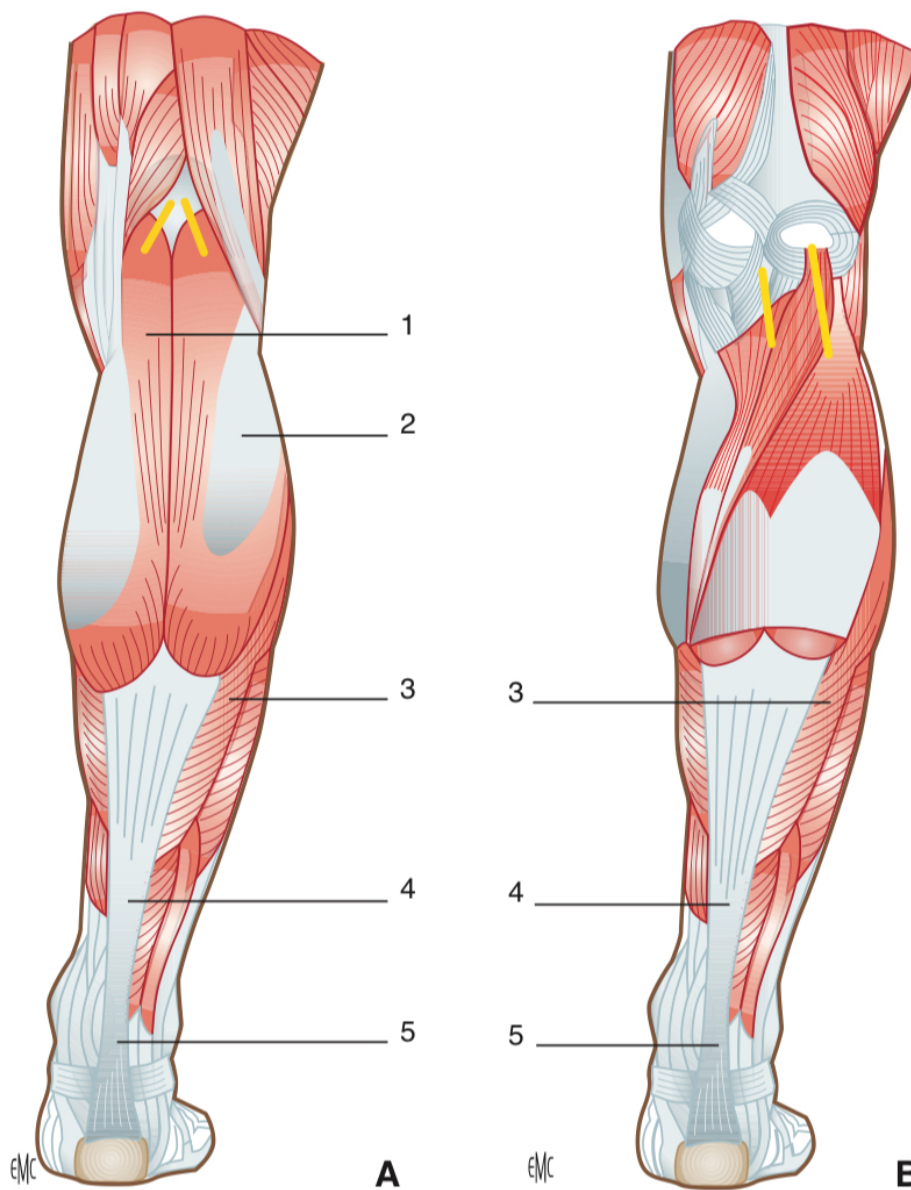
Borrar formulario

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Google no creó ni aprobó este contenido. [Denunciar abuso](#) - [Condiciones del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

Google Formularios

Apéndice B. Imagen de vista posterior del Triceps Sural



Vista posterior del tríceps (A) y el sóleo (B), con los gastrocnemios apartados. 1. Gastrocnemio medial; 2. gastrocnemio lateral; 3. sóleo; 4. aponeurosis de terminación del sóleo; 5. tendón calcáneo (Aquiles).

Imagen obtenida de “Músculos gastrocnemios cortos” Maestro M, Kowalski C, Ferre B, Bonnel F, Schramm M. EMC - Podología 2021;23(1):1-18 [Artículo E – 27-060-A-60].

Apéndice C “Consentimiento informado escrito de datos para protocolo de investigación”

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES MINISTERIO DE SALUD

HOSPITAL GENERAL DE AGUDOS “DONACIÓN FRANCISCO SANTOJANNI” UNIDAD DE KINESIOLOGÍA

CONSENTIMIENTO INFORMADO ESCRITO DE USO DE DATOS PARA PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN

Título de la investigación: “ROL DE LA FUERZA MUSCULAR DEL GASTROCNEMIO Y SOLEO EN EL HEEL RAISE TEST DE DEPORTISTAS AMATEURS”

Lugar de realización: Hospital General de Agudos D.F. Santojanni

Persona a cargo de la investigación: Lic. Esteban Orsini.

Nombres y apellidos del participante: _____

En caso de corresponder,
Nombre y apellidos del representante: _____

Mediante el siguiente formulario informativo y consentimiento informado se lo está invitando a participar del estudio titulado “Rol de la fuerza muscular del gastrocnemio y soleo en el heel raise test de deportistas amateurs” realizado por kinesiólogos de la Unidad de Kinesiología del Hospital Donación Francisco Santojanni. Lea y pregunte a los kinesiólogos que forman parte de la investigación todos los interrogantes que se le presenten. Si es que cree necesario, dedíquelo el tiempo suficiente para realizar una consulta sobre la participación a las personas que considere.

El objetivo del estudio es "Analizar la correlación entre los valores del Heel Raise Test (HRT) y la fuerza aislada del Soleo y Gastrocnemio medidos con dinamómetro en deportistas amateurs". Como objetivo secundario se reportará "cual es la relación de fuerza entre Sóleo/Gastrocnemio de la muestra estudiada"

El estudio será aprobado por el Comité de Ética e Investigación de la institución. Vale aclarar que no tiene obligación de participar en este estudio y que si decide no hacerlo, esto no influirá en su atención en el hospital a futuro. Además en caso de no querer continuar con la evaluación una vez comenzada, puede hacerlo. También puede conocer los resultados.

No se le pagará por participar de este estudio. Se mantendrá la confidencialidad de su identidad y de la información médica Kinésica según la ley 23.326 y Ley 26.529. La información brindada por usted se transferirá a una base de datos para ser analizada y/o publicada con fines científicos y/o académicos. Usted puede recibir información respecto a la investigación por parte de:

Autor principal: Lic. Esteban Orsini, kinesiólogo fisiatra - UBA - MN 10725.

Comité de ética e investigación del Hospital Donación Francisco Santojanni

Comité de docencia e investigación del Hospital Donación Francisco Santojanni

¿Está de acuerdo en contestar las preguntas?

Responde en conformidad: SI / NO

Firma

Fecha:

Aclaración: