

Facultade de Enfermaría e Podoloxía



TRABALLO DE FIN DE GRAO EN PODOLOXÍA

Curso académico 2022 / 23

Estudio de la relación entre el grosor de la fascia plantar y el grosor del tendón de Aquiles, y sus variables relacionadas

Carmen Paris González

Director(es):

- **Francisco Alonso Tajés**
- **Laura Delgado Lobete**

Gracias a mis padres y a mi hermano, por ser siempre el punto de apoyo con el que podía contar para recobrar fuerzas y continuar con el camino.

Gracias a mis tutores Francisco y Laura por ayudarme y guiarme, y a Sergio Pérez por la colaboración con el estudio ecográfico.

Índice

1. Resumen estructurado.....	5
1.1. Introducción.....	5
1.2. Objetivos.....	5
1.3. Metodología.....	5
1.4. Resultados.....	5
1.5. Conclusiones.....	6
2. Siglas y acrónimos.....	7
3. Introducción.....	8
3.1. Anatomía de la fascia plantar.....	10
3.2. Anatomía del tendón de Aquiles.....	11
3.3. Prueba de diagnóstico por imagen: Ecografía.....	12
4. Justificación del estudio.....	14
5. Objetivos.....	14
6. Hipótesis.....	15
7. Metodología.....	16
7.1. Búsqueda bibliográfica.....	16
7.2. Diseño del estudio.....	17
7.3. Estimación del tamaño muestral.....	17
7.4. Variables de estudio.....	18
7.4.1. Test de Lunge.....	18
7.4.2. Foot Posture Index.....	19
7.5. Protocolo de recogida de datos.....	20
7.6. Análisis estadístico.....	25
7.7. Aspectos éticos.....	25
8. Resultados.....	27
8.1. Características de los participantes.....	27
8.2. Relación entre las variables principales.....	30
9. Discusión.....	34
9.1. Limitaciones del estudio.....	35
10. Conclusiones.....	36
11. Bibliografía.....	37
12. Anexos.....	39

12.1. Documento de información general sobre el estudio, compromiso de confidencialidad y consentimiento informado.....	39
12.2. Cuestionario On-Line	44
12.3. Cuestionario Foot Posture Index utilizado en la CUP.....	46

1. Resumen estructurado

1.1. Introducción

La fascia plantar y el tendón de Aquiles desempeñan un papel fundamental en la distribución de las cargas del pie, en la absorción del impacto y el mantenimiento de la bóveda plantar durante la marcha. Ambas estructuras trabajan juntas para controlar los movimientos del pie y lesiones o debilidades en una de ellas pueden afectar la función de la otra, causando dolor y disfunción.

En términos de tratamiento clínico, se considera que la fascia plantar y el tendón de Aquiles están conectados mecánicamente, por lo que con ayuda de mediciones ecográficas del grosor y clasificaciones clínicas evaluaremos las posibles relaciones anatómicas y funcionales entre dichas estructuras.

1.2. Objetivos

El objetivo principal de este estudio es la determinación de la relación entre las variaciones de grosor de la fascia plantar y las variaciones de grosor del tendón de Aquiles en población joven entre 20 y 50 años.

1.3. Metodología

Estudio observacional transversal con metodología de tipo cuantitativa, en el que participaron un total de 35 sujetos situados en un rango de edad comprendido entre los 20 y 50 años, pertenecientes al tercer curso del grado de Podología de la Universidade da Coruña.

Las variables principales de estudio son las variaciones de grosor de la fascia plantar y del tendón de Aquiles, medidas mediante pruebas ecográficas.

1.4. Resultados

En el pie derecho el valor del coeficiente de correlación de Pearson (r) es 0,196 ($r = 0,196$)

por lo que no podemos decir que la relación no se debe al azar ya que no existe una correlación estadísticamente significativa porque la significación es menor de 0,5 ($p = 0,252$), y en cuanto la fuerza de la correlación es considerada como muy débil o irrelevante, ya que (r) es menor a 0,200. En el caso del pie izquierdo, el cual presenta un valor de coeficiente de correlación de Pearson (r) de 0,264 ($r = 0,264$), se dedujo que la relación de las variaciones entre fascia plantar y tendón de Aquiles de este miembro tampoco se debe al azar ya que no existe una correlación estadísticamente significativa porque la significación es menor de 0,5 ($p = 0,120$), y la fuerza de la correlación es considerada débil.

1.5. Conclusiones

No existe una correlación estadísticamente significativa entre las variaciones de grosor de la fascia plantar y el tendón de Aquiles en esta muestra de estudio. No se ha encontrado relación entre las características morfoestructurales clasificadas con el FPI y las variaciones de grosor de las respectivas estructuras anatómicas. No existe relación entre las variaciones de grosor de las respectivas estructuras anatómicas y la limitación de la funcionalidad de la articulación TPA medida a través del test de Lunge.

2. Siglas y acrónimos

CCA	Cadena cinética abierta
CCC	Cadena cinética cerrada
FP	Fascia plantar
FPI	Foot Posture Index
SACP	Sistema Aquileo-calcáneo-plantar
TA	Tendón de Aquiles
TPA	Articulación tbioperonea-astragalina

3. Introducción

La fascia plantar (FP) y el tendón de Aquiles (TA) son dos estructuras independientes. La primera es una banda gruesa de tejido conectivo que se extiende desde el hueso calcáneo hasta la base de la falange proximal, cuya función principal es mantener el arco del pie y proporcionar soporte estructural al pie durante la marcha y otras actividades. Por su parte, el tendón de Aquiles es el tendón más grande y fuerte del cuerpo humano, cuya función principal es realizar la flexión plantar del pie y la extensión del tobillo. Se localiza en la parte posterior del tobillo y conecta el músculo gastrocnémico con el calcáneo.

No obstante, gracias a estudios de disección en cadáveres se observó la existencia de trabéculas alineadas muy irregulares en el periostio del calcáneo, que parece recibir fibras del TA y de la FP, describiendo una vaga conexión morfológica entre ambos ⁽¹⁾. Se cree que la orientación de dichas trabéculas está íntimamente relacionada con el curso de haces de fibras de colágeno de la FP y del TA ⁽¹⁾. Estos hallazgos plantearon la cuestión de si TA y FP son estructuras que se insertan por separado y se conectan en el calcáneo desde dos extremos, o en cambio son una misma estructura de colágeno que se divide tras la osificación del calcáneo a lo largo de la vida y finalmente permite un aprovechamiento más eficiente de la energía durante los movimientos de empuje en la marcha ⁽¹⁾. Estudios embriológicos demostraron una continuidad entre las fibras del TA y las de la FP a través del pericondrio engrosado en la parte posterior del cuerpo principal del calcáneo. Dicha continuidad se cree que se mantiene hasta los 7 años, momento en el que comienza a surgir el segundo centro de osificación en el interior de dichas fibras que conectas ambas estructuras ⁽²⁾. Tras estos estudios, nace el concepto de sistema o complejo Aquiles-calcáneo-plantar (SACP) (*Imagen 1*), descrito como la conexión funcional entre el TA, la FP y los flexores cortos del pie por medio del sistema trabecular posterior del calcáneo, descritas anteriormente. El SACP funcionaría como un punto de confluencia en la transmisión de fuerzas desde el TA hacia los músculos intrínsecos del pie ⁽²⁾.



Imagen 1. Complejo o sistema Aquiles-calcáneo-plantar ⁽¹⁾

A pesar de su independencia anatómica, la FP y el TA juegan un papel conjunto fundamental en la mecánica del pie, concretamente en la distribución de las cargas de este, en la absorción del impacto mecánico, y en la estabilidad y la biomecánica de este y del tobillo durante la marcha y otras actividades ⁽³⁾. Una de sus labores conjuntas principales consiste en el control de la pronación y la supinación del pie durante la marcha. Durante el contacto talón-suelo, las fuerzas de reacción actúan principalmente sobre el retropié. En este punto de la marcha, no existe prácticamente ninguna fuerza de reacción en el antepié. Al continuar con la biomecánica, durante la fase media de apoyo, las fuerzas de reacción comienzan a actuar también en el antepié y a medida que avanza el paso, el gastrocnemio se va activando, lo que se traduce en un aumento de la tensión en el TA. Poco a poco, la fascia se va tensionando para evitar el colapso del arco del pie por el aumento de las presiones en esta zona. La tensión de los gastrocnemios aumenta creando un momento de flexión plantar de la articulación tibioperonea-astragalina, acompañado de una flexión dorsal del antepié. Es en este punto cuando la fascia adquiere el punto máximo de fuerza tensional, y es cuando comienza la fase de propulsión, momento en donde se hace más evidente la conexión entre gastrocnemios y FP (*Imagen 2*) ⁽²⁾.

