

**Mar Ferrando Donet
Laura Gil Povill
Ariadna Poblet Masqué
Nagore Zubizarreta Flores**

**ACTIVACIÓN DE LA MUSCULATURA GLÚTEA PARA MEJORAR LA
ESTABILIDAD DE TOBILLO: ESTUDIO CUASIEXPERIMENTAL**

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**dirigido por la Dra. Cristina Adillón Camón
cotutorizado por el Sr. Biel Enric Arilla Ràfols**

Grado de Fisioterapia



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Reus (Tarragona)

2022

RESUMEN

INTRODUCCIÓN: el objetivo del presente estudio es demostrar si hay una mejora en la estabilidad de tobillo después de realizar un circuito de ejercicios de activación de la musculatura glútea.

MATERIAL Y MÉTODOS: se realizó un estudio cuasiexperimental a simple ciego entre septiembre de 2021 y junio del 2022. Los participantes fueron alumnos del Grado de Fisioterapia de la Universidad Rovira i Virgili de edades comprendidas entre 18 y 35 años y matriculados durante el curso académico 2021-2022. Las variables principales fueron: la estabilidad dinámica, la estabilidad en el aterrizaje de un salto monopodal y el equilibrio monopodal. Los test utilizados fueron: *Single leg stance test*, *Hurdle step test* y *Single leg vertical jump test*. La intervención consistió en realizar un circuito de ejercicios de activación de la musculatura glútea y valorar si se producían cambios en la estabilidad de tobillo. Para el análisis de los resultados se compararon y observaron las diferencias entre las variables antes y después de la intervención, aceptando un riesgo alfa de 0.05 y planteando un contraste de hipótesis unilateral.

RESULTADOS: se observan diferencias estadísticamente significativas en los porcentajes de la máxima contracción isométrica voluntaria antes y después de la intervención en el peroneo largo ($p=0.039$) al realizar el *Single leg stance test* y en el glúteo medio ($p=0.022$) durante el *Single leg vertical jump test*. También se aprecia una disminución de la fuerza de 3.19 (21.10) N en el equilibrio monopodal y de 18.31 (31.43) N en la estabilidad en el aterrizaje de un salto monopodal.

CONCLUSIÓN: la activación de la musculatura glútea, a través de un circuito de ejercicio terapéutico específico, mejora la estabilidad de tobillo en personas adultas.

PALABRAS CLAVE: Tobillo, Ejercicio terapéutico, Electromiografía, Ejercicio en circuito, Fuerza muscular, Equilibrio postural.

ABSTRACT

INTRODUCTION: The aim of the present study is to demonstrate whether there is an improvement in ankle stability after performing a circuit of gluteal muscle activation exercises.

METHODS: A single-blind quasi-experimental study was performed between September 2021 and June 2022. The participants were students from the Degree in Physiotherapy from the Rovira i Virgili University aged between 18 and 35 years and enrolled during the academic year 2021-2022. The main variables were: dynamic stability, monopodal jump landing stability and monopodal balance. The tests used were: Single leg stance test, Hurdle step test and Single leg vertical jump test. The intervention consisted of performing a circuit of gluteal muscle activation exercises and assessing whether changes were produced in ankle stability. For the analysis of the results, the differences between the variables before and after the intervention were compared and observed, accepting an alpha risk of 0.05 and proposing a unilateral hypothesis contrast.

RESULTS: Statistically significant differences were observed in the percentages of the maximum voluntary isometric contraction before and after the intervention in the peroneus longus ($p=0.039$) when performing the Single leg stance test and in the gluteus medius ($p=0.022$) during the Single leg vertical jump test. A decrease in strength of 3.19 (21.10) N in monopodal balance and 18.31 (31.43) N in stability is also seen in the monopodal jump landing.

CONCLUSION: Activation of the gluteal musculature, through a specific therapeutic exercise circuit, improves ankle stability in adults.

KEY WORDS: Ankle, Therapeutic exercise, Electromyography, Circuit exercise, Muscle strength, Postural balance.

INTRODUCCIÓN

En la sociedad actual, la prevalencia de la inestabilidad crónica de tobillo es muy elevada, sobre todo en deportistas adolescentes, limitando la actividad física y pudiendo afectar negativamente a su calidad de vida [1-6]. Entre el 50% y el 70% de las personas que sufren un esguince lateral de tobillo pueden terminar desarrollando una inestabilidad [7,8] y viceversa, lo que a largo plazo puede conducir a una artrosis precoz de la articulación [9-11].

Esta afección se caracteriza por síntomas persistentes como el dolor, la debilidad o la reducción del rango de movimiento del tobillo durante un periodo de tiempo de 6 a 12 meses [1,7,9,12-15]. Se trata de una condición patológica multifactorial que combina la inestabilidad mecánica (cambios en las estructuras estáticas, como en los ligamentos, cápsula y huesos) con la funcional (alteración sensitiva y motora) [1,9,15].

En los últimos 10 años, varios estudios han demostrado que existe una relación entre la inestabilidad crónica de tobillo y los déficits de fuerza en la musculatura proximal y distal a la articulación del tobillo [9,6,16-19]. Por ejemplo, unos niveles de fuerza insuficientes en el peroneo corto y largo pueden alterar la flexión plantar y la pronación del pie [9,19,20]. Del mismo modo, los déficits de fuerza isométrica del glúteo mayor y medio pueden alterar la extensión y la rotación externa de cadera [6,16-18].

Para estabilizar la articulación del tobillo, aparte de los ligamentos, existen dos sinergias musculares. Una de ellas se caracteriza por la activación del tibial anterior y el sóleo y la otra por la activación del peroneo largo, el peroneo corto y el gastrocnemio lateral. La activación de estas dos sinergias se puede relacionar con el balanceo antero-posterior y medio-lateral, respectivamente, que pueden ocurrir durante un apoyo monopodal [21].

En personas con inestabilidad crónica de tobillo se ha observado también que, la falta de activación del glúteo mayor y glúteo medio se compensa con la activación del tibial anterior y el peroneo largo [6,17]. Del mismo modo, durante la marcha, estas personas tienden a aumentar la inversión de tobillo en el momento previo al contacto inicial con el suelo. Este movimiento se contrarresta con mecanismos protectores, como la activación del peroneo largo, del glúteo medio y del glúteo mayor en la fase previa al aterrizaje de un salto lateral [14,15,22-26]. Aunque las personas con esta afectación pueden realizar una preactivación como mecanismo anticipatorio, al realizar ciertas actividades que requieren estabilidad, pueden tener una menor activación de la musculatura glútea [6,14,15,17,22-27].

Cada vez hay más evidencia que sugiere que las alteraciones de los músculos de la cadera en personas con inestabilidad crónica de tobillo contribuyen a la disfunción de la cadena cinética durante el ejercicio funcional y la estabilidad dinámica [16,23,28]. Por lo tanto, parece ser que existe una relación entre la falta de fuerza de la musculatura de la cadera y la alteración de los patrones neuromusculares relacionados con la inestabilidad de tobillo. El presente estudio pretende demostrar si la estabilidad de tobillo mejora después de realizar un circuito de ejercicios de activación de la musculatura glútea.

HIPÓTESIS

La activación de la musculatura glútea, a través de un circuito de ejercicio terapéutico específico, mejora la estabilidad de tobillo en personas adultas.

OBJETIVOS

General: demostrar que la activación de la musculatura glútea, a través de un circuito de ejercicio terapéutico específico, mejora la estabilidad de tobillo en personas adultas.

Específicos:

- Comparar la estabilidad dinámica, la estabilidad en el aterrizaje de un salto monopodal y el equilibrio monopodal antes y después de un circuito de ejercicio terapéutico específico observando la variabilidad del eje medio-lateral.
- Analizar el porcentaje de la máxima contracción isométrica voluntaria de los músculos glúteo mayor, glúteo medio, tibial anterior y peroneo largo con electromiografía de superficie durante el *Single leg stance test*, el *Hurdle step test* y el *Single leg vertical jump test* antes y después de un circuito de ejercicio terapéutico específico.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño del estudio

Se realizó un estudio cuasiexperimental a simple ciego durante los meses de septiembre de 2021 a junio de 2022 (10 meses) en el laboratorio de Biomecánica de la Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud de la Universidad Rovira i Virgili. Para el desarrollo de la metodología de este estudio se siguieron las directrices de la Declaración CONSORT (*Consolidated Standards of Reporting Trials*) [29]. El protocolo de este estudio fue aprobado por el Comité Ético de Investigación en medicamentos, Ref. CEIM: 074/2022. Los participantes tuvieron que aceptar participar de manera voluntaria en el estudio y firmar el consentimiento informado.

Población de estudio

Participantes

Los participantes fueron estudiantes de fisioterapia de la Universidad Rovira i Virgili (URV) de Reus de edades entre 18 y 35 años matriculados durante el curso académico 2021-2022. El estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud de la URV, comentado anteriormente.

Criterios de elegibilidad

Antes de incluir a los participantes en el estudio se confirmaron los criterios de elegibilidad descritos a continuación:

Criterios de inclusión:

- Tener entre 18 y 35 años (ambos incluidos).
- Estar matriculado en el Grado de Fisioterapia de la Universidad Rovira i Virgili en la Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud de Reus.

Criterios de exclusión:

- Tener alguna lesión neuromusculoesquelética o patología que les impida realizar el estudio.
- Tomar anticoagulantes.
- Padecer un proceso infeccioso.
- Presentar alguna cardiopatía.
- Tener hipersensibilidad al dolor.
- Padecer infecciones cutáneas.

