

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**TRABAJO FIN DE GRADO EN PODOLOGÍA**



**Evaluación de la fuerza intrínseca del pie: Una revisión narrativa.**



**AUTOR:** MONTAGUT RAMA, MARC

**TUTOR:** GARCÍA CAMPOS, JONATAN

**COTUTOR:** MARCO LLEDO, JAVIER

Departamento Del Comportamiento y Salud. Área de enfermería

**CURSO ACADÉMICO:** 2023-2024

**CONVOCATORIA:** Junio

## Índice

<b>Resumen:</b> .....	<b>2</b>
Palabras clave:.....	3
<b>Abstract:</b> .....	<b>3</b>
Keywords:.....	5
<b>Introducción:</b> .....	<b>6</b>
<b>Objetivo:</b> .....	<b>7</b>
<b>Material y Métodos:</b> .....	<b>7</b>
<b>Extracción de datos</b> .....	<b>16</b>
<b>Resultados:</b> .....	<b>18</b>
<b>Discusión:</b> .....	<b>26</b>
<b>Limitaciones del estudio:</b> .....	<b>28</b>
<b>Conclusión:</b> .....	<b>29</b>
<b>Bibliografía:</b> .....	<b>29</b>

## **Resumen:**

La fascia plantar es una banda fibrosa que soporta el arco medial y actúa durante la marcha como una estructura de estabilidad y movimiento, este último lo realiza mediante el mecanismo de windlass. Una de las patologías que puede presentarse es la fascitis plantar debido a una sobrecarga de la fascia que afecta a personas que practiquen o no actividad física. Entre los diversos de tratamientos que la bibliografía repite con frecuencia, se encuentra el fortalecimiento de la musculatura intrínseca del pie que da la forma al arco medial plantar, el fortalecimiento de estos músculos intrínsecos es efectivo para las afecciones pero medir la fuerza de forma fiable y válida es de importancia para determinar la efectividad del tratamiento, ya sea antes o después de su implementación.

## **Objetivo:**

Identificar y describir los distintos métodos para evaluar la fuerza que ejercen los músculos intrínsecos del pie.

## **Material y métodos:**

Se realizó la búsqueda en la base de datos PubMed/Medline, se emplearon palabras clave como *intrinsic foot muscle strength, intrinsic foot strength, measure, measuring, method*.

1) El dispositivo pueda medir la fuerza muscular, 2) Aplicable sólo en humanos, 3) Artículos escritos en inglés o en español, 4) Nombrar los músculos del pie, 5) El rango de temporalidad abarcar es entre 2000 y 2023.

Los artículos encontrados fueron clasificados en 3 grandes grupos.

**Resultados:**

Se obtuvieron 17 artículos, como mínimo existe un método que se encuentra en cada uno de los dos grandes bloques, ya sea mediciones instrumentales o mediciones clínicas, que demuestran la posibilidad de medición de la fuerza muscular intrínseca del pie aunque el dinamómetro es considerado el estándar de oro para medir la fuerza de la musculatura intrínseca del pie por su fiabilidad intraevaluador e interevaluador además de ser un instrumento válido y efectivo.

**Conclusión:** Los métodos con más evidencia de validez y eficacia son el dinamómetro, la prueba del descenso escafoideo y la prueba de agarre del papel.

**Palabras clave:**

Fuerza de los músculos intrínsecos del pie, fuerza intrínseca del pie, medida, medición, método.

**Abstract:**

The plantar fascia is a fibrous band that supports the medial arch and acts during gait as a structure for stability and movement, the latter achieved through the windlass mechanism. One of the pathologies that can occur is plantar fasciitis, due to an overload of the fascia, affecting individuals regardless of their physical activity levels. Among the various treatments frequently mentioned in the literature is the strengthening of the intrinsic muscles of the foot, which shape the medial plantar arch. Strengthening these intrinsic muscles is effective for such conditions, but

measuring their strength reliably and validly is important to determine the effectiveness of the treatment, whether before or after its implementation.

**Objective:**

Identify and describe the different methods for evaluating the strength exerted by the intrinsic muscles of the foot.

**Materials and Methods:**

The search was conducted in the PubMed/Medline database using keywords such as intrinsic foot muscle strength, intrinsic foot strength, measure, measuring, and method.

1)The device can measure muscle strength, 2) Applicable only in humans, 3) Articles written in English or Spanish, 4) Naming foot muscles, 5) The temporal range spans from 2000 to 2023. The articles found were classified into three major groups.

**Results:**

17 articles were obtained. In each of the two major categories, either instrumental measurements or clinical measurements, there is at least one method demonstrating the possibility of measuring intrinsic foot muscle strength. Although the dynamometer is considered the gold standard for measuring intrinsic foot muscle strength due to its intra-evaluator and inter-evaluator reliability, it is also a valid and effective instrument.

**Conclusion:** The methods with the most evidence of validity and effectiveness are the dynamometer, navicular drop and the paper grip test.

**Keywords:**

Intrinsic foot muscle strength, intrinsic foot strength, measure, measuring, method.