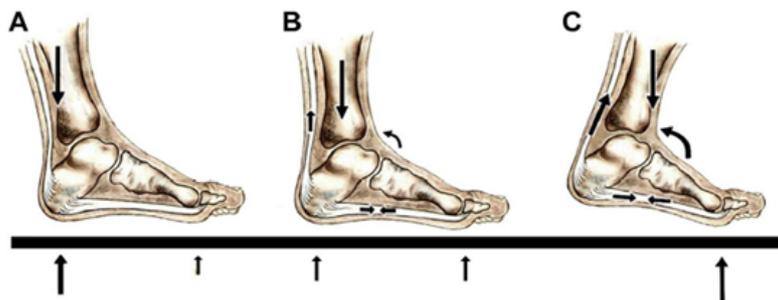


Imagen 2. Diagrama del pie (sagital) en fase de apoyo del ciclo de la marcha en condiciones normales ⁽²⁾

Teniendo en cuenta su labor mecánica conjunta, cabría esperar que la lesión o debilitación de uno de ellos pudiera afectar a la función del otro y provocar dolor y disfunción en el pie y el tobillo. Es por ello por lo que en la actualidad los tratamientos para procesos clínicos de la FP y del TA se tratan, precisamente, partiendo de la premisa de que ambas estructuras se encuentran conectadas mecánicamente ⁽³⁾. Con el estiramiento simultáneo se conseguiría una mayor tensión, lo que provocaría un aumento de la flexibilidad y del rango de movimiento de las estructuras implicadas, obteniendo una mayor tolerancia al estiramiento y disminución del dolor ⁽⁴⁾.

La relevante labor cooperativa de la FP y el TA, así como el hecho de que los tratamientos los tengan en cuenta de manera conjunta es un punto de partida suficientemente potente como para justificar el desarrollo de estudios clínicos al respecto. Sin embargo, una revisión de la literatura existente dio como resultado una ausencia o escasez de estudios que expliquen la relación entre los cambios de grosor de ambas estructuras, y a su vez lo relacionasen con diferentes variables clínicas como puede ser la funcionalidad de la articulación tibioperonea astragalina medida mediante el test de Lunge, o la clasificación morfoestructural de los pies según el Foot Posture Index. Esta laguna de conocimiento observada en la comunidad científica es el punto de partida que motiva la presente investigación.

3.1. Anatomía de la fascia plantar

La fascia plantar es una banda densa de tejido conectivo que se origina en la tuberosidad de calcáneo y discurre a lo largo de la planta del pie dividiéndose en varias tiras, las cuales

tienen su inserción en la base de las falanges proximales de los dedos, por la placa plantar ⁽²⁾. Consta de tres bandas principales: lateral, central y medial. Se extiende por debajo de la superficie plantar del músculo abductor del 5º dedo (banda lateral), del músculo flexor corto de los dedos (banda central) y del músculo abductor del hallux ⁽⁵⁾.

Es una de las principales estructuras estabilizadoras del arco longitudinal del pie, junto con los ligamentos plantares ⁽⁴⁾. A mayores, actúa de protectora de las estructuras nerviosas, vasculares y osteomusculares que se encuentran por debajo. Su inflamación es denominada fascitis plantar o, en caso de cronificación de este estado patológico, “fasciosis plantar”. En casos de sollicitación excesiva o de estrés repetitivo y anormal sobre la FP y su inserción en el calcáneo, pueden provocar dicha inflamación y lesiones.

Existen condiciones morfológicas que predisponen a la FP del individuo a padecer situaciones de mayor tensión, como es el caso del peso, de una pronación excesiva, de un aplanamiento de las estructuras del pie, de un retropié valgo, ... ⁽⁴⁾. Un grosor mayor de 4,0 mm de la FP en una medición ecográfica es diagnóstico de fascitis plantar ⁽⁶⁾. A mayores, a nivel ecográfico consideramos diagnóstico de engrosamiento focal una pérdida del patrón fibrilar, la presencia de derrame perifascial y, en algunas ocasiones, irregularidades en la cortical del calcáneo. En algunos casos con el uso del eco Doppler, tanto en la fascia como en los tejidos circundantes, se pueden observar un aumento del calibre de los vasos sanguíneos derivado del incremento de la cantidad de sangre en dicho vaso (hiperemia) ⁽⁷⁾.

3.2. Anatomía del tendón de Aquiles

El tendón de Aquiles es un tendón formado por la unión de los tendones de los músculos sóleo y gastrocnemio. Se inserta sobre el tercio distal y medial del aspecto posterior del calcáneo; y algunas fibras se continúan plantarmente para insertarse a nivel de la aponeurosis ⁽⁸⁾. Se encuentra rodeado por estructura llamada paratendón, y no por una verdadera vaina sinovial. El paratendón está formado por tejido conectivo laxo, que es responsable de la mayor parte de la vascularización del tendón. Existe un área, a unos 2-6 cm de inserción calcánea, donde dicha vascularización está disminuida lo que provoca que esta zona sea más sensible a procesos degenerativos y lesiones.

En la zona de inserción, el TA se encuentra entre dos bursas, las cuales tienen la función

de protegerlo frente posibles fuerzas de fricción. Anteriormente al tendón y posterior a la grasa de Kagner se encuentra la bursa retrocalcánea, que evita la fricción con el hueso calcáneo. Posteriormente al tendón, en el tejido subcutáneo que se encuentra entre la piel y el tendón, se localiza la bursa retroaquílea que evita la fricción con el calzado ⁽⁹⁾.

Su función principal es la de transmitir las fuerzas de los músculos del compartimento posterior de la pierna a los huesos y FP.

La unión miotendinosa y la unión osteotendinosa son con frecuencia puntos críticos o vulnerables donde se desarrollan lesiones. Una sobrecarga mecánica excesiva de esta estructura puede llegar a generar un estado patológico denominado tendinopatía aquilea. Esta es la tendinopatía más prevalente de la extremidad inferior, presentándose en el 5,9% de las personas sedentarias y en el 50% de los deportistas ⁽¹⁰⁾. Según su ubicación, esta patología puede clasificarse como tendinopatía de Aquiles de porción media (localizada entre 2 y 6 cm de la inserción del calcáneo) o como tendinopatía de inserción (localizada a 2 cm de la inserción del calcáneo). La tendinopatía es básicamente un diagnóstico clínico de dolor y disfunción debido a una lesión del tendón ⁽⁶⁾.

El espesor máximo del tendón se ha estimado en $6,3 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ en los adultos de 18 a 30 años, y de $6,9 \pm 1,0 \text{ mm}$ en los adultos mayores de 30 años ⁽⁸⁾.

Ecográficamente, en un corte longitudinal de un TA en condiciones normales se puede observar una capa fina y compactada de fibras paralelas que reflejan una ecogenicidad homogénea. El espesor de estas fibras es ligeramente más grueso en el extremo distal. En un corte transversal presenta una morfología redondeada y un patrón interno con características hiperecoicas ⁽⁸⁾.

3.3. Prueba de diagnóstico por imagen: Ecografía

La ultrasonografía es un método de imagen para el diagnóstico clínico no invasivo que utiliza ondas sonoras de alta frecuencia para producir imágenes que permiten la evaluación y la detección de cambios agudos y crónicos de estructuras de tejido blando, como es el caso de los músculos, tendones, ligamentos y aponeurosis ⁽⁶⁾. La medición de estas estructuras incluye la descripción del grosor, la hipoecogenicidad, la hiperecogenicidad y el estado del flujo sanguíneo con la modalidad Doppler ⁽¹¹⁾.

Es una técnica que se encuentra en constante evolución y cuenta con múltiples ventajas frente a otras pruebas diagnósticas, por ejemplo: accesibilidad, tiempo de escaneo corto, ausencia de radiación ionizante, bajo costo, repetibilidad, capacidad de imagen multiplanar, alta resolución, evaluación dinámica y eficacia como método guía para procedimientos invasivos ⁽¹²⁾.

4. Justificación del estudio

En relación con la relevancia científica, a pesar de la existencia de artículos basados en la relación de estas dos estructuras (fascia plantar y tendón de Aquiles), no existen resultados concluyentes sobre la acción que tiene una en la otra. Partiendo de esta situación, nace la motivación y la necesidad de profundizar en el conocimiento sobre la relación de la FP y del TA. El estudio pretende aportar nuevo conocimiento sobre la relación entre estas estructuras y los posibles beneficios del tratamiento conjunto de las patologías en las que se ven enlazadas o en las que pueden llegar a influir sin afectación directa.

En cuanto a la relevancia social, en caso de que este estudio determine la existencia de una relación entre la alteración de grosor del TA y FP, sugeriría que las pruebas clínicas ecográficas para el diagnóstico serían combinables.

5. Objetivos

Objetivo principal del estudio

Determinación de la relación entre las variaciones de grosor de la fascia plantar y del tendón de Aquiles en población de un rango de edad de entre 20 y 50 años.

Objetivos secundarios del estudio

- Analizar la relación entre las características morfoestructurales clasificadas con el FPI y las variaciones de grosor de la fascia plantar.
- Analizar la relación entre las características morfoestructurales clasificadas con el FPI y las variaciones de grosor del tendón de Aquiles.
- Identificar la relación entre la funcionalidad de la TPA medida mediante el test de Lunge y las variaciones de grosor de la fascia plantar.
- Identificar la relación entre la funcionalidad de la TPA medida mediante el test de Lunge y las variaciones de grosor del tendón de Aquiles.

6. Hipótesis

- **Hipótesis nula:** No existe relación entre las variaciones del grosor del tendón de Aquiles y la fascia plantar.
- **Hipótesis alternativa:** Existe un aumento del grosor de la fascia plantar cuando se produce un aumento del grosor del tendón de Aquiles.