Variables

Las variables principales del estudio son:

- **Estabilidad dinámica:** se evaluó con el *Hurdle step Test*. Se analizaron los vectores de fuerza en el plano frontal en el eje medio-lateral mediante la plataforma de fuerza *Dynamic Walkway P6000 (BTS Bioengineering, Milan, Italy)* y se registraron los valores obtenidos en Newtons [21,32].

- **Estabilidad en el aterrizaje de un salto monopodal:** se evaluó con *el Single leg vertical jump test*. Se analizaron los vectores de fuerza en el plano frontal en el eje medio-lateral mediante la plataforma de fuerza *Dynamic Walkway P6000 (BTS Bioengineering, Milan, Italy)* y se registraron los valores obtenidos en Newtons [21,32].
- **Equilibrio monopodal:** se evaluó durante la ejecución del *Single leg stance test*. Se analizaron los vectores de fuerza en el plano frontal en el eje medio-lateral mediante la plataforma de fuerza *Dynamic Walkway P6000 (BTS Bioengineering, Milan, Italy)* y se registraron los valores obtenidos en Newtons [21,32].

Se consideran variables secundarias:

- **Edad** (18-35 años).
- **Sexo** (femenino, masculino).
- **Masa corporal:** se midió con una báscula *Tanita® BC-730* y se registró en kg. Los participantes debían ir descalzos y con ropa ligera (pantalón corto por encima de la rodilla y camiseta de manga corta).
- **Altura:** se midió con una cinta centimétrica y se registró en centímetros. Los participantes debían ir descalzos.
- **Índice de masa corporal (IMC):** se calculó a partir de la fórmula correspondiente y se registró en kg/m².
$$IMC = \frac{\text{masa corporal (kg)}}{\text{altura}^2 \text{ (m}^2\text{)}}$$
- **Inestabilidad funcional de tobillo:** se utilizó el *Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT)*, cuestionario autoadministrado, validado para determinar la presencia y gravedad de la inestabilidad funcional de tobillo. Consta de 9 ítems, cada uno de los cuales tiene una puntuación determinada y el sumatorio de estos debe dar un resultado comprendido entre 0 y 30. Si el resultado es ≤ 27 indica que padece inestabilidad de tobillo [33,34].
- **Máxima contracción isométrica voluntaria (MVIC):** se valoró el potencial eléctrico producido durante las contracciones musculares del glúteo mayor, glúteo medio, tibial anterior y peroneo largo, mediante electromiografía de superficie, modelo *BTS Bioengineering Corporation FREEEMG*. Los resultados se describen como porcentaje [30,31].

- **Fuerza isométrica máxima:** se midió con dinamometría, utilizando una galga de fuerza *Chronojump Boscosystem* y los resultados se registraron en Newtons (N) [35]. Los músculos evaluados fueron: glúteo mayor, glúteo medio, tibial anterior y peroneo largo.

Procedimiento experimental

Para el reclutamiento de los participantes se envió un correo electrónico a todos los alumnos de fisioterapia de la Universidad Rovira i Virgili matriculados durante el curso académico 2021-2022. En el mismo se informó acerca de la finalidad del estudio y se pidió la participación voluntaria.

Los individuos que aceptaron participar en el estudio fueron citados presencialmente para explicar más detalladamente la naturaleza del estudio y poder resolver las dudas sobre el mismo. El mismo día se les entregó la hoja de información al participante (véase Anexo 1) y firmaron voluntariamente el consentimiento informado (véase Anexo 2). También se aplicaron los criterios de elegibilidad; a los candidatos se les asignó un número de identificación para mantener el anonimato de los datos recogidos y de las valoraciones siguientes.

A continuación, los participantes fueron citados un segundo día en el cual se llevó a cabo la evaluación inicial.

En primer lugar, rellenaron el cuestionario autoadministrado *Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT)* (véase Anexo 3), y se evaluaron las variables antropométricas (masa corporal, altura e índice de masa corporal).

Para estandarizar la medición de la masa corporal, los participantes debían descalzarse y llevar ropa lo más ligera posible. Estos se situaron con los dos pies juntos en el centro de la báscula y mirada al frente.

Para determinar la altura, se colocó previamente una cinta centimétrica en la pared. Los participantes, descalzos, con la cabeza, espalda, piernas, talones (juntos) y glúteos en contacto con la pared. Con la cabeza en posición recta, el investigador colocó la palma de la mano sobre el mentón del sujeto y se anotó la altura a partir del punto más alto de la cabeza, en centímetros. Con los datos obtenidos de la masa corporal y la altura se calculó el índice de masa corporal a través de la fórmula comentada anteriormente.

Seguidamente, se valoró la fuerza máxima isométrica del glúteo mayor, el glúteo medio, el tibial anterior y el peroneo largo con la galga de fuerza *Chronojump Boscosystem*, simultáneamente con el registro de electromiografía de superficie de los mismos músculos.

Para ello, previamente, para reducir la impedancia, se afeitó y se limpió con alcohol etílico (70°) el área de la piel y se colocaron los electrodos siguiendo las recomendaciones de la Electromiografía de Superficie para la Evaluación No Invasiva de los Músculos (SENIAM). La distancia entre el electrodo colocado en el punto de mayor activación del músculo y el electrodo de referencia no podía superar los 20 mm, ya que sino se perdía el sonido. Este electrodo de referencia siempre se situó craneal al electrodo principal [36].

Para identificar correctamente los vientres musculares se utilizó la palpación y se procedió a la colocación de los electrodos en cada músculo en orientación paralela a las fibras musculares determinadas, tal y como indica la SENIAM. Se utilizó una frecuencia de adquisición de 200 Hz [37].

A continuación, se detalla la colocación del electrodo principal para cada uno de los músculos a evaluar.

En primer lugar, para valorar la activación del glúteo mayor, el electrodo se colocó en la mayor prominencia de la parte media de las nalgas, por encima de la protuberancia visible del trocánter mayor, punto medio entre la línea de las vértebras sacras y el trocánter mayor (50%) [38]. Para el glúteo medio, se situó en el punto medio (50%) de la línea que va desde la cresta ilíaca hasta el trocánter mayor [39].

El electrodo utilizado para evaluar el tibial anterior, se colocó en el tercio proximal de la línea entre la cabeza del peroné y el maléolo tibial [40].

Por último, para valorar el peroneo largo, el electrodo se colocó en el cuarto proximal de la línea entre la cabeza del peroné y el maléolo peroneal [41].

Una vez colocados los electrodos se evaluó la fuerza isométrica máxima con la galga *Chronojump Boscosystem* situada perpendicularmente al movimiento a realizar [35,42]. Para registrar los resultados, el participante se colocó en las siguientes posiciones.

- **Glúteo mayor:** en decúbito prono con 90 grados de flexión de rodilla de la extremidad a evaluar, debía realizar una extensión máxima de cadera para registrar la máxima contracción isométrica voluntaria. El anclaje se colocó en la parte posterior del muslo con una cincha inelástica.
- **Glúteo medio:** en decúbito lateral con la extremidad homolateral en flexión de rodilla y la extremidad a evaluar (contralateral) con la rodilla en extensión. Para registrar la máxima contracción isométrica voluntaria debía realizar una abducción máxima de cadera. El anclaje se colocó en el maléolo peroneal con una cincha inelástica.

- **Tibial anterior:** en sedestación con la rodilla en extensión y el tronco lo más erguido posible, debía realizar una flexión dorsal máxima de tobillo para evaluar la máxima contracción isométrica voluntaria del tibial anterior. El anclaje se colocó rodeando el metatarso con una cincha inelástica.
- **Peroneo largo:** en sedestación con la rodilla en extensión y el tronco lo más erguido posible, debía realizar una eversión máxima de tobillo para registrar la máxima contracción isométrica voluntaria del peroneo largo. El anclaje se colocó rodeando el metatarso con una cincha inelástica [36].

A continuación, se registró la electromiografía de superficie en las siguientes pruebas dinámicas: *Single leg stance test*, *Hurdle step test* y *Single leg vertical jump test*; sobre la plataforma de fuerza *Dynamic Walkway P6000 (BTS Bioengineering, Milan, Italy)*. Para ello los participantes debían ir descalzos.

El *Single leg stance test* se inició con el participante colocado en apoyo monopodal sobre la extremidad a evaluar, con la rodilla en ligera flexión (para evitar el bloqueo articular de la rodilla) y la contralateral a 90 grados de flexión. Las manos se debían colocar sobre las crestas ilíacas y el tronco lo más alineado y estático posible, con la mirada al frente sobre un punto fijo y los ojos abiertos. Primero se analizó la extremidad derecha y después la izquierda [21]. La prueba tuvo una duración máxima de 30 segundos por extremidad.

Seguidamente, se realizó el *Hurdle step test* donde se ajustó previamente un obstáculo a la altura de la tuberosidad tibial anterior de cada uno de los participantes. Estos se colocaron descalzos con los pies juntos y los dedos alineados al obstáculo, con ambas manos cruzadas detrás de las cervicales y los codos abiertos. Los participantes debían superar el obstáculo con el pie en flexión dorsal y manteniendo la alineación entre el pie, la rodilla y la cadera, hasta tocar el suelo con el talón y volver a la posición inicial. Se realizaron 3 intentos seguidos con cada extremidad [32].