## **Introducción:**

La fascia o aponeurosis plantar es una banda de tejido conectivo fibroso situada en la planta del pie de estructura anatómica gruesa y ancha que ayuda a soportar el arco medial del pie. Se extiende desde su origen en el tubérculo medial del calcáneo y se inserta en las bases de las falanges proximales de los dedos del pie (1,2). La fascia plantar reproduce el mecanismo de windlass que consiste en la elevación del arco longitudinal medial generando el impulso hacia adelante (1,3).

Un aumento de la carga mecánica en la fascia, se considera un factor de riesgo para la fascitis plantar (FP).

La FP es un trastorno musculoesquelético del pie, entre su sintomatología se presenta el dolor en la parte plantar del talón (4). El dolor se debe a una sobrecarga de la fascia plantar. La FP ocurre con más frecuencia en personas con deformidades estructurales del pie y está asociada con la reducción en la fuerza de los músculos intrínsecos (FMI) del pie (5).

La FP suele asociarse con personas de mediana edad, entre 45 y 64 años, aunque puede afectar a cualquier individuo, independientemente de su edad o condición física (2,6).

Se han descrito numerosos tratamientos para tratar la fascitis plantar, entre los que se encuentran los AINES(1,3,4,6), estiramientos (1,4-6), ondas de choque (4,6), plantillas(1,3,4,6) y férulas nocturnas (3,4) además del reposo (7), la disminución de la actividad física, concretamente la de alto impacto (6) y los ejercicios de fortalecimiento (1,4-6).

En concreto, los ejercicios para fortalecer los músculos intrínsecos del pie se han indicado para prevenir la sintomatología dolorosa así como la deformidad anatómica del pie (8). Estos ejercicios tienen como objetivo fortalecer la musculatura intrínseca del pie y elevar el arco plantar medial, denominándose ejercicio de “acortamiento” del pie, ya que intenta “acercar” el retropié al antepié.(9).

La evidencia respalda que ante la debilidad o la falta de la correcta activación de esta musculatura, provoque una pronación y genere problemas biomecánicos (10). Los músculos que colaboran en la estabilización y soporte del arco son el abductor del hallux, el flexor corto de los dedos y el cuadrado plantar. Trabajar y potenciar estos músculos mejoran la fuerza de la contracción muscular que produce una elevación del arco longitudinal (8).

Es necesario conocer y medir la fuerza de esta musculatura para determinar la actitud terapéutica a nivel del pie. A través de esta revisión narrativa de la literatura pretendemos enumerar los distintos métodos de evaluación de la (FMI) de los pies.

**Objetivo:**

-Identificar y describir los distintos métodos para evaluar la fuerza que ejercen los músculos intrínsecos del pie.

**Material y Métodos:**

Se realizó una primera búsqueda exploratoria en la base de datos Medline con las siguientes palabras clave: medición, musculatura intrínseca, fuerza muscular, pie.



Se seleccionaron un total de tres artículos relevantes que describen diferentes técnicas para medir la fuerza muscular intrínseca del pie, que sirvieron para identificar los distintos métodos de medición y establecer una agrupación según sus similitudes. Posteriormente, se realizaron búsquedas independientes, una por cada método.

Una vez identificados los métodos de medición, se agruparon en tres grupos: mediciones clínicas, mediciones instrumentales y otras mediciones.

Este último grupo se descartó por ser mediciones de alto coste económico o de difícil acceso en la práctica clínica. Posteriormente, se realizaron búsquedas independientes, una por cada método de medición en la base de datos Medline entre los meses de marzo y abril de 2023.

Los criterios de inclusión fueron:

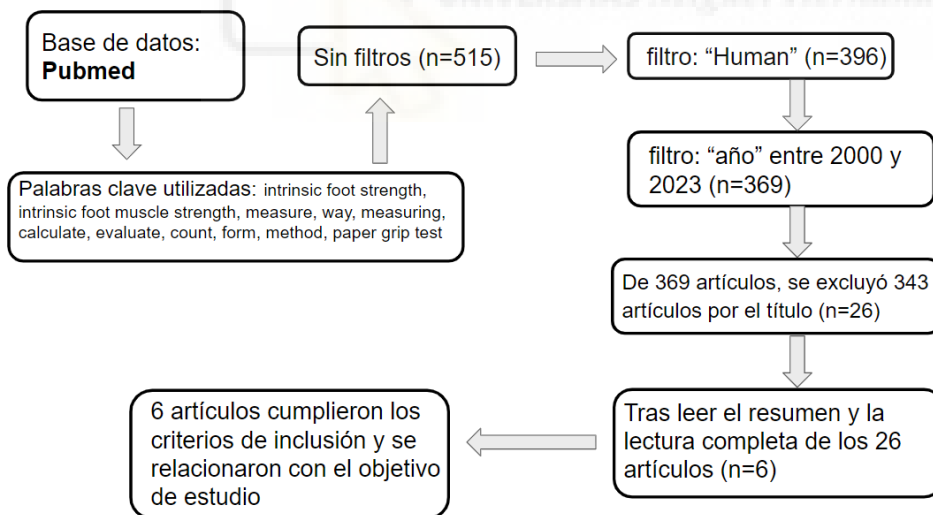
1) El dispositivo pueda medir la fuerza muscular, 2) Aplicable sólo en humanos, 3) Artículos escritos en inglés o en español, 4) Nombrar los músculos del pie, 5) El rango de temporalidad abarcar es entre 2000 y 2023.