- **Hipótesis nula:** No existe relación entre las variaciones de grosor de la fascia plantar y las características morfoestructurales de los pies clasificados con el FPI.
- **Hipótesis alternativa:** Existe relación entre las variables de grosor de la fascia plantar y las características morfoestructurales de los pies clasificados como “pronados” según el FPI.

- **Hipótesis nula:** No existe relación entre las variaciones de grosor del tendón de Aquiles y las características morfoestructurales de los pies clasificados con el FPI.
- **Hipótesis alternativa:** Existe relación entre las variaciones de grosor del tendón de Aquiles y las características morfoestructurales de los pies clasificados como “pronados” con el FPI.

- **Hipótesis nula:** No existe relación entre las variaciones de grosor de la fascia plantar y la funcionalidad de la articulación TPA medida con el test de Lunge.
- **Hipótesis alternativa:** Existe relación entre las variaciones de grosor de la fascia plantar y la funcionalidad de la articulación TPA medida con el test de Lunge.

- **Hipótesis nula:** No existe relación entre las variaciones de grosor del tendón de Aquiles y la funcionalidad de la articulación TPA medida con el test de Lunge.
- **Hipótesis alternativa:** Existe relación entre las variaciones de grosor del tendón de Aquiles y la funcionalidad de la articulación TPA medida con el test de Lunge.

7. Metodología

7.1. Búsqueda bibliográfica

La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo en las bases de datos científicas de Pubmed, Scopus y Google Scholar, utilizando los términos de búsqueda: “Fascia”, “Fasciitis, Plantar” “Achilles Tendon” “Ultrasonography” “Achilles tendon thickness” “Plantar fascia thickness” “Lunge test” “Foot Posture Index”.

Para combinar los términos de búsqueda se utilizó diferentes operadores booleanos, como “AND” u “OR”, dando como resultado la búsqueda con: (((“Fascia”[Mesh]) AND “Fasciitis, Plantar”[Mesh]) AND “Achilles Tendon”[Mesh]) AND (“Achilles Tendon/physiology”[Mesh] OR “Achilles Tendon/physiopathology”[Mesh]), (“Ultrasonography”[Mesh]) AND “Diagnostic Imaging”[Mesh]) AND “Achilles Tendon/diagnostic imaging”[Mesh].

Tras examinar los resúmenes de los artículos escogidos se descartaron varios por no cumplir con los requisitos del estudio. Se revisó la bibliografía de los artículos válidos y se incluyeron varios artículos nuevos que también cumplían los estándares de búsqueda.

Bases de datos	Pubmed, Google Scholar
Términos de búsqueda	“Fascia”, “Fasciitis, Plantar”, “Achilles Tendon”, “Ultrasonography”, “Achilles tendon thickness” “Plantar fascia thickness” “Lunge test” “Foot Posture Index”
Búsqueda con operadores booleanos	((("Fascia"[Mesh]) AND "Fasciitis, Plantar"[Mesh]) AND "Achilles Tendon"[Mesh]) AND ("Achilles Tendon/physiology"[Mesh] OR "Achilles Tendon/physiopathology"[Mesh]) ((“Ultrasonography”[Mesh]) AND “Diagnostic Imaging”[Mesh]) AND “Achilles Tendon/diagnostic imaging”[Mesh]
Resultados iniciales	Pubmed: 223 artículos Scopus: 121 artículos

Tabla 1. Esquema de la búsqueda bibliográfica del estudio

7.2. Diseño del estudio

Tipo de estudio

Estudio observacional transversal, con metodología de tipo cuantitativa

Ámbito de estudio

Estudiantes del grado de Podología, en el Campus de Ferrol de la Universidad de A Coruña, que tras exponer las condiciones del estudio y explicar las pruebas clínicas que se realizarían, aceptaron participar de manera voluntaria.

Período de estudio

El estudio se ha llevado a cabo durante los meses de marzo, abril y mayo de 2023.

Población de estudio

La muestra está formada por 35 estudiantes del tercer curso del grado de Podología pertenecientes a la promoción 2020 – 2024.

Las edades están comprendidas entre 20 y 50 años, incluyendo ambos sexos e incluyendo casos en los que se presente algún tipo de molestia en algunas de las estructuras de estudio.

Criterios de inclusión

Personas entre 20 y 50 años que consientan participar en el estudio.

Criterios de exclusión

Participantes que se encuentren en una situación patológica en alguna de las estructuras de estudio.

7.3. Estimación del tamaño muestral

Para estimar el tamaño muestral necesario para llevar a cabo nuestro estudio utilizaremos

el programa estadístico EPIDAT 3.1.

En el desplegable de “Coeficiente de Correlación” calculamos los datos con un nivel de confianza del 95%, con una potencia estadística del 90% y con un coeficiente de correlación a detectar de 0,600. El resultado obtenido será de un tamaño de muestra de 21 individuos.

7.4. Variables de estudio

Entre las variables que establecen el perfil de participante se encuentran la edad, el sexo, peso, talla, actividad deportiva y la posible presencia de patologías previas relacionadas con las estructuras de estudio.

Las variables de medición estaban formadas por la clasificación morfoestructural según la prueba clínica validada del FPI (*Anexo 12.3*), por la clasificación de la funcionalidad de la TPA en CCC mediante el test clínico de Lunge, las mediciones ecográficas del grosor de la fascia plantar y las mediciones ecográficas del grosor del tendón de Aquiles.

7.4.1. Test de Lunge

El Test de Lunge busca valorar el rango de movimiento de la articulación tibioperonea astragalina (TPA) en cadena cinética cerrada (CCC).

El rango de movimiento global de la TPA es de hasta 80°, de los cuales 20-30° son de flexión dorsal y 30-50° de flexión plantar; y solo 30° de este arco son necesarios para una marcha estable (10° de flexión dorsal y 20° de flexión plantar). La movilidad activa en cadena cinética cerrada (CCC) disminuye aproximadamente de 5°-10° en comparación con las mediciones en cadena cinética abierta (CCA) ⁽¹³⁾.

Para realizar la prueba, el participante debe colocarse en bipedestación, descalzo y en frente de una pared, pudiendo apoyar las manos en esta para adoptar una posición más estable.

El talón y el primer dedo se encontrarán alienados con una cinta métrica, inicialmente a una distancia de 10 cm y posteriormente a 5 cm hasta la pared.

Será necesario que los participantes realicen flexión de la rodilla de la pierna a estudiar hasta que llegue a contactar con la pared, evitando una elevación del talón a medida que se aproxime (*Imagen 3*). El resultado sería clasificado como positivo (+) en caso de que el paciente no consiguiese contactar con la pared, lo que indicaría un acortamiento del rango de movilidad de la TPA, o como negativo (-) en el caso de que sí hubiera la capacidad de llegar a aproximar el miembro inferior con la pared (a una distancia de 10 o 5 cm).



Imagen 3. Posición del participante en Test de Lunge ⁽¹³⁾

7.4.2. Foot Posture Index

El índice de postura del pie (FPI) es un método válido para cuantificar la postura del pie. Está dividido en seis criterios de observación basado en clasificaciones del estado del retropié y del antepié con una posición relajada del pie del participante. Estos criterios son: palpación de la cabeza del astrágalo, posición de inversión o eversión del calcáneo, curvatura superior e inferior al maléolo peroneal o lateral, prominencia de la unión talonavicular, congruencia del arco longitudinal interno y situación de abducción o aducción del antepié respecto al retropié (*Imagen 4*).

Se aplicará una puntuación de valores desde el 0 al 12 en casos en los que el pie se encuentre en pronación, y de valores desde el -1 al -12 en los casos en los que el pie se encuentre en supinación. En función del resultado, clasificaremos el tipo de pie en:

- Pie altamente supinado: desde +10 a +12 puntos.

- Pie supinado: desde +6 a +9 puntos.
- Pie normal: desde 0 a +5 puntos.
- Pie pronado: desde -1 a -5 puntos.
- Pie altamente pronado: desde -6 a -12 puntos.

Existen artículos que avalan la relación de la postura del pie con la edad y con la presencia de algunos tipos de patología que afectan, directa o indirectamente, al segmento anatómico de interés, pero no está influenciado por el género ⁽¹⁴⁾.

Alguno de los usos del FPI serían la identificación del tipo de pie como base para la selección de sujetos en estudios clínicos, la investigación de la relación entre el tipo de pie y la morfología estructural de este o la relación con los factores de riesgo en lesiones deportivas ^(14, 15).

	COMPONENT	PLANE	SCORE 1		SCORE 2		SCORE 3	
			Left (-2 to +2)	Right (-2 to +2)	Left (-2 to +2)	Right (-2 to +2)	Left (-2 to +2)	Right (-2 to +2)
Rearfoot	Talar head palpation	<i>Transverse</i>						
	Curves above and below lateral malleoli.	<i>Frontal/ trans</i>						
	Inversion/eversion of the calcaneus	<i>Frontal</i>						
Forefoot	Bulge in the region of the TNJ	<i>Transverse</i>						
	Congruence of the medial longitudinal arch	<i>Sagittal</i>						
	Abduction/adduction of the forefoot on the rear foot (too-many-toes).	<i>Transverse</i>						
	TOTAL							

Imagen 4. Ficha de datos del FPI ⁽¹⁶⁾

7.5. Protocolo de recogida de datos

Inicialmente, se explicará el objetivo del estudio, la función que tendrán los participantes en él y el procedimiento a seguir. Se recopilarán los nombres completos y correos electrónicos de los participantes voluntarios, con el fin de que puedan recibir toda la información del estudio, pudiendo repasar todos los puntos y exponer dudas previas a la participación. Para una mayor rigurosidad del estudio y evitar exponer los datos de los participantes, se encriptarán los nombres utilizando el código *TFGCPG0XX* en el que a cada participante se

le otorgará un número (XX).