En último lugar, se evaluó el *Single leg vertical jump test*. Para ello, el participante se colocó en bipedestación monopodal con la rodilla en extensión y la extremidad contralateral a 90 grados de flexión de rodilla con las manos apoyadas en las crestas ilíacas. En esta posición debían realizar 3 saltos monopodales consecutivos, con un descanso de 60 segundos entre extremidades [43,44].

Una vez concluida la valoración inicial, se realizó la intervención que consistía en la realización de un circuito de ejercicio terapéutico formado por 4 ejercicios, dos de ellos enfocados a la activación del glúteo medio (*Front plank with hip abduction* y *Clamshell with band*) [45-47] y otros dos a la del glúteo mayor (*Split squat* y *Glute bridge*) [45,47-49].

Los ejercicios se realizaron en circuito en un orden determinado tal y como aparece a continuación en la Tabla 1. Se estableció dicho orden para garantizar la activación de la musculatura del core al inicio del circuito y evitar el factor fatiga, alternando un ejercicio donde se implica un mayor número de grupos musculares con otro más analítico donde se solicita un menor número.

Tabla 1. Circuito de ejercicio terapéutico para la activación de glúteo mayor y medio

	
	
<p><i>Front plank with hip ABD</i> (12 repeticiones)</p>	<p><i>Clamshell with band</i> (8 repeticiones)</p>
	
	
<p><i>Split squat</i> (8 repeticiones)</p>	<p><i>Glute bridge</i> (8 repeticiones)</p>
<p>* 2 vueltas modo circuito</p>	

1. **Front plank with hip abduction:** en decúbito prono con los antebrazos en el suelo a 90 grados de flexión, las rodillas en extensión con las puntas de los pies apoyadas en el suelo y despegando el abdomen de este. El participante tuvo que realizar un movimiento de abducción de cadera seguida de una aducción, sin arrastrar el pie, para volver a la posición inicial, manteniendo el otro estático. Esto se hizo alternando una pierna y la otra, aguantando en todo momento la espalda recta [45].
2. **Clamshell:** en decúbito lateral con la cadera flexionada a 45 grados y manteniendo las dos rodillas en flexión. Se colocó una banda elástica por encima de estas y se realizó una abducción de cadera con la extremidad contralateral sin generar un movimiento de rotación de la zona lumbar y de la pelvis [45-47].
3. **Split squat:** de pie con las piernas separadas, una más adelantada que la otra. El pie de delante completamente apoyado y el trasero con el talón levantado y media punta en contacto con el suelo. Se le pidió que descendiera flexionando las dos rodillas, hasta llegar a formar un ángulo de 90 grados con la pierna adelantada. Volvió a la posición inicial extendiendo las rodillas, teniendo en cuenta que la mayor parte de la fuerza es generada por la extremidad adelantada [48].
4. **Glute bridge:** en decúbito supino con las rodillas flexionadas y los pies apoyados en el suelo, al igual que los brazos. Se le pidió que levantara la cadera hasta formar una diagonal entre las rodillas y la columna vertebral, manteniendo en todo momento una posición neutra de la zona lumbar de la espalda [45,47,49].

El circuito de ejercicios de activación se realizó dos veces con un descanso de 30 segundos entre vuelta y vuelta. Los 4 ejercicios se ejecutaron sin descanso entre uno y otro. Se utilizó un número de repeticiones elevado y una carga baja, como el propio peso corporal o la resistencia de una banda elástica, con el objetivo de activar la musculatura [50]. Una vez terminada la sesión, inmediatamente, se realizó la valoración final. El orden de las pruebas y procedimiento fue el mismo que el detallado en la valoración inicial: *Single leg stance test*, *Hurdle step test* y *Single leg vertical jump test*.

Sesgos

Para minimizar el sesgo de observación se utilizaron instrumentos de medición con criterios de evaluación previamente establecidos. Además, el evaluador de los resultados se mantuvo cegado de manera que no conocía si las evaluaciones eran previas o posteriores a la intervención (simple ciego). En relación al sesgo de notificación, en este trabajo se presentan los estudios obtenidos acordes con los objetivos planteados al inicio del proyecto.

Estimación del tamaño de la muestra

El cálculo del tamaño de la muestra se realizó con la calculadora GRANMO [51]. Aceptando un riesgo alfa de 0.05 y un riesgo beta de 0.2 en un contraste unilateral, se precisan 18 sujetos para detectar una diferencia igual o superior a 0.05 unidades en la prueba *Single leg stance test* realizada en la plataforma de fuerza *Dynamic Walkway P6000 (BTS Bioengineering, Milan, Italy)*. Se asume que la desviación estándar común es de 0.06. Se ha estimado una tasa de pérdidas de seguimiento del 0% [21].

Procesamiento y análisis de los datos

Los investigadores del estudio firmaron una hoja de confidencialidad de datos donde se comprometieron a utilizarlos adecuadamente de forma confidencial.

Los datos fueron recogidos en un formulario diseñado para ello y se introdujeron en una base de datos elaborada con el programa Microsoft Office Excel® 2016, en un sistema de la URV sometido a las medidas de seguridad del Esquema Nacional de Seguridad siempre en espacios donde solo el personal investigador de este proyecto pudiese acceder.

Posteriormente, para analizar los datos se utilizó el programa SPSS® (*Statistical Package for the Social Sciences*) versión 26.0 para Windows®.

Para determinar si los valores de cada una de las variables se encontraban dentro de la normalidad se realizó la prueba Shapiro-Wilk. En caso de no seguir una distribución normal las variables cuantitativas se describen en mediana (rango intercuartil). Las variables cualitativas se expresan en número (%).

Para realizar la estadística inferencial, se utilizó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para analizar las variables cuantitativas (máxima contracción isométrica voluntaria, estabilidad dinámica, estabilidad en el aterrizaje de un salto monopodal y equilibrio monopodal).

Se ha establecido un valor de significación de $p < 0.05$. Se ha aceptado para todos los contrastes de hipótesis un nivel de riesgo del 0.05 y los contrastes se han planteado a nivel unilateral, lo que equivale a identificar la hipótesis nula con la igualdad de medias y porcentajes y la hipótesis alternativa con la desigualdad.

RESULTADOS

De un total de 309 individuos, 271 fueron excluidos por los motivos que se muestran en la Figura 1, de este modo, quedaron seleccionados 38 participantes. Durante la intervención hubo un 7.89% de pérdidas y en el análisis se excluyeron un 25.71% de la muestra total. Por lo tanto, finalmente se analizaron 26 participantes.

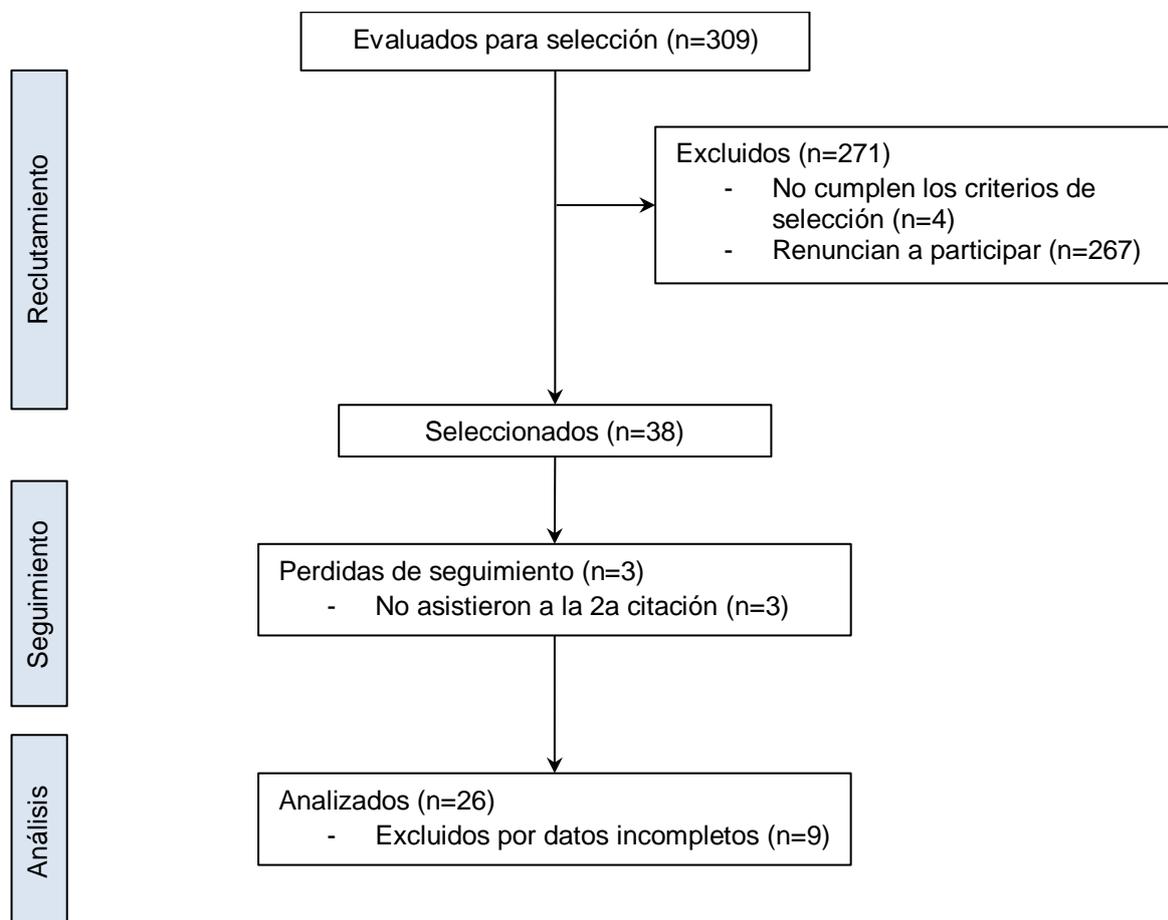


Figura 1. Diagrama de flujo.