Los métodos de medición recuperados inicialmente en esta primera búsqueda exploratoria que se ajustasen a los grupos de mediciones clínicas o instrumentales fueron: *prueba de agarre de papel, prueba del descenso escafoideo, prueba positiva intrínseca, altura del arco medial, índice de rigidez del arco, dinamometría, plataforma de presiones y dispositivo de flexión del dedo.*

1-*Prueba de agarre de papel*: Para las búsquedas se utilizaron las siguientes palabras clave: *intrinsic foot strength, intrinsic foot muscle strength, measure, way, measuring, calculate, evaluate, count, form, method, paper grip test*. La estrategia de búsqueda completa utilizada para este método puede consultarse en la tabla 1.

De la búsqueda inicial específica para Prueba de agarre del papel, se recuperaron 515 artículos que al aplicar el filtro “humano” y el filtro de “año”, de 369 artículos, se excluyeron 343 artículos tras leer el título. Tras la lectura del resumen y lectura completa de 26 artículos, se excluyeron 20 artículos y fueron 6 artículos los que cumplieron con los criterios de inclusión y se relacionaban con el objetivo de este artículo (Ver figura 1).

Figura 1. Prueba de agarre de papel:

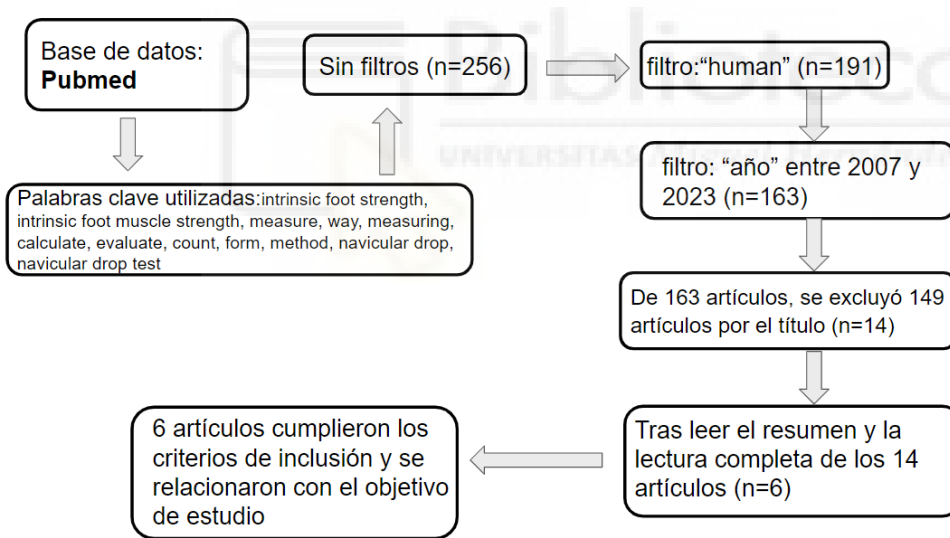


2-*Prueba del descenso escafoideo*: Se utilizaron las siguientes palabras clave: *intrinsic foot strength, intrinsic foot muscle strength, measure, way, measuring, calculate, evaluate, count, form, method, navicular drop, navicular drop test*. La

estrategia de búsqueda completa en PubMed utilizada para este método puede consultarse en la tabla 1.

De la búsqueda inicial específica para Prueba del descenso escafoideo, se recuperaron 256 artículos que al aplicar el filtro "humano" y el filtro de "año", de 163 artículos, excluyeron 149 artículos tras leer el título. Tras la lectura del resumen y lectura completa de 14 artículos, se excluyeron 8 artículos y fueron 6 artículos los que cumplieron con los criterios de inclusión y se relacionaban con el objetivo de este artículo (Ver figura 2).

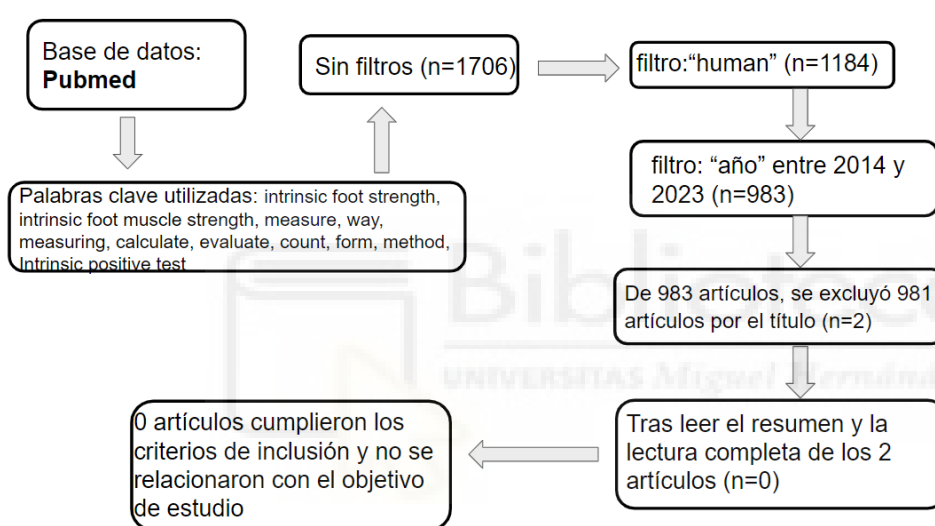
Figura 2. Prueba del descenso escafoideo:



**3-Prueba positiva intrínseca:** Se utilizaron las siguientes palabras clave: *intrinsic foot strength, intrinsic foot muscle strength, measure, way, measuring, calculate, evaluate, count, form, method, Intrinsic positive test*. La estrategia de búsqueda completa en PubMed utilizada para este método puede consultarse en la tabla 1.