Tras crear un formulario en la plataforma Microsoft Forms, cada participante recibirá en su correo electrónico una copia de este y su código personal donde, en primer lugar, aparecerá un enlace para acceder al consentimiento informado. En este punto el participante decide si acepta o no las condiciones del estudio y, en el caso de aceptar, da su permiso para la gestión de sus datos clínicos. Una vez leído y aceptado el consentimiento informado, aparece un cuestionario con preguntas sobre la situación actual clínica del participante relacionado con la FP y el TA.

El día de la exploración se recordará a los participantes voluntarios que asistan los pasos de los procedimientos clínicos a los que se van a someter. Antes de comenzar, se realizarán las mediciones antropométricas del peso (kg) y talla (cm). Posteriormente, se llevarán a cabo las mediciones clínicas de ambos pies con el test de Lunge, la clasificación de la morfología de la estructura del pie según el FPI

Comenzaremos realizando el test clínico de Lunge y anotando los valores de los resultados en la hoja de registro, recordando que el resultado será positivo en caso de que el/la participante no sea capaz de realizar el procedimiento sin despegar del suelo alguno de los talones. Es importante prestar atención en una posible abducción de los miembros inferiores para compensar la falta de contacto con la pared.

Continuaremos con la clasificación según el FPI sobre el podoscopio. Tras examinar individualmente cada pie, determinaremos el estado morfoestructural del individuo y anotaremos el resultado en la hoja de registro.

Exploración clínica ecográfica del grosor de la fascia plantar

El participante se deberá encontrar descalzo en decúbito prono en la camilla de exploración. La articulación TPA deberá encontrarse en una posición de 90° para lograr una mayor tensión de la FP. Para realizar las mediciones de la FP se ha determinado que el punto de interés en el que se suelen observar variaciones de grosor es la zona donde termina la entesis de la FP en el hueso calcáneo.

El operador localiza, con ayuda de la sonda ecográfica en posición sagital, la entesis fascial y le pide al participante que realice flexión dorsal de TPA. Con el modo de “medición” se

cuantifica la distancia entre la zona más profunda hasta la zona más superficial de la FP en el punto de estudio (*Imagen 5*). Se repete el proceso en el miembro contralateral y se anotan los datos en la hoja de registro.

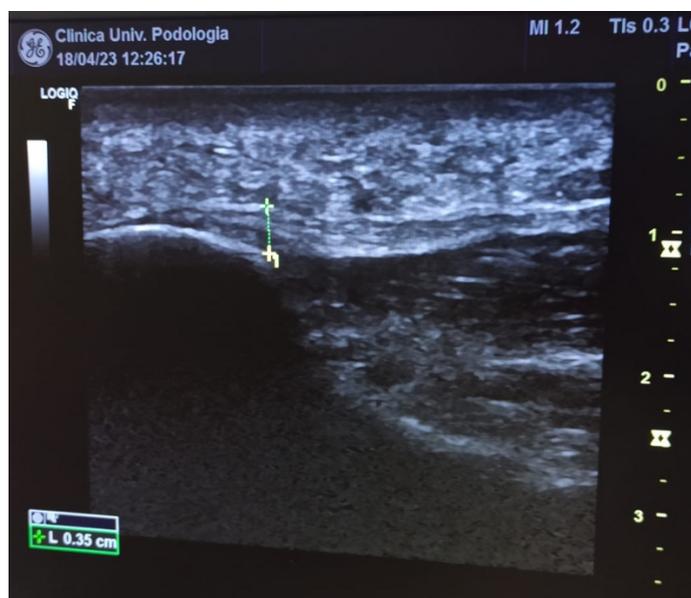


Imagen 5. Punto de medición del grosor de la fascia plantar

Exploración clínica ecográfica del grosor del tendón de Aquiles

El participante se deberá encontrar descalzo en decúbito prono en la camilla de exploración. La articulación TPA deberá encontrarse en una posición de 90° para lograr una mayor tensión del TA.

Para realizar las mediciones del tendón de Aquiles se toma como referencia el punto A (punto en el que el tendón se inserta en el calcáneo) y el punto B (punto en el que el tendón comienza la estructura tendinosa del gastrocnemio, punto en el eco se evidencia que la estructura es tendón y tejido muscular). Medimos la distancia entre ambos puntos (punto A y B), y dividimos dicha distancia en tercios. La lectura ecográfica del grosor se medirá en la confluencia del tercio distal y del tercio medio, en el punto C (*Imagen 6*).



Imagen 6. Esquema de la división y localización del punto para la medición del grosor del TA



Imagen 7. Medición en paciente de la distancia entre punto A y B

El operador comienza hallando la longitud total del TA y para ello localiza la inserción de los gastrocnemios en el TA (*Imagen 8*), solicita la flexión dorsal del participante y marca con un lápiz dermográfico el punto medio de la sonda ecográfica. Posteriormente, busca el punto de la entesis del TA en el calcáneo y lo marca con un lápiz dermográfico. Tras localizar el punto C de cada participante medimos el grosor mediante un corte transversal (*Imagen 9*). Se repete el proceso en el miembro contralateral y se anotan los datos en la hoja de registro.



Imagen 8. Punto de inserción de los gastrocnemios en el tendón de Aquiles (punto B)



Imagen 9. Colocación de la sonda ecográfica en el punto de medición del TA

Para llevar a cabo el registro de los datos clínicos de los participantes es necesario contar con:

- Báscula
- Tallímetro
- Tabla clasificación de Foot Posture Index
- Podoscopio

Estudio de la relación entre el grosor de la fascia plantar y el grosor del tendón de Aquiles, y sus variables relacionadas

- Ecógrafo General Electric Logiq F6
- Sonda ecográfica L6-12
- Cinta métrica

7.6. Análisis estadístico

Todos los datos fueron recogidos mediante el Procesador Microsoft Excel 2021 para Mac (Versión 16.49 (21050901)) y después fueron exportados al SPSS Versión 1.0.0.1508 (1.0.0.1508) para el análisis estadístico de los datos.

En primer lugar, se hizo un análisis descriptivo de la muestra tanto de los resultados de las variables cualitativas, tales como la edad, el sexo, la talla, la actividad física y la posible presencia de patologías previas relacionadas con las estructuras de estudio, en n y %, y las variables cuantitativas, tales como el FPI, el IMC y la edad, dando la media, mediana, el mínimo y el máximo.

En cuanto a los análisis bivariantes se comprobó si las variables cuantitativas tenían una distribución normal, utilizando la prueba de Kolmogórov-Smirnov para una muestra. Para dar respuesta al objetivo principal del estudio sobre la relación de las variaciones de grosor de la fascia plantar y del tendón de Aquiles, se utilizó la prueba estadística de correlación de Pearson, ya que se trataba de la relación entre dos variables cuantitativas que sí seguían una distribución normal.

7.7. Aspectos éticos

Los aspectos éticos de este estudio han sido supervisados por los profesores tutores responsables de la dirección del estudio. Esta supervisión se ha hecho conforme al protocolo de cumplimiento de los requisitos éticos de los trabajos de fin de grado de las titulaciones de grado en Enfermería y Podología.

Esta investigación, dado que incluyó pruebas y recogida de datos relacionados con la salud de los participantes, respetó los principios éticos de la Declaración de Helsinki (64ª Asamblea General, Brasil, octubre 2013).

Para la realización del estudio se adoptaron las medidas oportunas para garantizar la completa confidencialidad de los datos personales, conforme a lo que dispone la LO 3/2018, del 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, del 27/04/2016, relativo a la protección de las personas físicas en el que respeta al tratamiento de los datos personales y a la libre circulación de esos datos y por lo que se deroga la Directiva 95/46CE (Reglamento general de protección de datos).

Para ello, los datos necesarios para llevar a cabo este estudio fueron codificados, asignándosele un código a cada uno de los participantes de manera que solo miembros del equipo investigador podrán asociar los datos a las personas participantes utilizando esta información adicional.

Le informamos que la responsable en materia de protección de datos de la Universidad de A Coruña para cualquier consulta relacionada con la rectificación de datos o revocación del consentimiento informado es **Dña. Luz María Puente Alba**, adjunta a la Secretaría General de la Universidad de A Coruña con la que puede contactar a través de los teléfonos 881011605 / 881011161 o en el correo electrónico dpd@udc.gal.

8. Resultados

8.1. Características de los participantes

La muestra de estudio formada por los alumnos de 3º del Grado de Podología de la Universidade da Coruña (UDC) estuvo compuesta por un total de 37 participantes, de los cuales el 83,8% eran mujeres (*Tabla 2*). La edad media de la muestra de participantes era 24,65 ($\pm 7,469$) años, siendo la edad mínima 20 años y la edad máxima 48 años. El peso medio de los participantes rondaba los 68 ($\pm 13,40$) kilogramos, y la media de talla se encontraba en los 163,66 ($\pm 7,319$) centímetros.