Características descriptivas de la muestra

El 57.69% de los participantes son mujeres. De todos ellos, un 7.69% son zurdos. La mediana (rango intercuartil) de edad es de 22.50 (1.75) años, la altura de 168.00 (9.75) cm, con una masa corporal de 60.20 (18.35) kg y un índice de masa corporal de 22.05 (3.44) kg/m².

Las características descriptivas de la muestra se pueden observar en la Tabla 2. Remarcar que un 42.31% de los participantes presentan inestabilidad funcional en el tobillo derecho, y un 42.31% en el izquierdo.

Tabla 2. Características descriptivas de la muestra

	Mujeres (n=15)	Hombres (n=11)
Edad (años) ¹	22.00 (1.50)	23.00 (2.00)
Diestros ²	14 (93.33)	10 (90.91)
Altura (cm) ¹	163.00 (9.50)	173.00 (11.50)
Masa corporal (kg) ¹	53.60 (7.85)	72.50 (8.25)
Índice de masa corporal (kg/m ²) ¹	20.86 (2.39)	23.67 (2.64)
Inestabilidad funcional derecha ²	7 (46.67)	4 (36.36)
Inestabilidad funcional izquierda ²	8 (53.33)	3 (27.27)

¹: mediana (rango intercuartil)
²: n (%)
cm (centímetros); m (metros); kg (kilogramos)

Resultados principales

En cuanto al análisis de la estabilidad (véase Tabla 3), se observa que las fuerzas en el plano frontal en el eje medio-lateral después de la intervención son menores respecto a las recogidas en la valoración inicial, siendo estadísticamente significativas las diferencias en el equilibrio monopodal y en la estabilidad en el aterrizaje de un salto monopodal ($p < 0.001$), mostrando una disminución de la variabilidad del eje medio-lateral de 3.19 (21.10) N en el equilibrio y de 18.31 (31.43) N en la estabilidad en el aterrizaje.

En cambio, en la estabilidad dinámica, no se contemplan cambios estadísticamente significativos ($p = 0.828$), siendo la diferencia de 1.87 (6.28) N entre la valoración inicial y final.

Tabla 3. Variabilidad del eje medio-lateral

		Inicial	Final	p valor
Equilibrio monopodal	D	22.80 (48.23)	15.54 (27.68)	<0.001**
	I	12.50 (47.84)	11.65 (40.21)	0.840
Estabilidad dinámica	D	25.36 (57.84)	23.92 (59.67)	0.545
	I	26.74 (56.55)	23.02 (50.48)	0.339
Estabilidad en el aterrizaje de un salto monopodal	D	55.66 (75.21)	40.82 (68.39)	<0.001**
	I	70.59 (125.73)	48.15 (94.29)	<0.001**

Datos expresados en Newtons: mediana (rango intercuartil)
D (derecha); I (izquierda)
p (obtenido utilizando la prueba de rangos con signo de Wilcoxon)
** $p < 0.001$

En la Figura 2 se muestra el porcentaje de la máxima contracción isométrica voluntaria (MVIC) de cada uno de los músculos evaluados en las diferentes pruebas. Sólo se observan diferencias estadísticamente significativas en el peroneo largo ($p=0.039$) en la prueba de equilibrio (*Single leg stance test*) y en el glúteo medio ($p=0.022$) durante el salto monopodal (*Single leg vertical jump test*). Esta última prueba muestra mayor porcentaje de activación muscular en el glúteo mayor, el glúteo medio, el tibial anterior y el peroneo largo a comparación con los otros test. Aun así, los valores obtenidos después de la intervención son menores que los de la evaluación inicial, cosa que indica que el porcentaje de la máxima contracción isométrica voluntaria no ha aumentado.

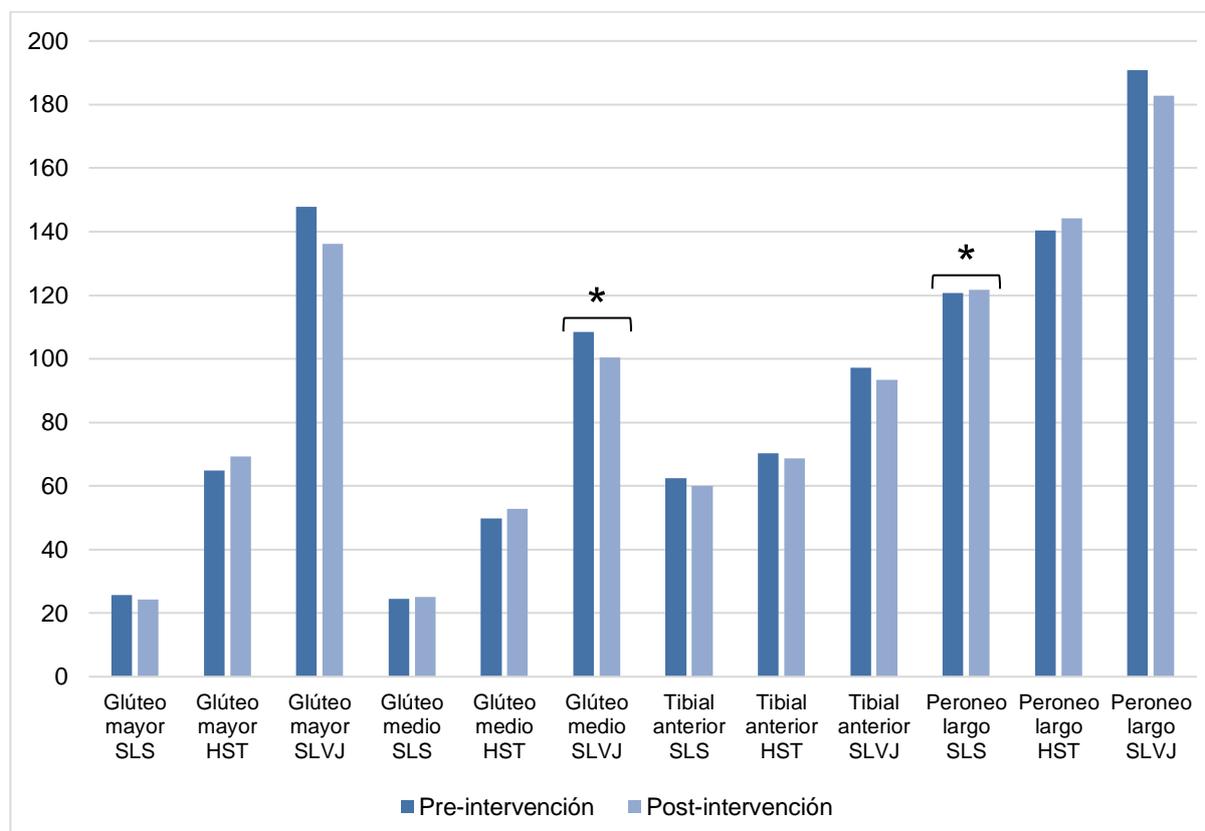


Figura 2. Porcentaje máxima contracción isométrica voluntaria

SLS (*Single leg stance test*); HST (*Hurdle step test*); SLVJ (*Single leg vertical jump test*)

p (obtenido utilizando la prueba de rangos con signo de Wilcoxon)

* $p < 0.05$

Por otro lado, en la estabilidad dinámica se observa un porcentaje de la MVIC más elevado en la valoración final respecto a la inicial de los músculos glúteo mayor [pre: 64.80 (330.18) %, post: 69.24 (346.04) %], glúteo medio [pre: 49.80 (401.38) %, post: 52.91 (273.61) %] y peroneo largo [pre: 140.34 (457.17) %, post: 144.12 (623.94) %] sin diferencias estadísticamente significativas entre ellas (véase Figura 2).

Por último, en la Tabla 4 se reflejan los resultados relacionados con la activación muscular, diferenciando entre la extremidad derecha e izquierda.