De la búsqueda inicial específica para Prueba positiva intrínseca, se recuperaron 1706 artículos que al aplicar el filtro "humano" y el filtro de "año", de 983 artículos, se excluyeron 981 artículos tras leer el título. Tras la lectura del resumen y lectura completa de 2 artículos, se excluyeron los 2 artículos, es decir, no hubo ningún artículo que se relacionaba con este método de la medición de fuerza muscular (Ver figura 3).

Figura 3. Prueba positiva intrínseca:

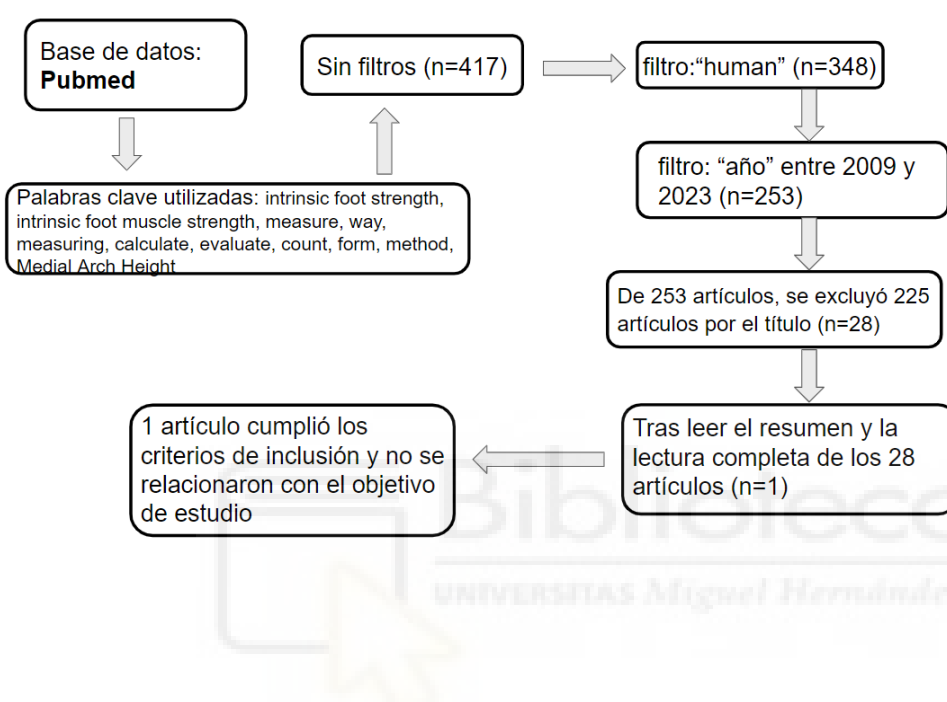


4-*Altura del arco medial*: Se utilizaron las siguientes palabras clave: *intrinsic foot strength, intrinsic foot muscle strength, measure, way, measuring, calculate, evaluate, count, form, method, Medial Arch Height*. La estrategia de búsqueda completa en PubMed utilizada para este método puede consultarse en la tabla 1.

De la búsqueda inicial específica para Altura del arco medial, se recuperaron 417 artículos que al aplicar el filtro "humano" y el filtro de "año", de 253 artículos, se excluyeron 225 artículos tras leer el título. Tras la lectura del resumen y lectura

completa de 28 artículos, se excluyeron 27 artículos y fué 1 artículo el que cumplió con los criterios de inclusión y se relacionaba con el objetivo de este artículo (Ver figura 4).

Figura 4. Altura del arco medial:



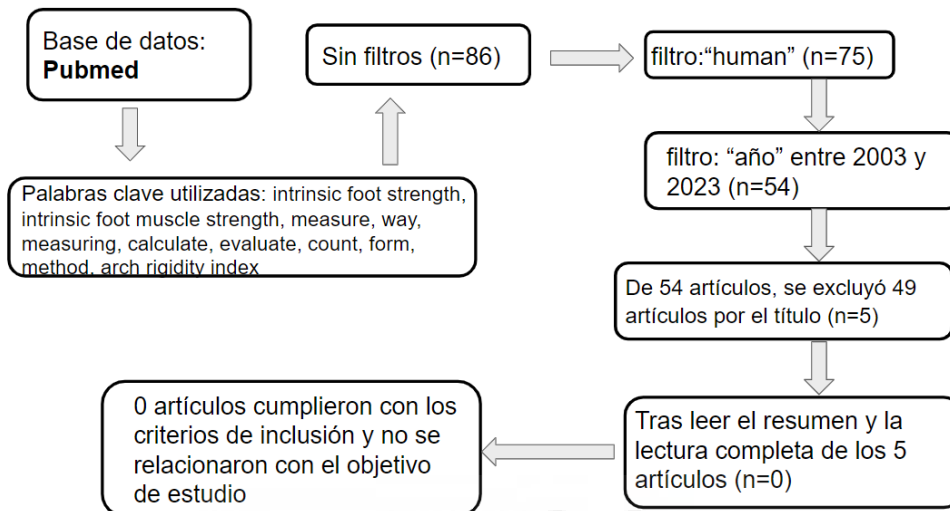
5-Índice de rigidez del arco: Se utilizaron las siguientes palabras clave:

*intrinsic foot strength, intrinsic foot muscle strength, measure, way, measuring, calculate, evaluate, count, form, method, arch rigidity index.* La estrategia de búsqueda completa utilizada para este método puede consultarse en la tabla 1.