El 58,3% de los participantes reportaron que no practicaban deporte de forma habitual. De los participantes, el 73% no presentaba ninguna patología previa en ninguna de las estructuras de estudio. Del porcentaje que sí presentaba alguna patología previa, el 13,5% la presentaban en la fascia plantar y el 10,8% lo presentaban en el tendón de Aquiles.

Con la clasificación del Foot Posture Index se determinó que, en el miembro inferior izquierdo, el 25% de los participantes se clasificaron como pronadores, el 69,4% se clasificaron como normales y el 5,6% se clasificaron como supinadores. En el miembro inferior derecho, el 41,7% de los participantes se clasificaron como pronadores, el 55,6% fueron clasificados como normales y el 2,8% fueron clasificados como supinadores.

La prueba de Lunge resultó positiva en el 8,1% de los miembros inferiores izquierdos y en el 13,5% de los miembros inferiores derechos.

	n	%	MEDIA±DT	MEDIANA	MÍN / MÁX
SEXO					
Mujeres	31	83,8%			
Hombres	6	16,2%			
EDAD					
			24,65±7,469	21,00	20 / 48
PESO (kg)					
			68±13,40	65,15	47,3 / 111
TALLA (cm)					
			163,66±7,319	163	151 / 184
PATOLOGÍA PREVIA					
No	27	73%			
Fascia plantar	5	13,5%			
Tendón de Aquiles	4	10,8%			
PRÁCTICA DEPORTIVA					
Sí	15	58,3%			
No	21	41,7%			
FPI IZQ					
Pronadores	9	25%			
Neutros	25	69,4%			
Supinadores	2	5,6%			
FPI DCH					
Pronadores	15	41,7%			
Neutros	20	55,6%			
Supinadores	1	2,8%			
TEST DE LUNGE IZQ					
Positivo	3	8,1%			
Negativo	33	89,2%			
TEST DE LUNGE DCH					
Positivo	5	13,5%			
Negativo	31	83,8%			

Tabla 2. Características sociodemográficas y podológicas de los participantes.

En el estudio ecográfico de la fascia plantar, tanto en el miembro inferior izquierdo como derecho, se observó un patrón fibrilar no anecoico únicamente en el 2,8% de los participantes, el 97,2% restante presentaban un patrón fibrilar anecoico. En el estudio ecográfico del tendón de Aquiles, tanto en el miembro inferior izquierdo como derecho, se registró en el 100% de los participantes un patrón fibrilar anecoico.

En cuanto a las mediciones ecográficas del grosor de la fascia plantar se detectó una media de 3,769 mm ($\pm 0,596$) en el miembro inferior izquierdo con un rango entre 2,6 – 5,8 mm, y una media de 3,519 mm ($\pm 0,5$) en el miembro inferior derecho con un rango entre 2,6 – 4,5 mm. En el caso de las mediciones ecográficas del grosor del tendón de Aquiles se detectó una media de 4,192 mm ($\pm 0,586$) en el miembro inferior izquierdo con un rango entre 3,2 – 5,6 mm, y una media de 4,319 mm ($\pm 0,634$) en el miembro inferior derecho con un rango entre 3,3 – 5,5 mm (*Tabla 3*).

	n	%	MEDIA±DT	MEDIANA	MÍN / MÁX
PATRÓN FIBRILAR ECOGRÁFICO ANECOICO					
Fascia Plantar IZQ	35	97,2%			
Fascia Plantar DCH	35	97,2%			
Tendón de Aquiles IZQ	36	100%			
Tendón de Aquiles DCH	36	100%			
PATRÓN FIBRILAR ECOGRÁFICO NO ANECOICO					
Fascia Plantar IZQ	1	2,8%			
Fascia Plantar DCH	1	2,8%			
Tendón de Aquiles IZQ	0	0%			
Tendón de Aquiles DCH	0	0%			
GROSOR ECOGRÁFICO (mm)					
Fascia Plantar IZQ			3,769±0,596	3,800	2,6 / 5,8
Fascia Plantar DCH			3,519±0,5	3,550	2,6 / 4,5
Tendón de Aquiles IZQ			4,192±0,586	4,250	3,2 / 5,6
Tendón de Aquiles DCH			4,319±0,634	4,300	3,3 / 5,5

Tabla 3. Valores y características del estudio ecográfico

8.2. Relación entre las variables principales

Las variables que se han contrastado serán las mediciones ecográficas del grosor y las diferentes situaciones clínicas según las clasificaciones obtenidas con las pruebas del test de Lunge y el FPI.

Inicialmente, en el análisis bivalente se comprobó si las variables cuantitativas (edad, paso, talla, ecografía del grosor de la fascia plantar izquierda, ecografía del grosor de la fascia plantar derecha, ecografía del grosor del tendón de Aquiles izquierdo, ecografía del grosor del tendón de Aquiles derecho) tenían una distribución normal utilizando la prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra. Se determinó que las variables de edad y peso

fueron las únicas que no seguían una distribución normal ya que su valor de significación fue menor de 0,05 ($p < 0,05$).

Para dar respuesta al objetivo principal del estudio sobre la relación de las variaciones de grosor de la fascia plantar y del tendón de Aquiles, se utilizó la prueba estadística de correlación de Pearson, ya que se trataba de la relación entre dos variables cuantitativas que sí seguían una distribución normal. El coeficiente de correlación oscila entre -1 y +1, encontrándose en el medio el valor 0 que indica que no existe asociación lineal entre las dos variables de estudio. En el pie derecho el valor del coeficiente de correlación de Pearson (r) es 0,196 ($r = 0,196$) por lo que no podemos decir que la relación no se debe al azar ya que no existe una correlación estadísticamente significativa porque la significación es menor de 0,5 ($p = 0,252$), y en cuanto la fuerza de la correlación es considerada como muy débil o irrelevante, ya que (r) es menor a 0,200. En el caso del pie izquierdo, el cual presenta un valor de coeficiente de correlación de Pearson (r) de 0,264 ($r = 0,264$), se dedujo que la relación de las variaciones entre fascia plantar y tendón de Aquiles de este miembro tampoco se debe al azar ya que no existe una correlación estadísticamente significativa porque la significación es menor de 0,5 ($p = 0,120$), y la fuerza de la correlación es considerada débil (*Tabla 4*).

	Correlación de Pearson	Significación
Pie derecho	0,196	0,252
Pie izquierdo	0,264	0,120

Tabla 4. Descripción de las correlaciones entre las variables principales del estudio.

Como ya se explicó antes, con la clasificación del Foot Posture Index se determinó que, en el miembro inferior izquierdo, el 25% de los participantes se clasificaron como pronadores, el 69,4% se clasificaron como normales y el 5,6% se clasificaron como supinadores. En el miembro inferior derecho, el 41,7% de los participantes se clasificaron como pronadores, el 55,6% fueron clasificados como normales y el 2,8% fueron clasificados como supinadores.

Debido al escaso tamaño muestral clasificado como supinadores, no es posible realizar análisis policotómicos, por lo que se consideró que la variable cualitativa Foot Posture Index fuese dicotómica, utilizando los valores de la clasificación como pies pronados y

pies neutros, incluyendo a los supinadores en el grupo de los pies neutros. De esta forma obtuvimos que los pronadores eran el 25% de los pies izquierdos (9 participantes) y el 41,7% de los pies derechos (15 participantes), y los clasificados como pies neutros eran el 75% de los pies izquierdos (27 participantes) y el 58,3% de los pies derechos (21 participantes). La prueba de Lunge resultó positiva en el 8,1% de los miembros inferiores izquierdos y en el 13,5% de los miembros inferiores derechos.

Para identificar la relación entre la clasificación morfoestructural del pie según las clasificaciones clínicas y el grosor, por un lado, de la fascia plantar y, por otro lado, del tendón de Aquiles, utilizamos la prueba estadística T de Student.

En el caso de la relación de las variaciones de grosor de la fascia plantar según la clasificación con el Foot Posture Index, se observó que en el miembro inferior izquierdo el valor de significación es 0,316 ($p = 0,316$), por lo que se asume que no existen diferencias de grosor en la fascia plantar entre los individuos de la muestra clasificados como pronadores o neutros con el FPI. En el miembro inferior derecho se registró un valor de significación de 0,839 ($p = 0,839$) lo que significa que tampoco existen diferencias de variaciones de grosor en la fascia plantar según la clasificación del FPI.

En cuanto la relación de las variaciones de grosor del tendón de Aquiles según el resultado de la clasificación del Foot Posture Index, se determinó que en el caso del miembro inferior izquierdo el valor de significación es 0,785 ($p = 0,785$), por lo que no se asumen la existencia de diferencias de grosor en el tendón de Aquiles entre los individuos de la muestra clasificados según el FPI. En el miembro inferior derecho tampoco se asumen la existencia de diferencias de grosor en el tendón de Aquiles entre los individuos de la muestra clasificados según el FPI ya que el valor de significación es 0,641 ($p = 0,641$) (Tabla 5).