Tabla 4. Porcentaje de la máxima contracción isométrica voluntaria en las pruebas dinámicas

		Equilibrio monopodal			Estabilidad dinámica			Estabilidad en el aterrizaje de un salto monopodal		
		Inicial	Final	p valor	Inicial	Final	p valor	Inicial	Final	p valor
Glúteo mayor	D	31.54 (127.79)	32.86 (134.21)	0.819	80.24 (329.08)	84.07 (346.04)	0.861	169.00 (439.84)	147.64 (591.29)	0.115
	I	17.80 (50.84)	17.98 (54.47)	0.696	55.35 (109.59)	68.48 (275.10)	0.035*	131.41 (264.47)	132.23 (362.07)	0.757
Glúteo medio	D	24.54 (65.88)	27.22 (70.79)	0.925	51.37 (183.88)	49.52 (214.45)	0.367	103.49 (330.80)	96.10 (152.71)	0.074
	I	24.04 (90.31)	24.55 (139.69)	0.476	47.30 (401.38)	53.38 (273.61)	0.493	112.90 (381.16)	104.91 (262.88)	0.137
Tibial anterior	D	60.12 (239.46)	56.24 (173.86)	0.443	69.02 (152.96)	61.97 (170.83)	0.166	93.14 (224.40)	89.13 (193.88)	0.192
	I	67.50 (282.36)	65.31 (243.39)	0.459	70.83 (297.13)	72.46 (257.07)	0.619	100.90 (366.70)	98.02 (318.41)	0.424
Peroneo largo	D	118.99 (625.72)	112.95 (396.56)	0.008*	138.05 (457.17)	145.32 (623.94)	0.677	167.19 (876.68)	162.56 (544.97)	0.412
	I	120.66 (728.06)	134.72 (595.89)	0.716	150.72 (197.61)	144.12 (203.69)	0.313	206.20 (364.79)	199.03 (331.18)	0.211

Datos expresados en % máxima contracción isométrica voluntaria: mediana (rango intercuartil)

D (derecha); I (izquierda)

p (obtenido utilizando la prueba de rangos con signo de Wilcoxon)

* $p < 0.05$

Se observa que en la valoración final de la estabilidad dinámica, el porcentaje de la máxima contracción isométrica voluntaria es significativamente mayor en relación al glúteo mayor izquierdo ($p=0.035$). También destacar que se muestra una diferencia estadísticamente significativa en el peroneo largo ($p=0.008$) en el equilibrio monopodal, pero en este caso, los valores de después de la intervención de la extremidad inferior derecha se han visto disminuidos.

DISCUSIÓN

El principal objetivo del presente estudio es demostrar que la activación de la musculatura glútea, a través de un circuito de ejercicio terapéutico específico, mejora la estabilidad de tobillo en personas adultas.

Este hecho se puede observar en el análisis de la variabilidad en el plano frontal en el eje medio-lateral a través del *Single leg stance test* y el *Single leg vertical jump test* con diferencias significativas después de la activación de la musculatura glútea. Los resultados obtenidos muestran una disminución de este eje, lo que podría comportar una mejora de la estabilidad. Estos datos coinciden con los obtenidos por Padua *et al.* quienes encontraron mejoras significativas en la reducción del desplazamiento del centro de presiones durante el *Single leg stance test* después de un calentamiento que incluía ejercicios de core y movilidad de tobillo durante 10 semanas en jugadoras jóvenes de baloncesto. Además, este protocolo de activación ha mostrado ser eficaz para prevenir las lesiones de esguince de tobillo, gracias a la mejora en el rango de movimiento de flexión dorsal de tobillo y en el equilibrio [52].

Por otra parte, Asimena *et al.* valora el equilibrio monopodal antes y después de realizar un protocolo de ejercicios, basado en el trabajo propioceptivo durante 6 semanas, con individuos que presentan inestabilidad de tobillo en una de las dos extremidades. Se observan mejoras estadísticamente significativas en esta variable al comparar la pierna inestable con la otra [53]. Por lo tanto, el trabajo propioceptivo también es eficaz para mejorar la estabilidad, igual que la activación de la musculatura glútea como ha demostrado el presente estudio.

En relación a la activación muscular, el peroneo largo presenta diferencias significativas mostrando una mayor activación en el equilibrio monopodal después de realizar una activación de la musculatura glútea, a través de un circuito de ejercicio terapéutico específico. Estos resultados coinciden con los de Jaber *et al.* quienes demuestran que dicha activación se produce también durante la realización del *Star excursion balance test* en personas que sufren un episodio de esguince lateral de tobillo sin recidivas o con pérdida de funcionalidad [17].

Por otro lado, el glúteo mayor, el glúteo medio y el peroneo largo presentan mayor activación en la estabilidad dinámica (*Hurdle step test*), a diferencia del tibial anterior en el cual se ve disminuida, pero no de forma significativa. Estos resultados coinciden con los obtenidos en el alcance anterior del *Star excursion balance test* en personas con inestabilidad crónica de tobillo [17].

Los ejercicios seleccionados para el circuito de ejercicio terapéutico del presente estudio muestran evidencia en la activación muscular de los glúteos. Sin embargo, se ha observado que dicha activación no genera un aumento del porcentaje de la máxima contracción isométrica voluntaria del glúteo mayor y medio en los test utilizados para la valoración de las variables principales. Esto puede ser debido a que la exigencia de estos músculos no es la misma en las pruebas de valoración en comparación con los ejercicios de activación. Además, el volumen de la carga aplicado para el circuito de ejercicio terapéutico de la musculatura glútea difiere del que utilizan Bishop *et al.*, Neto *et al.* y Boren *et al.* en sus respectivos estudios. Estos autores individualizan la carga de cada uno de los ejercicios en relación a los niveles de fuerza de los participantes. Para el *clamshell*, *front plank with hip abduction* y *glute bridge* se ejecutan un total de 5 repeticiones, a diferencia del *split squat* en el cual se registran los resultados durante la realización de 3 repeticiones máximas. En cambio, en el protocolo de ejercicios de activación de la presente investigación se utiliza la misma carga de trabajo para todos los individuos [45,47,48].

Una buena estabilidad lumbo-pélvica es muy importante para mantener la estabilidad postural tal y como comentan Jaber *et al.* [17]. Según estos autores, la musculatura del pie y del tobillo compensan los pequeños errores de equilibrio, en cambio, si la perturbación es mayor, se requiere la activación de los músculos de la cadera. En el presente estudio sucede algo similar, visto que el porcentaje de máxima contracción isométrica voluntaria varía según el requerimiento de cada test. En el *Single leg stance test* al no realizar ningún movimiento en la cadera, la mayor activación se encuentra en el peroneo largo y el tibial anterior, respectivamente. Este suceso es gradual, siendo el *Hurdle step test* más exigente que el anterior, pero no tanto como el *Single leg vertical jump test*, que exige mayor demanda de la musculatura glútea para poder estabilizar la cadera y como consecuencia el tobillo. A raíz de esto, se cree que debido a la ausencia del control motor de la musculatura de la cadera, aumenta la carga de trabajo de la musculatura del tobillo para poder estabilizarlo y por lo tanto, aumenta la susceptibilidad de sufrir lesiones en inversión.

Aunque se produzca lo anteriormente comentado, no se puede evidenciar si dichas alteraciones son la causa o la consecuencia de la inestabilidad de tobillo. Por lo tanto, realizar un programa de ejercicio terapéutico para mejorar la activación de la musculatura lumbo-pélvica podría beneficiar a la población mejorando la funcionalidad y estabilidad del tobillo [17]. No obstante, se necesita más evidencia al respecto.

Limitaciones

El presente estudio presenta algunas limitaciones descritas a continuación. En primer lugar, la no existencia de un grupo control no permite asegurar que los cambios observados sean debidos a la propia intervención, a otras intervenciones o a factores no controlados.

Del mismo modo, el estudio se ha realizado en una población muy concreta, como son los estudiantes de fisioterapia de la Universidad Rovira i Virgili de Reus de edades comprendidas entre 18 y 35 años. Sería necesario aumentar la muestra para poder extrapolar los resultados a la población.

Por último, el fallo técnico de algunas de las baterías de las sondas electromiográficas utilizadas provocaron alteraciones en la recogida de datos y por tanto tuvieron que ser descartados para el análisis, ocasionando una disminución de la muestra.

Futuras líneas de investigación

En futuras líneas de investigación se podría realizar un ensayo clínico aleatorizado controlado a simple ciego, planteando la misma intervención, pero comparando los resultados con un grupo control para poder analizar si los resultados son debidos a la propia intervención. Del mismo modo, sería interesante poder analizar la eficacia de la activación de la musculatura glútea a corto y medio plazo y no sólo valorar el efecto inmediato.

Para que los resultados puedan tener mayor aplicabilidad clínica se podría realizar el mismo procedimiento experimental, pero limitando la participación a personas con inestabilidad de tobillo para observar si las mejoras son más significativas en comparación con adultos sanos; y también estudiar otros tipos de población como deportistas y adolescentes, por su prevalencia a sufrir esguinces de tobillo.

CONCLUSIONES

La activación de la musculatura glútea, a través de un circuito de ejercicio terapéutico específico, mejora la estabilidad en el aterrizaje de un salto monopodal y el equilibrio monopodal en personas adultas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cain MS, Ban RJ, Chen YP, Geil MD, Goerger BM, Linens SW. Four-Week Ankle-Rehabilitation Programs in Adolescent Athletes With Chronic Ankle Instability. *J Athl Train*. 2020 ago 1;55(8):801-810.
2. Donovan L, Hetzel S, Laufenberg CR, McGuine TA. Prevalence and Impact of Chronic Ankle Instability in Adolescent Athletes. *Orthop J Sports Med*. 2020 feb 18;8(2).
3. Tanen L, Docherty CL, Van Der Pol B, Simon J, Schrader J. Prevalence of chronic ankle instability in high school and division I athletes. *Foot Ankle Spec*. 2014 feb;7(1):37-44.
4. Holland B, Needle AR, Battista RA, West ST, Christiana RW. Physical activity levels among rural adolescents with a history of ankle sprain and chronic ankle instability. *PLoS One*. 2019 abr 30;14(4).
5. Attenborough AS, Hiller CE, Smith RM, Stuelcken M, Greene A, Sinclair PJ. Chronic ankle instability in sporting populations. *Sports Med*. 2014 nov;44(11):1545-1556.
6. Mulligan EP, DeVahl J. Can proximal hip strength and dynamic control differentiate functional ankle stability classifications? *Int J Sports Phys Ther*. 2020;15(6):1061-1072.
7. Gribble PA. Evaluating and Differentiating Ankle Instability. *J Athl Train*. 2019 jun;54(6):617-627.
8. Herzog MM, Kerr ZY, Marshall SW, Wikstrom EA. Epidemiology of Ankle Sprains and Chronic Ankle Instability. *J Athl Train*. 2019 jun;54(6):603-610.
9. McLeod MM, Gribble PA, Pietrosimone BG. Chronic Ankle Instability and Neural Excitability of the Lower Extremity. *J Athl Train*. 2015 ago;50(8):847-853.
10. Anguish B, Sandrey MA. Two 4-Week Balance-Training Programs for Chronic Ankle Instability. *J Athl Train*. 2018 jul;53(7):662-671.
11. Hall EA, Chomistek AK, Kingma JJ, Docherty CL. Balance- and Strength-Training Protocols to Improve Chronic Ankle Instability Deficits, Part I: Assessing Clinical Outcome Measures. *J Athl Train*. 2018 jun;53(6):568-577.
12. Hertel J, Corbett RO. An updated model of chronic ankle instability. *J Athl Train*. 2019 jun;54(6):572-588.
13. Cruz Díaz D, Hita Contreras F, Martínez Amat A, Aibar Almazán A, Kim KM. Ankle-Joint Self-Mobilization and CrossFit Training in Patients With Chronic Ankle Instability: A Randomized Controlled Trial. *J Athl Train*. 2020 feb;55(2):159-168.
14. Moisan G, Mainville C, Descarreaux M, Cantin V. Lower limb biomechanics in individuals with chronic ankle instability during gait: a case-control study. *J Foot Ankle Res*. 2021 may 3;14(1):36.