De la búsqueda inicial específica para Índice de rigidez del arco, se recuperaron 86 artículos que al aplicar el filtro "humano" y el filtro de "año", de 54 artículos, se excluyeron 49 artículos tras leer el título. Tras la lectura del resumen y lectura completa de 5 artículos, se excluyeron los 5 artículos, por tanto ningún artículo

cumplió con los criterios de inclusión ni se relacionaba con el objetivo de este artículo (Ver figura 5).

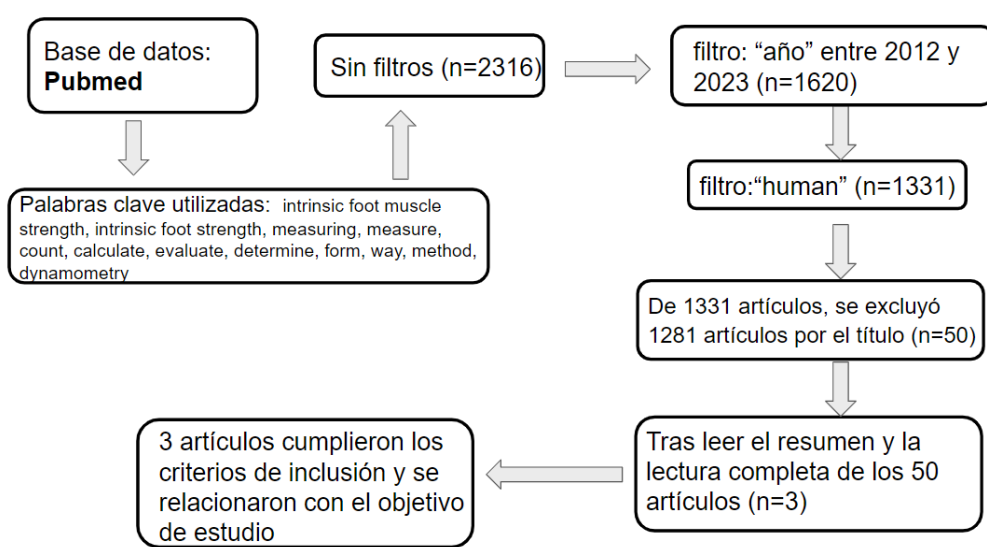
Figura 5. Índice de rigidez del arco:



6-Dinamometría: Se utilizaron las siguientes palabras clave: *intrinsic foot muscle strength, intrinsic foot strength, measuring, measure, count, calculate, evaluate, determine, form, way, method, dynamometry*. La estrategia de búsqueda completa utilizada para este método puede consultarse en la tabla 1.

De la búsqueda inicial específica para Dinamometría, se recuperaron 2316 artículos que al aplicar el filtro "humano" y el filtro de "año", de 1331 artículos, se excluyeron 1281 artículos tras leer el título. Tras la lectura del resumen y lectura completa de 50 artículos, se excluyeron 47 artículos y fueron 3 artículos los que cumplieron con los criterios de inclusión y se relacionaban con el objetivo de este artículo (Ver figura 6).

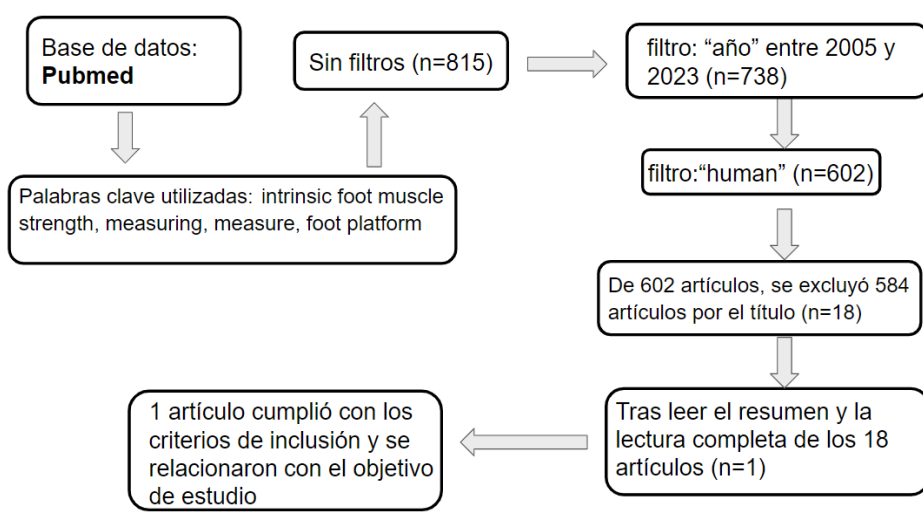
Figura 6. Dinamometría:



7-Plataforma de presiones: Se utilizaron las siguientes palabras clave:*intrinsic foot muscle strength, measuring, measure, foot platform*. La estrategia de búsqueda completa utilizada para este método puede consultarse en la tabla 1.