	FPI Pronado - M (DT)	FPI Neutro - M (DT)	Valor p
Grosor FP Izq	3,944 (0,866)	3,711 (0,483)	0,316
Grosor FP Dch	3,540 (0,418)	3,505 (0,561)	0,839
Grosor TA Izq	4,144 (0,604)	4,207 (0,591)	0,785
Grosor TA Dch	4,260 (0,655)	4,362 (0,631)	0,641

Tabla 5. Diferencias en los grosores de fascia plantar y tendón de Aquiles en función de la clasificación FPI

Para determinar la relación entre las variaciones del grosor de la fascia plantar y la clasificación por el test de Lunge, nos fijamos que en el caso del miembro inferior izquierdo el valor de significación es de 0,368 ($p = 0,368$), por lo que se asume que no existen diferencias de las variaciones de grosor en la fascia plantar entre los individuos de la muestra clasificados como positivos o negativos con el test de Lunge. En el caso del miembro inferior derecho, en el que el valor de significación es 0,066 ($p = 0,066$), se asumió que tampoco existen diferencias en las variaciones de grosor en la fascia plantar entre los individuos de la muestra clasificados con el test de Lunge.

En cuanto la relación entre las variaciones del grosor del tendón de Aquiles y la clasificación mediante el test de Lunge, se determinó que no existen no existen diferencias de las variaciones de grosor del tendón de Aquiles entre los individuos de la muestra clasificados como positivos o negativos con el test de Lunge, ya que el valor de la significación es 0,454 ($p = 0,454$). En miembro contralateral, el valor de significación es 0,349 ($p = 0,349$) por lo que se asumen la ausencia de diferencias de las variaciones de grosor del tendón de Aquiles entre los individuos de la muestra clasificados según el test de Lunge (*Tabla 6*).

	Lunge positivo - M (DT)	Lunge negativo -M (DT)	Valor
Grosor FP Dch	3,900 (0,616)	3,458 (0,462)	0,066
Grosor FP Izq	4,533 (1,250)	3,700 (0,481)	0,368
Grosor TA Dch	4,520 (0,426)	4,287 (0,661)	0,349
Grosor TA Izq	4,500 (0,400)	4,164 (0,597)	0,454

Tabla 6. Diferencias en los grosores de fascia plantar y tendón de Aquiles en función del test de Lunge

9. Discusión

Como se ha descrito en apartados previos, el objetivo principal es describir la relación entre las variaciones de grosor de la fascia plantar y del tendón de Aquiles. Los resultados de este estudio sugieren que, a pesar de que sí existe una relación lineal entre las variaciones de grosor de la fascia plantar y del tendón de Aquiles, no es estadísticamente significativa debido al tamaño de la muestra. A pesar de que algunos autores, como Zwirner et. al ⁽¹⁾ defiendan la existencia de una conexión anatómica entre fascia plantar y tendón de Aquiles, existen estudios que describen que en la edad neonatal y en los primeros años de vida sí hay registros de continuidad anatómica entre las fibras de las estructuras a través del pericondrio engrosado, como describe Pascual Huerta J. ⁽²⁾, la cual se va perdiendo a medida que surgen los núcleos de osificación del hueso calcáneo hasta llegar a un momento en el que se presenta una leve conexión histológica y disposición trabecular, como en el artículo de Singh et. al ⁽³⁾, con ausencia de efectividad biomecánica.

Tras recoger y analizar los resultados de la relación entre las pruebas clínicas y las posibles variaciones de grosor de las estructuras de estudio tampoco se observó una correlación pertinentemente clínica. En el caso de la clasificación morfoestructural del pie según la prueba clínica del Foot Posture Index, no se detectaron variaciones significativas en el grosor del tendón de Aquiles o de la fascia plantar, siendo esta última un supuesto clínico a esperar ya que algunas condiciones morfológicas, como es una pronación excesiva de retropié, predisponen a aumentar la tensión de la aponeurosis plantar, como bien se describe en el estudio de Cheung et. al ⁽⁴⁾ o en el de Yates y White ⁽¹⁶⁾.

En el supuesto de clasificación mediante la prueba clínica del test de Lunge y su posible relación con las variaciones de grosor en ambas estructuras de interés se ha descrito la ausencia de una correlación entre ambas variables.

Como aparece desarrollado en la investigación de Hernández C. ⁽⁸⁾, el caso de la existencia de una relación podría ser de esperar ya que, al ser el tendón formado por la unión de los tendones de los músculos sóleo y gastrocnemio, se inserta en la región posterior del hueso calcáneo y en conjunto son las estructuras anatómicas implicadas en la prueba clínica, aunque no se han encontrado artículos que combinasen las variables de grosor con el test de Lunge.

9.1. Limitaciones del estudio

Este estudio deberá reproducirse teniendo en cuenta la presencia de los siguientes sesgos de investigación:

Sesgos de selección: Son los sesgos derivados de las formas de selección de la muestra y los datos.

- La muestra se obtuvo a través de un muestreo no probabilístico por conveniencia, por lo tanto, la muestra que se estudia no se deberá considerar representativa de la población. Para tratar de minimizar el impacto del sesgo se ha homogeneizado la población de estudio en cuanto a la edad y la exclusión de participantes con presencia de sintomatología en las estructuras del tendón o la fascia plantar.

Sesgos de información: Son los sesgos resultantes de los errores cometidos durante la recogida de datos.

- Se han seleccionado las pruebas clínicas validadas disponibles para la obtención de datos a partir de las variables definidas. Con el fin de minimizar el sesgo de la lectura se ha descrito un protocolo detallado sobre la medición ecográfica de las estructuras de estudio.

Sesgos de confusión: Son los sesgos derivados de una asociación no causal entre los eventos de estudio, o los resultantes de no observar asociaciones reales entre los eventos.

- Al relacionar dos variables, como son las variaciones de grosor de la fascia plantar y del tendón de Aquiles, es posible que exista una tercera variable que influya en la relación entre ambas principales, interfiriendo en los resultados de estas. En este trabajo no se han realizado las pruebas de regresión estadística necesarias para minimizar este sesgo.

10. Conclusiones

- Sí existe una relación entre las variaciones de grosor de la fascia plantar y el tendón de Aquiles, pero no es estadísticamente significativa en nuestra muestra de estudio.
- No existe relación entre las variaciones de grosor de la fascia plantar y las características morfoestructurales de los pies clasificados con el FPI.
- No existe relación entre las variaciones de grosor del tendón de Aquiles y las características morfoestructurales de los pies clasificados con el FPI.
- No existe relación entre las variaciones de grosor de la fascia plantar y los casos en los que la funcionalidad de la articulación TPA se encuentre limitada, medida con el test de Lunge.
- No existe relación entre las variaciones de grosor del tendón de Aquiles y los casos en los que la funcionalidad de la articulación TPA se encuentre limitada, medida con el test de Lunge.

Destacamos la importancia de realizar más estudios como este, con un mayor tamaño muestral, para poder ver las implicaciones de las variables relacionadas y del efecto de tratamientos cruzados entre las estructuras anatómicas de estudio.

11. Bibliografía

1. Zwirner J, Zhang M, Ondruschka B, Akita K, Hammer N. An ossifying bridge - on the structural continuity between the Achilles tendon and the plantar fascia. *Sci Rep.* 3 de septiembre de 2020;10(1):14523.
2. Pascual Huerta J. The effect of the gastrocnemius on the plantar fascia. *Foot Ankle Clin.* diciembre de 2014;19(4):701-18.
3. Singh A, Zwirner J, Templer F, Kieser D, Klima S, Hammer N. On the morphological relations of the Achilles tendon and plantar fascia via the calcaneus: a cadaveric study. *Sci Rep.* 16 de marzo de 2021;11(1):5986.
4. Cheung JTM, Zhang M, An KN. Effect of Achilles tendon loading on plantar fascia tension in the standing foot. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* febrero de 2006;21(2):194-203.
5. Khammas ASA, Mahmud R, Hassan HA, Ibrahim I, Mohammed SS. An assessment of plantar fascia with ultrasound findings in patients with plantar fasciitis: a systematic review. *J Ultrasound.* 1 de marzo de 2023;26(1):13-38.
6. Kim DH, Choi JH, Park CH, Park HJ, Yoon KJ, Lee YT. The Diagnostic Significance of Ultrasonographic Measurement of the Achilles Tendon Thickness for the Insertional Achilles Tendinopathy in Patients with Heel Pain. *J Clin Med.* 17 de mayo de 2021;10(10):2165.
7. Hevia JC. 3. Valoración y tratamiento de la fascitis plantar: Revisión sistemática. 2023;
8. Hernandez Díaz C. Tendón de Aquiles y su Estudio Ultrasonográfico; Más Allá de sus Alteraciones Inflamatorias Achilles Tendon and Ultrasound Study; Beyond their Inflammatory Disorders. *Revista Chilena de Reumatología.* 1 de enero de 2014;30:122-7.
9. J García EB, Ramos RL, Uriel ED, Garvin JH, De Dios Alvarez R, Armán JA. Diagnóstico por imagen del tendón de Aquiles. *seram [Internet].* 2018 [citado el 2 de marzo de 2023]; Disponible en: <https://piper.espacio-seram.com/index.php/seram/article/view/1634>

10. Mc Auliffe S, Mc Creesh K, Purtill H, O'Sullivan K. A systematic review of the reliability of diagnostic ultrasound imaging in measuring tendon size: Is the error clinically acceptable? *Phys Ther Sport*. julio de 2017;26:52-63.
11. Johannsen F, Jensen S, Stallknecht SE, Olsen LO, Magnusson SP. Sonographic measurements of the achilles tendon, plantar fascia, and heel fat pad are reliable: A test-retest intra- and intertester study. *J Clin Ultrasound*. octubre de 2016;44(8):480-6.
12. Ellabban AS, Kamel SR, Abo Omar HAS, El-Sherif AMH, Abdel-Magied RA. Ultrasonographic findings of Achilles tendon and plantar fascia in patients with calcium pyrophosphate deposition disease. *Clin Rheumatol*. abril de 2012;31(4):697-704.
13. Toscano Hernández J. Importancia de la estandarización de los protocolos en el Test de Lunge. octubre de 2022 [citado 18 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/189573>
14. Redmond AC, Crane YZ, Menz HB. Normative values for the Foot Posture Index. *J Foot Ankle Res*. 31 de julio de 2008;1(1):6.
15. Yates B, White S: The incidence and risk factors in the development of medial tibial stress syndrome among naval recruits. *Am J Sports Med* 2004, 32:772-780.
16. Redmond AC, Crosbie J, Ouvrier RA. Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: The Foot Posture Index. *Clinical Biomechanics*. 1 de enero de 2006;21(1):89-98.