15. Son SJ, Kim H, Seeley MK, Hopkins JT. Movement Strategies among Groups of Chronic Ankle Instability, Coper, and Control. *Med Sci Sports Exerc.* 2017 ago;49(8):1649-1661.
16. Raghava Neelapala YV, Suresh Bhat V, Almeida S, Moily K. Relationship Between Gluteal Muscle Strength and Balance in Individuals with Chronic Ankle Instability. *Physiother Pract Res.* 2016 dic 30;38(1):1-5.
17. Jaber H, Lohman E, Daher N, Bains G, Nagaraj A, Mayekar P, et al. Neuromuscular control of ankle and hip during performance of the star excursion balance test in subjects with and without chronic ankle instability. *PLoS One.* 2018 ago 13;13(8).
18. McCann RS, Bolding BA, Terada M, Kosik KB, Crossett ID, Gribble PA. Isometric Hip Strength and Dynamic Stability of Individuals With Chronic Ankle Instability. *J Athl Train.* 2018 jul;53(7):672-678.
19. Wenning M, Gehring D, Mauch M, Schmal H, Ritzmann R, Paul J. Functional deficits in chronic mechanical ankle instability. *J Orthop Surg Res.* 2020 ago 6;15(1):304.
20. Lin CI, Khajooei M, Engel T, Nair A, Heikkila M, Kaplick H, et al. The effect of chronic ankle instability on muscle activations in lower extremities. *PLoS One.* 2021 feb 22;16(2).
21. Labanca L, Ghislieri M, Knaflitz M, Barone G, Bragonzoni L, Agostini V, et al. Muscle synergies for the control of single-limb stance with and without visual information in young individuals. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2021 dic 24;13(1):163.
22. Feger MA, Donovan L, Hart JM, Hertel J. Lower extremity muscle activation in patients with or without chronic ankle instability during walking. *J Athl Train.* 2015 abr;50(4):350-357.
23. Moisan G, Mainville C, Descarreaux M, Cantin V. Kinematic, kinetic and electromyographic differences between young adults with and without chronic ankle instability during walking. *J Electromyogr Kinesiol.* 2020 abr;51.
24. Moisan G, Descarreaux M, Cantin V. Effects of chronic ankle instability on kinetics, kinematics and muscle activity during walking and running: A systematic review. *Gait Posture.* 2017 feb;52:381-399.
25. Balasukumaran T, Gottlieb U, Springer S. Muscle activation patterns during backward walking in people with chronic ankle instability. *BMC Musculoskelet Disord.* 2020 jul 25;21(1):489.
26. Webster KA, Pietrosimone BG, Gribble PA. Muscle Activation During Landing Before and After Fatigue in Individuals With or Without Chronic Ankle Instability. *J Athl Train.* 2016 ago;51(8):629-636.

27. Webster KA, Gribble PA. A comparison of electromyography of gluteus medius and maximus in subjects with and without chronic ankle instability during two functional exercises. *Phys Ther Sport*. 2013 feb;14(1):17-22.
28. DeJong AF, Mangum LC, Hertel J. Gluteus medius activity during gait is altered in individuals with chronic ankle instability: An ultrasound imaging study. *Gait Posture*. 2019 jun;71:7-13.
29. Consort-statement.org [Internet]. Ottawa: Consolidated Standards of Reporting Trials [Citado 2022 may 30] Disponible en: <http://www.consort-statement.org>
30. Webster KA, Gribble PA. A comparison of electromyography of gluteus medius and maximus in subjects with and without chronic ankle instability during two functional exercises. *Phys Ther Sport*. 2013 feb;14(1):17-22.
31. O'Sullivan K, Smith SM, Sainsbury D. Electromyographic analysis of the three subdivisions of gluteus medius during weight-bearing exercises. *Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol*. 2010 jul; 12(2):17.
32. Cook G, Burton L, Hoogenboom BJ, Voight M. Functional movement screening: the use of fundamental movements as an assessment of function - part 1. *Int J Sports Phys Ther*. 2014 may;9(3):396-409.
33. Cruz-Díaz D, Hita-Contreras F, Lomas-Vega R, Osuna-Pérez MC, Martínez-Amat A. Cross-cultural adaptation and validation of the Spanish version of the Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT): an instrument to assess unilateral chronic ankle instability. *Clin Rheumatol*. 2013 ene;32(1):91-98.
34. Cruz D. Inestabilidad crónica de tobillo: tratamiento mediante movilizaciones articulares y un programa de entrenamiento propioceptivo. Validación de la versión española del cuestionario "Cumberland ankle instability tool" [tesis]. Jaén (ESP): Universidad de Jaén; 2013 may 30:47-49.
35. Cerdá E. Validez y fiabilidad de diferentes protocolos de evaluación de la fuerza isométrica en la musculatura abductora de cadera con el uso de un dinamómetro electromecánico funcional usando diferentes métodos de normalización [tesis]. Granada (ESP): Universidad de Granada; 2018.
36. Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles [Internet]. Enschede: The Project; [citado 2022 ene 30]. Recommendations for inter electrode distance; [aprox. 2 pantallas]. Disponible en: <http://seniam.org/>
37. BTS Bioengineering Corporation [Internet]. Quincy: The Corporation; [citado 2022 ene 30]. FREEEMG Surface electromyography device with wireless probes for the dynamic analysis of muscle activity; [aprox. 1 pantalla]. Disponible en: <https://www.btsbioengineering.com/products/freeemg-surface-emg-semg/>

- 38.** Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles [Internet]. Enschede: The Project; [citado 2021 dic 30]. Recommendations for sensor locations in hip or upper leg muscles - Gluteus Maximus; [aprox. 3 pantallas]. Disponible en: <http://seniam.org/gluteusmaximus.html>
- 39.** Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles [Internet]. Enschede: The Project; [citado 2021 dic 30]. Recommendations for sensor locations in hip or upper leg muscles - Gluteus Medius; [aprox. 3 pantallas]. Disponible en: <http://seniam.org/gluteusmedius.html>
- 40.** Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles [Internet]. Enschede: The Project; [citado 2021 dic 30]. Recommendations for sensor locations in lower leg and foot muscles- Tibialis Anterior; [aprox. 3 pantallas]. Disponible en: <http://seniam.org/tibialisanterior.html>
- 41.** Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles [Internet]. Enschede: The Project; [citado 2021 dic 30]. Recommendations for sensor locations in lower leg and foot muscles- Peroneus Longus; [aprox. 3 pantallas]. Disponible en: <http://seniam.org/peroneuslongus.html>
- 42.** Romera L, Orfila F, Segura JM, Ramirez A, Möller M, Fabra ML, et al. Effectiveness of a primary care based multifactorial intervention to improve frailty parameters in the elderly: a randomised clinical trial: rationale and study design. *BMC Geriatr.* 2014 nov 27;125(14).
- 43.** Swearingen J, Lawrence E, Stevens J, Jackson C, Waggy C, Davis DS. Correlation of single leg vertical jump, single leg hop for distance, and single leg hop for time. *Phys Ther Sport.* 2011 nov;12(4):194-198.
- 44.** Maulder P, Cronin J. Horizontal and vertical jump assessment: reliability, symmetry, discriminative and predictive ability. *Phys Ther Sport.* 2005 may;6(2):74-82.
- 45.** Boren K, Conrey C, Le Coguic J, Paprocki L, Voight M, Robinson TK. Electromyographic analysis of gluteus medius and gluteus maximus during rehabilitation exercises. *Int J Sports Phys Ther.* 2011 sep;6(3):206-223.
- 46.** Macadam P, Cronin J, Contreras B. An examination of the gluteal muscle activity associated with dynamic hip abduction and hip external rotation exercise: a systematic review. *Int J Sports Phys Ther.* 2015 oct;10(5):573-591.
- 47.** Bishop BN, Greenstein J, Etnoyer-Slaski JL, Sterling H, Topp R. Electromyographic Analysis of Gluteus Maximus, Gluteus Medius, and Tensor Fascia Latae During Therapeutic Exercises With and Without Elastic Resistance. *Int J Sports Phys Ther.* 2018 ago;13(4):668-675.