De la búsqueda inicial específica para Plataforma de presiones, se recuperaron 815 artículos que al aplicar el filtro "humano" y el filtro de "año", de 602 artículos, se excluyeron 584 artículos tras leer el título. Tras la lectura del resumen y lectura completa de 18 artículos, se excluyeron 17 artículos y fué 1 artículo el que cumplió con los criterios de inclusión y se relacionaba con el objetivo de este artículo (Ver figura 7).

Figura 7. Plataforma de presiones:



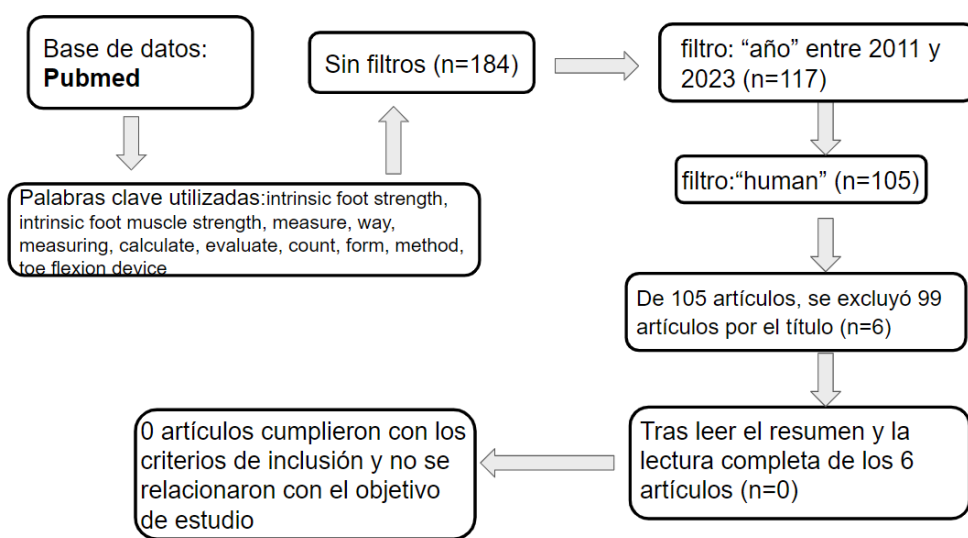
8-Dispositivo de flexión del dedo: Se utilizaron las siguientes palabras clave:

*intrinsic foot strength, intrinsic foot muscle strength, measure, way, measuring, calculate, evaluate, count, form, method, toe flexion device.* La estrategia de búsqueda completa utilizada para este método puede consultarse en la tabla 1.

De la búsqueda inicial específica para Dispositivo de flexión del dedo, se recuperaron 184 artículos que al aplicar el filtro "humano" y el filtro de "año", de 105 artículos, se excluyeron 99 artículos tras leer el título. Tras la lectura del resumen y lectura completa de 6 artículos, se excluyeron 6 artículos, ningún artículo cumplió con los criterios de inclusión ni se relacionaba con el objetivo de este artículo (Ver figura 8).



Figura 8. Dispositivo de flexión del dedo:



Tras realizar todas las búsquedas, el número total de trabajos analizados fue de 17 artículos.

### Extracción de datos

De los tres grupos propuestos: mediciones clínicas, mediciones instrumentales y otras mediciones. Para esta revisión nos centraremos en los dos primeros.

Dentro del grupo de las mediciones clínicas hemos identificado los siguientes métodos de medición:

- Prueba de agarre de papel.
- Prueba del descenso escafoideo.
- Prueba positiva intrínseca.
- Altura del arco medial.
- Índice de rigidez del arco.

Dentro del grupo de las mediciones instrumentales hemos identificado los siguientes métodos de medición:

- Dinamometría.
- Plataforma de presiones.
- Dispositivo de flexión del dedo.

Tabla 1. Estrategias de búsquedas utilizadas para las distintas mediciones obtenidas en la base de datos PubMed.

Clasificación	Método	Estrategia de búsqueda
Mediciones Clínicas	Prueba de agarre de papel (Paper Grip Test)	<b>(((intrinsic foot strength) OR (intrinsic foot muscle strength)) AND (measure OR way OR measuring OR calculate OR evaluate OR count OR form OR method)) AND (paper grip test))</b>
	Prueba del descenso escafoideo (Navicular drop)	<b>(((intrinsic foot strength) OR (intrinsic foot muscle strength)) AND (measure OR way OR measuring OR calculate OR evaluate OR count OR form OR method)) AND (navicular drop OR navicular drop test))</b>
	Prueba positiva intrínseca	<b>(((intrinsic foot strength) OR (intrinsic foot muscle strength)) AND (measure OR way OR measuring OR calculate OR evaluate OR count OR form OR method)) AND (Intrinsic positive test))</b>
	Altura del arco medial	<b>(((intrinsic foot strength) OR (intrinsic foot muscle strength)) AND (measure OR way OR measuring OR calculate OR evaluate OR count OR form OR method)) AND (Medial Arch Height))</b>
	índice de rigidez del arco	<b>(((intrinsic foot strength OR intrinsic foot muscle strength)) AND (measure OR way OR measuring OR calculate OR evaluate OR count OR form OR method)) AND (arch rigidity index))</b>