12. Anexos

12.1. Documento de información general sobre el estudio, compromiso de confidencialidad y consentimiento informado

DOCUMENTO DE INFORMACIÓN GENERAL Y COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD

El objetivo de este documento es informarle sobre las características del estudio en el que se le invita a participar, así como solicitar su consentimiento en caso de estar interesado/a en participar. Es importante que lea detenidamente este documento y aclare todas sus dudas con el equipo de investigación. Puede hacerlo personalmente, por teléfono o por correo electrónico a través de los datos de contacto que se facilitan en el apartado **“Datos de contacto de los/las investigadores/as para aclaraciones o consultas” (página 3)**.

1. DOCUMENTO INFORMATIVO

La investigación del estudio para el cual le pedimos su participación se titula: **“Estudio de la relación entre el grosor de la fascia plantar y el grosor del tendón de Aquiles, y sus variables relacionadas”**. Francisco Alonso Tajés, tutor del presente trabajo de fin de grado, podólogo y profesor de la Facultad de Enfermería Y Podología de la Universidad de A Coruña, ha supervisado que los aspectos éticos de este estudio cumplen los criterios establecidos por el Comité de Ética de la Investigación y la Docencia de dicha universidad.

a) Equipo investigador

Carmen Paris González, alumna de 4º de podología en la Universidad de A Coruña, autora del trabajo de fin de grado, participará en todas las fases de la elaboración del estudio y es la principal responsable de la recogida de datos.

Francisco Alonso Tajés, podólogo y profesor titular de la Universidad de A Coruña, tutor y responsable de la supervisión del trabajo. Responsable del diseño del estudio y análisis de los datos.

Laura Delgado Lobete. Terapeuta Ocupacional. Doctora por la universidad de A Coruña. Profesora ayudante doctora de la Universidad de Murcia, tutora del trabajo y responsable del diseño del estudio y análisis de datos.

b) Objetivo y utilidad del estudio

El objetivo del estudio es analizar el grosor de las estructuras anatómicas fascia plantar y tendón de Aquiles, y su relación con aspectos de la morfología y funcionalidad del pie.

La utilidad del estudio es profundizar en el conocimiento de los factores que pueden desencadenar la alteración de los tejidos de la fascia plantar y el tendón de Aquiles, alterando su grosor normal

c) Selección de las personas participantes en el estudio

La selección de participantes se realizará entre los estudiantes de Podología que realizan prácticas clínicas en las materias de Prácticum. La selección se realizará invitando individualmente a cada paciente siguiendo los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

1.- Criterios de inclusión para participar en el estudio:

- Tener entre 20 y 50 años.

2.- Criterios de exclusión para participar en el estudio son:

- Presentar sintomatología dolorosa en el momento de la exploración dolor o lesiones previas de las que se tenga conocimiento hayan alterado la estructura normal de la fascia plantar o el tendón de Aquiles

d) Metodología del estudio; tipo de colaboración de la persona participante y duración de dicha colaboración:

Su participación en el estudio consistirá en

- 1) Responder un cuestionario en línea. El tiempo estimado de respuesta es de 5 minutos.
- 2) La realización de las siguientes pruebas no invasivas con un tiempo estimado de 20 minutos para la realización de todas las pruebas:
 - a. Categorización visual de la morfología del pie con Foot Posture Index (FPI)
 - b. Valoración de la movilidad de la articulación del tobillo mediante el Test de Lunge
 - c. Registro de las medidas antropométricas (talla y peso)
 - d. Mediciones ecográficas del grosor de la fascia plantar y del tendón de Aquiles

e) Tipo de información:

La información que se le solicitará en el cuestionario son datos sobre la actividad física habitual, lesiones previas en el tobillo y/o pie y sus posibles secuelas. La información que se recogerá en las pruebas está descrita en el apartado anterior (apartado d) punto 2)

f) Posibles molestias y riesgos para la persona participante:

La primera parte del estudio recoge los datos a través de un cuestionario en línea por lo que no existen ni molestias (más allá del tiempo empleado para responder) ni riesgos para la persona participante.

La segunda parte del estudio, al tratarse de un estudio de observacional con exploraciones visuales y una valoración ecográfica de superficie, no se espera ninguna molestia ni riesgo para el participante.

g) Medidas para responder a los acontecimientos adversos:

Dado que las pruebas de exploración son pruebas no invasivas, no se esperan acontecimientos adversos más allá de las asociadas a la vida cotidiana de los participantes. No obstante, dado que el estudio se desarrolla en la clínica universitaria de Podología (en la que existen recursos para la atención de situaciones de urgencia) y bajo supervisión de profesores sanitarios, se pondrán todas las medidas necesarias para atender cualquier evento adverso.

h) Posibilidad de compensación:

No existe contraprestación económica por la participación. Si lo desean, los participantes podrán acceder a los resultados globales del estudio y se les comunicará individualmente cualquier hallazgo de las pruebas realizadas que pudiese suponer un potencial riesgo para la salud podológica o la presencia de una alteración de los patrones de normalidad clínica.

i) Decisión de no participar:

La participación en el estudio es completamente voluntaria.

Puede usted negarse a participar en el estudio en el momento en el que se le proponga o abandonar el estudio, si ha decidido participar, en el momento que así lo desee. Para ello debe comunicarlo verbalmente o por escrito (en el apartado "Datos de contacto de los/las investigadores/as para aclaraciones o consultas" en la página 4) a las personas responsables del estudio

j) Retirada del estudio

Las personas participantes en el estudio tienen el derecho a retirar sus datos de la investigación en cualquier momento, sin dar explicaciones y sin que tenga consecuencia alguna. Para ello, únicamente tiene que solicitar la revocación del consentimiento mediante el procedimiento que se incluye al final del documento del consentimiento informado (página 6). De no ser así, esos datos podrían ser utilizados por el equipo investigador

k) Previsión de uso posterior de los resultados:

Los resultados obtenidos en el estudio se utilizarán con fines de docencia e investigación científica, pudiendo derivarse de la investigación la divulgación de los resultados generales en una publicación, una conferencia o comunicación a un congreso. En el caso de publicación en artículo en una revista científica, este podrá ser de acceso restringido, o de acceso libre en internet, pudiendo, en este último supuesto, ser leído por personas ajenas al ámbito científico.

En caso de que este estudio sea publicado, las participantes tendrán la posibilidad de acceder a la publicación realizada. **En ningún momento se divulgarán ni publicarán resultados o datos individuales que pudiesen ser identificados con las personas que han participado en el estudio.**

l) Acceso a la información y resultados de la investigación:

En caso de que la persona participante en el estudio esté interesada en acceder a los resultados personales, deberá contactar con el investigador responsable del estudio en la dirección de correo electrónico [REDACTED]

m) Aspectos económicos. Financiación, remuneración y explotación:

Este estudio no tiene ninguna fuente de financiación y no existe ningún tipo de remuneración económica para los integrantes del equipo investigador.

n) Datos de contacto de los investigadores para aclaraciones o consultas:

Carmen Paris González

Tel: [REDACTED] – Correo electrónico: [REDACTED]

Francisco Alonso Tajés

Tel: [REDACTED] Correo electrónico: [REDACTED]

Laura Delgado Lobete

Tel: [REDACTED] - Correo electrónico: [REDACTED]

2. COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD

a) Medidas para asegurar el respeto a la intimidad y a la confidencialidad de los datos personales

El presente estudio recoge las medidas para garantizar la completa confidencialidad de sus datos personales, conforme a lo que dispone la LO 3/2018, del 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, del 27/04/2016, relativo a la protección de las personas físicas en el que respeta al tratamiento de los datos personales y a la libre circulación de esos datos y por lo que se deroga la Directiva 95/46CE (Reglamento general de protección de datos).