48. Neto WK, Soares EG, Vieira TL, Aguiar R, Andrade TC, Sampaio VL, et al. Gluteus Maximus Activation during Common Strength and Hypertrophy Exercises: A Systematic Review. *J Sports Sci Med*. 2020 mar; 19(1): 195–203.
49. Macadam P, Feser EH. Examination of gluteus maximus electromyographic excitation associated with dynamic hip extension during body weight exercise: a systematic review. *Int J Sports Phys Ther*. 2019;14(1):14-31.
50. Domingo D. Entrenamiento de la Fuerza. 2ª edición. Madrid: Ediciones tutor; 2018.
51. Institut Hospital del Mar d'Investigacions Mèdiques [Internet]. Barcelona: [actualizado abr 2012; citado 01 jun 2022]. Calculadora de Grandària Mostral GRANMO; [aprox. 3 pantallas]. Disponible en: <https://www.imim.es/ofertadeserveis/software-public/granmo/>
52. Padua E, D'Amico AG, Alashram A, Campoli F, Romagnoli C, Lombardo M, et al. Effectiveness of Warm-Up Routine on the Ankle Injuries Prevention in Young Female Basketball Players: A Randomized Controlled Trial. *Medicina (Kaunas)*. 2019 oct 16;55(10):690.
53. Asimena G, Paraskevi M, Polina S, Anastasia B, Kyriakos T, Georgios G. Aquatic training for ankle instability. *Foot Ankle Spec*. 2013 oct;6(5):346-351.

Anexo 1

HOJA DE INFORMACIÓN AL PARTICIPANTE

Naturaleza del Proyecto

El Proyecto de Investigación por el que pedimos su participación tiene por título “**Activación de la musculatura glútea para mejorar la estabilidad de tobillo: ensayo clínico controlado**”. El objetivo del estudio es. Se estima que el estudio tenga una duración de 12 meses.

Los investigadores responsables de este estudio pertenecen a la Unidad de Fisioterapia de la Universidad Rovira i Virgili.

Procedimientos

La participación en el estudio consiste en:

- Permitir que los investigadores puedan conocer y trabajar con datos como la edad, el peso, la altura, el índice de masa corporal.
- Responder a unos cuestionarios sobre la estabilidad de tobillo y disfunción de tobillo.
- Realizar unas pruebas específicas físicas para valorar la fuerza muscular, la estabilidad de tobillo y salto.
- Realizar un programa de ejercicio terapéutico de 10 minutos de duración máxima.

Todos los datos recogidos para la investigación se guardan informatizados en unos ficheros especialmente diseñados para la Investigación y en ninguno de ellos aparece ni el nombre ni ningún dato que pueda identificarlo. Para ello se asignará un código a cada participante que acepte participar de forma voluntaria, que sólo conocerá el investigador principal. Los documentos se guardarán en espacios de la URV donde sólo el equipo investigador puede acceder.

Beneficios y Riesgos

El beneficio del estudio es demostrar que la activación de la musculatura glútea mejora la estabilidad de tobillo en personas con inestabilidad de tobillo. A largo plazo se podrían implementar estos ejercicios en los programas de rehabilitación, readaptación y prevención. Este estudio puede contribuir a formar parte de una publicación científica, pero en ningún caso usted como participante recibirá ninguna remuneración económica.

El estudio, aparte de las molestias ocasionadas por la realización de las pruebas y ejercicios, no presenta ningún riesgo.

Garantía de Participación voluntaria

Los investigadores le garantizamos que sea cual sea su decisión respecto a la participación del proyecto, su trato por parte del personal de la Universidad no se verá afectado. Además, en el caso de que acepte participar, le informamos que se puede retirar en cualquier momento sin tener que dar explicaciones pero, en este caso, sus datos no podrán eliminarse, aunque deje de participar en el estudio, para garantizar la validez de los resultados.

Confidencialidad

Toda la información recopilada sobre las personas participantes en el marco de este estudio se mantendrá estrictamente confidencial y con aplicación de las correspondientes medidas de seguridad que garanticen, además de su confidencialidad, su integridad, disponibilidad, autenticidad y trazabilidad.

Los datos personales recogidos para el estudio estarán identificados mediante un código y sólo el investigador principal o sus colaboradores podrán relacionar estos datos con los participantes. Nunca se identificará a las personas participantes en ningún informe, presentación ni publicación que surja de este estudio. Por lo tanto, su identidad no será revelada a ninguna persona excepto cuando sea

requerido por el Comité de Ética al que se somete el estudio con el fin de comprobar los datos y procedimientos del estudio.

Para el tratamiento de los datos se utilizarán los sistemas de información propios de la *Universitat Rovira i Virgili* instalados en su red informática aplicándose las medidas de seguridad de la información establecidas por el Real Decreto 3/2010 que regula el Esquema Nacional de Seguridad. Concretamente, los datos se recogerán a través de formularios y cuestionarios anónimos (se utilizarán códigos de identificación que no permitan identificar al participante), y se introducirán en el sistema de información, en carpetas especialmente diseñadas para la Investigación y en ninguna de ellas aparecerá ni el nombre ni ningún dato que pueda identificarlo. Posteriormente, para analizar los datos se utilizará el programa *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)*.

El personal investigador del estudio se compromete a cumplir la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales, además del Reglamento (UE)n.º 2016/679, del Parlamento europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016, relativo a la protección de las personas físicas en cuanto al tratamiento de datos personales, y firmará un compromiso de participación y confidencialidad.

La finalidad del tratamiento de los datos es la participación en el estudio en base al consentimiento de la persona participante. La persona participante también puede dar el consentimiento para la reutilización de los datos para estudios futuros que estén relacionados.

La persona participante podrá interrumpir su participación en el estudio o estudios futuros relacionados retirando su consentimiento en cualquier momento, sin que sea necesaria su justificación. En este caso, los datos no se podrán eliminar para garantizar la validez de los resultados y cumplir con las obligaciones legales aplicables en el estudio, pero sí que quedarán codificadas de forma que no sea posible vincularlas a su persona.

Preguntas

Llegados a ese punto, le damos la oportunidad de que, si no lo ha hecho antes, haga preguntas. Le responderemos lo mejor que podamos.

Proyectos de investigación de la URV. Información ampliada de protección de datos

En conformidad con el que dispone la legislación vigente en materia de protección de datos aplicable en la Universidad Rovira i Virgili (URV) y publicada en el apartado "Legislación aplicable" del espacio "Protección de datos de carácter personal" de la Sede Electrónica (<https://seuelectronica.urv.cat/rgpd/>), se pone en conocimiento de las personas interesadas (fisioterapeutas) la siguiente información:

a) ¿Quién es el responsable del tratamiento de sus datos?

Identificación	Universitat Rovira i Virgili CIF: Q9350003A
Dirección Postal	Carrer de l'Escorxador, s/n 43003 Tarragona
Datos de contacto de los Delegados de protección de datos	Delegats de protecció de dades de la URV Correu electrònic: dpd@urv.cat

b) ¿Qué datos personales tratamos y con qué finalidad?

Los datos personales son tratados con el fin de participar en el proyecto de investigación

Activación de la musculatura glútea para mejorar la estabilidad de tobillo: ensayo clínico controlado, en los términos que se describen en la hoja de información al participante. En el supuesto de que el estudio prevea la publicación, difusión y reutilización de los resultados obtenidos incluyendo

datos personales, los datos personales serán utilizadas para esta finalidad siempre que el interesado haya otorgado su consentimiento.

c) ¿A qué destinatarios se comunicarán sus datos?

En el marco del tratamiento mencionado, sus datos no se cederán a terceros salvo que exista obligación legal o se indique expresamente en la hoja de información al participante.

d) ¿Cuál es la legitimación para tratar sus datos?

La legitimación de este tratamiento se basa en el consentimiento que de la persona interesada de forma expresa.

e) ¿Qué medidas de Seguridad aplicamos en el tratamiento de sus datos?

La Universidad se responsabiliza de aplicar las medidas de seguridad y el resto de obligaciones derivadas de la legislación de protección de datos de carácter personal de acuerdo con el Esquema Nacional de Seguridad, Real Decreto 3/2010.

En este sentido, La Universitat Rovira i Virgili se ha dotado de una Política de Seguridad que puede ser consultada a la sección sobre “Legislación y normativa” de la página web de la Universidad dentro de “Normativa propia” y “Otras normas”, <http://www.urv.cat/ca/universitat/normatives/altres-normes/>.

Adicionalmente, en la Hoja de información al participante se concretan algunas medidas de seguridad específicas que se tendrán en cuenta durante la realización del estudio.

f) ¿Cuáles son los derechos interesados?

El interesado tiene derecho a acceder a sus datos personales, a pedir la rectificación de los datos inexactos, a solicitar la cancelación y supresión, y a oponerse al tratamiento, incluido la elaboración de perfiles, a limitar hasta una fecha determinada el tratamiento de sus datos y a la portabilidad de las mismas, en formato electrónico.