Mediciones Instrumentales	Dinamometría	(((intrinsic foot muscle strength) OR (intrinsic foot strength)) AND (measuring OR measure OR count OR calculate OR evaluate OR determine OR form OR way OR method)) AND (Dynamometry))
	Plataforma de presiones	(((intrinsic foot muscle strength) AND (measuring)) OR (measure)) AND (foot platform))
	Dispositivo de flexión del dedo	(((intrinsic foot strength) OR intrinsic foot muscle strength)) AND (measure OR way OR measuring OR calculate OR evaluate OR count OR form OR method)) AND (toe flexion device)
Otras mediciones	Resonancia magnética	(((intrinsic foot strength) OR (intrinsic foot muscle strength)) AND measure OR way OR measuring OR calculate OR evaluate OR count OR form OR method)) AND (Magnetic Resonance))
	Tomografía computarizada	(((intrinsic foot strength) OR (intrinsic foot muscle strength)) AND (measure OR way OR measuring OR calculate OR evaluate OR count OR form OR method)) AND (computerized tomography))
	Ultrasonidos	(((foot muscle strength) OR (intrinsic foot strength OR intrinsic foot muscle strength)) AND (measure OR measuring OR calculate OR evaluate OR determine OR form OR way OR method)) AND (Ultrasonography))
	Biopsia muscular	(((intrinsic foot strength) OR intrinsic foot muscle strength)) AND (measure OR way)) AND (muscle biopsy))

**Resultados:**

De un total de 17 artículos, se descartaron 2 por estar repetidos en otras búsquedas de mediciones distintas. A continuación, se exponen las características de cada método de evaluación según los bloques anteriormente nombrados.

## 1-Mediciones clínicas

En el bloque de “mediciones clínicas”, se encuentran la prueba de agarre del papel, la prueba del descenso escafoideo, la prueba positiva intrínseca, altura del arco medial, y el índice de rigidez del arco.

### **Prueba de agarre de papel:**

La prueba de agarre de papel es un método clínico cualitativo que evalúa la fuerza del flexor plantar del hallux.

La prueba de agarre de papel se realiza colocando un pequeño trozo de cartón situado distalmente a la articulación metatarsfalángica luego, mientras que el sujeto resiste el movimiento del examinador que este tira del cartón gradualmente con fuerza, el sujeto resiste el movimiento con la fuerza que efectúan los FMI. Se califica negativo cuando el sujeto puede sostener con éxito el cartón, y es positivo cuando el sujeto no logra sujetar el papel Chatzistergos et al. (11).

De los estudios recuperados para este método, Chatzistergos et al. (11), indicaron que la fuerza de agarre del dedo gordo del pie puede ser utilizado para evaluar la debilidad muscular e incluso para evaluar el riesgo de caídas en personas con diabetes y neuropatía periférica.

Fotoohabadi et al. (12) encontró en sujetos que presentaban hallux valgus, una disminución de la fuerza en la flexión plantar del dedo gordo debido a la posición de los tendones que estos se encuentran. Demostró una alta confiabilidad test-retest y la capacidad de la prueba de agarre del papel para evaluar la fuerza de flexión plantar.

Otro estudio (13), dos examinadores evaluaron la fuerza de compresión del primer dedo gordo con el uso de la prueba de agarre, la dinamometría y la plataforma de presiones. Como resultado encontraron una relación fiable de la fuerza de compresión que ejercía el primer dedo gordo a través de la plataforma de presiones y los datos obtenidos con el dinamómetro y la prueba de agarre. Por otro lado, encontraron una consistencia de repetibilidad en cuanto a los datos obtenidos entre ambos evaluadores a la hora de realizar la prueba de agarre.

de Win et al. (14) realizó un estudio en pacientes con lepra y personas sanas, y como método utilizó la prueba agarre del papel en el primer dedo y en dedos menores para identificar si serviría como método válido de cribado en la parálisis de los músculos intrínsecos. La electromiografía es un método que diagnostica la parálisis muscular, en este estudio sólo los datos obtenidos de la prueba de agarre en el primer dedo en comparación con los resultados de la electromiografía concluyeron que la prueba de agarre de papel es un método válido de cribado en la parálisis de la musculatura intrínseca, a pesar del resultado se requiere más investigación.

Mahieu et al. (15) realizó un estudio para detectar si la prueba de agarre de papel sirve como método para detectar la debilidad muscular intrínseca del primer dedo en pacientes con diabetes comparado con un grupo sano. Los resultados del estudio fueron que el agarre de papel es un método con validez para identificar debilidad en la FMI del primer dedo.

Mientras que en el trabajo de Healy et al. (16), al comparar el test de agarre de papel con la dinamometría, encontraron una correlación positiva entre ambas pruebas a la hora de medir la fuerza muscular. Este estudio respalda la validez de utilizar la prueba de agarre con papel para evaluar la fuerza muscular en personas con diabetes.