Para ello, los datos necesarios para llevar a cabo este estudio serán **recogidos y conservados de manera codificada** (se asignará un código alfanumérico al número de la historia clínica de cada participante). **Solo el equipo investigador tendrá acceso a la información que permita relacionar dicho código con la identidad de la persona participante con el fin de poder trasladar los resultados personales de la investigación.**

En el uso que se haga de los resultados del estudio con fines de docencia, investigación, publicación y/o divulgación se respetará siempre la debida confidencialidad de los datos de carácter personal, de modo que las personas participantes no resultarán identificadas o identificables

Le informamos que la responsable en materia de protección de datos de la Universidad de A Coruña para cualquier consulta relacionada con la rectificación de datos o revocación del consentimiento informado es Dña. Luz María Puente Alba, adjunta a la Secretaría General de la Universidad de A Coruña con la que puede usted contactar a través de los teléfonos 881011605 / 881011161 o en el correo electrónico dpd@udc.gal.

b) Cesión, reutilización y período de retención de los datos

Los datos recogidos en el estudio serán conservados por un periodo de diez años por el investigador responsable, tutor y supervisor del trabajo, Francisco Alonso Tajés. La reutilización de los datos en posteriores estudios que continúen la línea de investigación del presente estudio durante el periodo de conservación mencionado será siempre con las mismas garantías de respeto a la intimidad y de confidencialidad recogidas en este estudio, y que se rigen por los criterios establecidos en la disposición adicional decimoséptima previstos en la Ley orgánica 3/2018, del 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales.

3. CONSENTIMIENTO

Don/doña

mayor de edad, con DNI

DECLARO que

He sido informado/a por escrito de las características del estudio

He dispuesto de un procedimiento para realizar observaciones o preguntas y, de haberlas realizado, me fueron aclaradas dichas dudas

He comprendido las explicaciones que se me facilitaron y en qué consiste mi participación en el estudio

Sé cómo y a quién dirigirme para realizar preguntas sobre el estudio en el presente o en el futuro

He sido informado/a de los riesgos asociados a mi participación

Confirmando que mi participación es voluntaria

Comprendo que puedo revocar el consentimiento en cualquier momento sin tener que dar explicaciones y sin que repercuta negativamente en mi persona

CONSIENTO

Participar en el estudio

Que se utilicen los datos facilitados para la investigación

Que se utilicen los datos facilitados en publicaciones científicas

Que se utilicen los datos facilitados en reuniones y congresos

Que se utilicen los datos facilitados para la docencia

Que contacten conmigo para obtener nuevos datos

Que se conserven los datos al finalizar el estudio para su uso en futuras investigaciones

SOLICITUD DE ACCESO A LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

En caso de estar interesada en acceder a los resultados generales o individuales del estudio o a los artículos científicos una vez fueran publicados deberá realizar dicha solicitud escribiendo a los correos de los investigadores: [REDACTED]

REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO

En caso de estar interesada en revocar el consentimiento anteriormente otorgado, deberá realizar dicha solicitud escribiendo a los correos de los investigadores: [REDACTED]

[REDACTED] indicando su deseo de que no continuar concediendo el consentimiento para el uso de sus datos personales en el estudio.

12.2. Cuestionario On-Line

* Obligatoria

PREGUNTAS GENÉRICAS

1. Antes de empezar, deberás leer el consentimiento informado sobre el estudio a realizar. *

- <https://judicial.sharepoint.com/sites/TFGCarmenParis>

2. Tras leer el consentimiento informado indica: *

- Acepto las condiciones expuestas en el consentimiento informado, y por lo tanto participo en el estudio
- No acepto las condiciones expuestas en el consentimiento informado

3. Indica tu código: TFGCPG0XX *

4. Indica tu sexo *

- Mujer
- Hombre
- Prefiero no pronunciarlo

5. Indica tu edad actual *

6. Indica si padeces alguna enfermedad sistémica. En caso de que la respuesta sea "No", escribe otra vez "NO" por favor. *

7. Indica si en los últimos años has estado en tratamiento farmacológico relacionado con alguna enfermedad sistémica.

En caso de que la respuesta sea "No", escribe otra vez "NO" por favor. *

PRÁCTICA DEPORTIVA

8. ¿Realizas algún tipo de práctica deportiva?

- Sí
- No

9. En caso de que la respuesta anterior sea "Sí", indica que deporte/s prácticas.

En caso de que la respuesta anterior sea "No", escribe otra vez "NO" por favor.

10. ¿Qué media de horas semanales le dedicas a la práctica deportiva?

- No realizo práctica deportiva
- Menos de 3 horas semanales
- Entre 3 – 6 horas semanales
- Entre 6 – 12 horas semanales
- Más de 12 horas semanales

FASCIA PLANTAR

11. ¿Has sufrido alguna vez alguna patología en la planta del pie?

12. En caso de que la respuesta anterior sea "Sí", ¿ese dolor ha sido diagnosticado como un proceso de la fascia plantar (ej. fascitis o fasciosis)? *Ese diagnóstico debe haber sido realizado por un clínico (fisioterapeuta, podólogo, médico)*

En caso de que la respuesta anterior sea "No", escribe otra vez "NO" por favor.

13. Si has respondido "Sí" a la pregunta *¿Has sufrido alguna vez alguna patología en la planta del pie?*: ¿Reconoces alguna secuela actual relacionada con dicho proceso clínico?

Si no sientes ninguna secuela, escribe "NO" por favor.

14. ¿Has sufrido algún tipo de dolor en la región de la Fascia Plantar en los últimos 7 días?

- Sí, de forma continua
- Sí de forma esporádica
- No, en ningún momento

15. En caso de que la respuesta anterior sea "Sí", indica en que zona se localizaba.
En caso de que la respuesta anterior sea "No", escribe otra vez "NO" por favor.

TENDÓN DE AQUILES

16. ¿Has sufrido alguna vez alguna patología en el tendón de Aquiles?

17. En caso de que la respuesta anterior sea "Sí", ¿ese dolor ha sido diagnosticado como un proceso del tendón de Aquiles (ej. tendinitis de inserción)? *Ese diagnóstico debe haber sido realizado por un clínico (fisioterapeuta, podólogo, médico)*

En caso de que la respuesta anterior sea "No", escribe otra vez "NO" por favor.

18. Si has respondido "Sí" a la pregunta *¿Has sufrido alguna vez alguna patología en el tendón de Aquiles?*: ¿Reconoces alguna secuela actual relacionada con dicho proceso clínico?

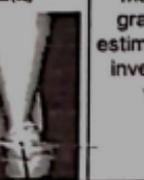
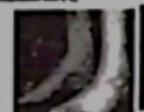
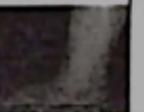
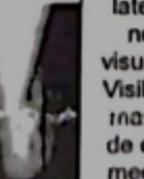
Si no sientes ninguna secuela, escribe "NO" por favor.

19. ¿Has sufrido algún tipo de dolor en la región del tendón de Aquiles en los últimos 7 días?

- Sí, de forma continua
- Sí de forma esporádica
- No, en ningún momento

20. En caso de que la respuesta anterior sea "Sí", indica en que zona lo localizabas.
En caso de que la respuesta anterior sea "No", escribe otra vez "NO" por favor.

12.3. Cuestionario Foot Posture Index utilizado en la CUP

INDICE POSTURA PIE (FOOT POSTURE INDEX) IPP-6						
1.- Palpación cabeza astrágalo						
PUNTUACIÓN		-2	-1	0	+1	+2
		Cabeza del astrágalo palpable en la cara lateral pero no en la cara medial	Cabeza del astrágalo palpable en la cara lateral y ligeramente en la cara medial	Cabeza del astrágalo palpable en la cara medial y lateral	Cabeza del astrágalo ligeramente palpable en la cara lateral y palpable en la cara medial	Cabeza del astrágalo no palpable en la cara lateral pero si palpable en la cara medial
2.- Curvatura Supra e infra maleolar cara lateral						
PUNTUACIÓN		-2	-1	0	+1	+2
			Curva debajo del maléolo más recta o convexa	Curva debajo del maléolo cóncava pero más plana aunque más que la curva superior	Ambas supra e infra curvatura maleolar iguales	Curva debajo del maléolo más cóncava que la supra
3.- Posición del calcáneo plano frontal						
PUNTUACIÓN		-2	-1	0	+1	+2
			Más de 5 grados de estimación de inversión o varo	Entre la vertical y los 5 grados de estimación de inversión o varo	Vertical	Entre la vertical y los 5 grados de estimación de eversion o valgo
4.- Prominencia de articulación astrágalo escafoidea (AAE)						
PUNTUACIÓN		-2	-1	0	+1	+2
			Área de la AAE marcada mente cóncava	Área de la AAE ligeramente pero poco definido de forma cóncava	Área de la ATN plana	Área de la AAE ligeramente abultada
5.- Altura y congruencia del arco longitudinal interno						
PUNTUACIÓN		-2	-1	0	+1	+2
			Arco alto y angulado hacia posterior	Arco moderadamente alto y ligeramente angulado hacia posterior	Altura del arco normal y curvatura concéntrica	Arco ligeramente disminuido con ligero aplanamiento de la porción central
6.- Abducción \ Aducción de antepié respecto al retropié						
PUNTUACIÓN		-2	-1	0	+1	+2
			Los dedos laterales no se visualizan. Visibilidad marcada de dedos mediales	Los dedos mediales más visibles que los laterales	Dedos mediales y laterales igual de visibles	Dedos laterales ligeramente más visibles que los mediales. Dedos mediales no visibles. Dedos laterales claramente visibles.