La persona participante puede interrumpir su participación en el estudio retirando su consentimiento en cualquier momento, sin dar explicaciones. En este caso, los datos no se podrán eliminar para garantizar la validez de los resultados y cumplir con las obligaciones legales aplicables en el estudio, pero no será posible vincularlas a su persona. Podrá ejercer los derechos de acceso, rectificación, cancelación, oposición, limitación y portabilidad mediante comunicación escrita, detallando motivadamente la solicitud, dirigida al Registro General (C/Matadero, s/n, 43003 de Tarragona) o mediante su presentación al Registro General de la Universidad, presencialmente o telemática, según se indica a <https://seuelectronica.urv.cat/registre.html>.

Así mismo, le informamos que tiene derecho a presentar una reclamación ante la Autoridad Catalana de Protección de Datos mediante el mecanismo que establezca. Puede consultar más información en <https://apdcat.gencat.cat/ca/inici>

Finalmente, le informamos que podrá solicitar información relacionada con la protección de datos personales mediante correo electrónico a nuestros delegados de protección de datos en la dirección del dpd@urv.cat

a) ¿Cuánto tiempo conservaremos sus datos?

El periodo de conservación de los datos es de 5 años una vez finalizado el estudio, salvo que la hoja de información al participante establezca un periodo diferente. En cualquier caso, se conservarán los datos hasta la revocación del consentimiento por parte de la persona interesada.

Anexo 2

HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título del estudio: Activación de la musculatura glútea para mejorar la estabilidad de tobillo: ensayo clínico controlado.

Datos de contacto del investigador principal:

Nombre: Cristina Adillón Camón

Dirección postal completa: Centro Tecnológico de Nutrición y Salud (CTNS), Avd Universidad 1, 43204 Reus (Tarragona)

Tel. (fijo o móvil): (34) 977 77 99 40

Grupo de investigación: *Exercise as health*

Yo con DNI.....:

- He leído la hoja de información al participante sobre el estudio del cual se me ha entregado una copia.
- He podido hacer preguntas y resolver mis dudas sobre el estudio y mi participación.
- Comprendo mi participación en el estudio de acuerdo con aquello expresado en la hoja de información al participante sobre el estudio y de las respuestas a mis preguntas, así como los riesgos y beneficios que comporta.
- Acepto que mi participación es voluntaria y doy libremente mi conformidad para participar en el estudio.
- Conozco que me puedo retirar en cualquier momento de la participación en el estudio sin que esto me pueda causar ningún perjuicio.
- Estoy informado sobre el tratamiento que se realizará de mis datos personales.
- Doy mi consentimiento para el acceso y utilización de mis datos en las condiciones detalladas a la hoja de información al participante sobre el estudio.

Sí No

- Doy mi consentimiento para la difusión de mis datos personales junto con la publicación de los resultados del estudio.

Sí No

- Una vez finalizada la investigación, es posible que los datos obtenidos sean de interés para otros estudios relacionados. En relación con esto, se ofrecen las siguientes opciones:

NO autorizar el uso de sus datos en otros proyectos de investigación relacionados.

SÍ autorizar el uso de sus datos en otros proyectos de investigación relacionados.

Y para expresar este consentimiento, el participante firma en fecha..... y lugar esta hoja de consentimiento:

Firma del participante.....

Y para expresar este consentimiento, el representante legal del participante firma en fecha..... y lugar..... esta hoja de consentimiento.

Nombre del representante legal.....

Relación del representante legal con el participante.....

Firma del representante legal

INFORMACIÓN DE PROTECCIÓN DE DATOS PERSONALES	
Responsable	El responsable del tratamiento de sus datos personales es la Universidad Rovira i Virgili con CIF Q9350003A y con domicilio fiscal en calle del Escorxador, s/n, 43003 de Tarragona.
Finalidad	Participar en el proyecto de investigación en los términos que se describen en la hoja de información al participante. En el caso de que el estudio prevea la publicación, difusión y reutilización de los resultados obtenidos incluyendo datos personales, los datos personales serán utilizadas para esta finalidad siempre que el interesado haya otorgado su consentimiento.
Derechos	Puede ejercer los derechos de acceso, rectificación, supresión, portabilidad, limitación u oposición en el tratamiento, mediante un escrito dirigido al Registro General de la URV en la misma dirección del domicilio fiscal o mediante su presentación al Registro General de la Universidad, presencialmente o telemática, según se indica https://seuelectronica.urv.cat/registre.html .
Información adicional	Puede consultar información adicional sobre este tratamiento de datos personales denominado Proyectos de investigación de la URV y sus derechos al Registro de Actividades del Tratamiento de la URV publicado a https://seuelectronica.urv.cat/rgpd donde también se puede consultar la Política de Privacidad de la URV. Así mismo, puede consultar esta información a la Hoja de información al participante sobre el estudio. Adicionalmente, puede dirigir a nuestros delegados de protección de datos cualquier consulta sobre protección de datos personales en la dirección de correo electrónico del dpd@urv.cat

Anexo 3:

CAIT

ID:

Por favor, marque en cada pregunta la ÚNICA afirmación	IZQUIERDA	DERECHA
1. Tengo DOLOR en el tobillo: a. Nunca. b. Durante/cuando hago deporte. c. Corriendo en superficies irregulares. d. Corriendo en superficies niveladas. e. Caminando/andando en superficies irregulares. f. Caminando/andando en superficies niveladas.	a. <input type="checkbox"/> b. <input type="checkbox"/> c. <input type="checkbox"/> d. <input type="checkbox"/> e. <input type="checkbox"/> f. <input type="checkbox"/>	a. <input type="checkbox"/> b. <input type="checkbox"/> c. <input type="checkbox"/> d. <input type="checkbox"/> e. <input type="checkbox"/> f. <input type="checkbox"/>
2. Siento el tobillo INESTABLE: a. Nunca. b. Algunas veces durante la práctica de deporte (no siempre). c. Frecuentemente durante la práctica de deporte (siempre). d. Algunas veces durante la actividad diaria. e. Frecuentemente durante la actividad diaria.	a. <input type="checkbox"/> b. <input type="checkbox"/> c. <input type="checkbox"/> d. <input type="checkbox"/> e. <input type="checkbox"/>	a. <input type="checkbox"/> b. <input type="checkbox"/> c. <input type="checkbox"/> d. <input type="checkbox"/> e. <input type="checkbox"/>
3. Cuando hago giros bruscos, el tobillo se siente INESTABLE: a. Nunca. b. Algunas veces cuando corro. c. A menudo cuando corro. d. Cuando camino/ando.	a. <input type="checkbox"/> b. <input type="checkbox"/> c. <input type="checkbox"/> d. <input type="checkbox"/>	a. <input type="checkbox"/> b. <input type="checkbox"/> c. <input type="checkbox"/> d. <input type="checkbox"/>
4. Cuando bajo las escaleras, el tobillo se siente INESTABLE: a. Nunca. b. Si voy rápido. c. Ocasionalmente. d. Siempre.	a. <input type="checkbox"/> b. <input type="checkbox"/> c. <input type="checkbox"/> d. <input type="checkbox"/>	a. <input type="checkbox"/> b. <input type="checkbox"/> c. <input type="checkbox"/> d. <input type="checkbox"/>
5. Siento el tobillo INESTABLE cuando me apoyo sobre una pierna: a. Nunca. b. Sobre el pulpejo del pie. c. Con el pie plano (completamente apoyado).	a. <input type="checkbox"/> b. <input type="checkbox"/> c. <input type="checkbox"/>	a. <input type="checkbox"/> b. <input type="checkbox"/> c. <input type="checkbox"/>
6. El tobillo se siente INESTABLE cuando: a. Nunca. b. Doy saltos pequeños de un lado al otro. c. Doy saltos pequeños sobre un mismo punto. d. Cuando salto.	a. <input type="checkbox"/> b. <input type="checkbox"/> c. <input type="checkbox"/> d. <input type="checkbox"/>	a. <input type="checkbox"/> b. <input type="checkbox"/> c. <input type="checkbox"/> d. <input type="checkbox"/>
7. El tobillo se siente INESTABLE cuando: a. Nunca. b. Cuando corro sobre superficies irregulares. c. Cuando corro suave /trote sobre superficies irregulares. d. Cuando camino sobre superficies irregulares. e. Cuando camino sobre una superficie plana.	a. <input type="checkbox"/> b. <input type="checkbox"/> c. <input type="checkbox"/> d. <input type="checkbox"/> e. <input type="checkbox"/>	a. <input type="checkbox"/> b. <input type="checkbox"/> c. <input type="checkbox"/> d. <input type="checkbox"/> e. <input type="checkbox"/>
8. TÍPICAMENTE, cuando se me empieza a torcer el tobillo, puedo pararlo: a. Inmediatamente. b. A menudo. c. Algunas veces. d. Nunca. e. Nunca me he doblado el tobillo.	a. <input type="checkbox"/> b. <input type="checkbox"/> c. <input type="checkbox"/> d. <input type="checkbox"/> e. <input type="checkbox"/>	a. <input type="checkbox"/> b. <input type="checkbox"/> c. <input type="checkbox"/> d. <input type="checkbox"/> e. <input type="checkbox"/>
9. Después del TÍPICO incidente de doblar el tobillo, el tobillo /éste vuelve a la "normalidad": a. Casi inmediatamente. b. En menos de un día. c. 1-2 días. d. Más de 2 días. e. Nunca me he doblado el tobillo.	a. <input type="checkbox"/> b. <input type="checkbox"/> c. <input type="checkbox"/> d. <input type="checkbox"/> e. <input type="checkbox"/>	a. <input type="checkbox"/> b. <input type="checkbox"/> c. <input type="checkbox"/> d. <input type="checkbox"/> e. <input type="checkbox"/>