### **Prueba del descenso escafoideo:**

La prueba del descenso escafoideo es una prueba clínica que mide la distancia desde la tuberosidad del escafoides hasta el suelo. Se mide cuando el sujeto está en bipedestación como en sedestación y se compara los cambios del descenso del escafoides. Se definió con una posición sentada (sin soporte de peso) con la cadera y la rodilla flexionadas a 90° y los pies alineados en posición neutra, anotando la distancia de la altura del escafoides Namsawang et al. (17)

Según un estudio publicado en 2020 (18), los ejercicios de pie corto (short-foot), consiguen que las personas reduzcan el descenso del escafoides, el dolor y la pronación, entre otros. Es decir, que una reducción en el descenso del escafoides mejora la posición y la estabilidad del arco plantar medial. En otro estudio similar (19) aplicaron los ejercicios de pie corto (short-foot) en dos grupos de jóvenes con el objetivo de si mejoraba la pronación. Con el uso de la prueba de descenso del escafoides como evaluación, concluyeron que tras la aplicación de estos ejercicios, ambos grupos mejoraron la pronación.

Namsawang et al. (17), indicaron que el grupo sometido al grupo con ejercicio más estimulación TENS en comparación con el grupo únicamente sometido a ejercicios de fortalecimiento, señalan que un deterioro muscular resulta en un aumento de la caída del navicular que esto se relaciona con la activación de los músculos intrínsecos por tanto, se mostraron mejoras en el grupo de ejercicios más TENS porque estimula las fibras musculares de músculos específicos de forma directa mejorando la FMI.

Alam et al. (20) aplicó un programa de ejercicios de fortalecimiento y estiramiento en comparación de ejercicios con el uso de una toalla en pacientes con pies planos. Los cambios tras los ejercicios se midió con la prueba del descenso del escafoides. Se concluyó que hubo mejoras en la pronación, en la posición del hueso navicular y en la FMI tras los ejercicios de fortalecimiento y estiramiento.

En el estudio de Headlee et al. (21) participaron personas jóvenes para valorar el descenso de arco medial que éste causaría una pronación del pie con un instrumento que fatigaba los músculos intrínsecos mediante la prueba del descenso del escafoides. Se concluyó que los músculos intrínsecos son los encargados de soportar el arco longitudinal medial y controlan la pronación. Otro estudio similar llegó a la misma conclusión (22). Aplicaron a un grupo de pacientes ejercicios de pie corto y tras 4 semanas concluyeron que los músculos intrínsecos mejoró la función de soportar el arco medial y controlar la pronación.

### **Prueba positiva intrínseca:**

La prueba consiste en que el sujeto extienda el primer dedo del pie mientras simultáneamente trata de realizar una flexión de los dedos menores y extender las articulaciones interfalángicas, que al realizar el movimiento tiene como utilidad medir la musculatura intrínseca de los dedos menores. Al realizar la flexión muscular genera un patrón que indica el estado del movimiento muscular, si el patrón es positivo significa que realiza la flexión y extensión articular, si es negativo el patrón significa que la articulación es incapaz de flexionar y extender (23).

No se recuperó ningún trabajo sobre este método de evaluación que cumpliera con los criterios de inclusión y de exclusión.

### **Altura del Arco Medial:**

La altura del arco longitudinal medial se obtiene midiendo la longitud truncada, que es la distancia que hay entre el punto más posterior del calcáneo y el centro de la cabeza del 1er metatarsiano, y su valor obtenido se divide entre la altura del dorso del pie, dicha altura se mide desde el suelo hasta al punto más alto del arco medial y el resultado de esta división determinará si el pie es cavo, normal o plano (22, 24).

En el estudio de Mulligan et al. (22) Aplicaron a un grupo de pacientes ejercicios de pie corto (short-foot) y tras 4 semanas los músculos intrínsecos fueron evaluados con la prueba del descenso del escafoides y el índice de altura del arco, con este último método hubieron cambios significativos, concluyendo que mejoró la función



de soportar el arco longitudinal medial, el control de la pronación y el equilibrio dinámico tras la realización de ejercicios de pie corto.

### **Índice de Rigidez del Arco:**

El índice de rigidez del arco se calcula dividiendo la altura del arco longitudinal interno obtenida en bipedestación es decir, la distancia que hay desde el suelo hasta el punto más alto del arco medial en bipedestación entre la altura del arco longitudinal interno sentado es decir, la distancia que hay desde el suelo hasta el punto más alto del arco medial en sedestación. El resultado indica la flexibilidad del arco, cuando el valor se aproxima a 1 quiere decir que el arco longitudinal medial es más rígido, mientras que un arco medial es flexible cuando el valor se eleva por encima de 1 (24).

No se recuperó ningún trabajo sobre este método de evaluación que cumpliera con los criterios de inclusión y de exclusión.

### **2-Mediciones instrumentadas**

En el bloque de “mediciones instrumentadas”, se encuentran la dinamometría, plataforma de presiones y dispositivo de flexión del dedo.

#### **Dinamometría:**

La dinamometría es un método que valora la resistencia a la fuerza muscular que ejerce el paciente (23, 26).

Se ha demostrado una fiabilidad intraobservador de buena a excelente en la medición de la FMI (27). Además, es reconocido como el estándar de oro para medir la fuerza muscular en general. Vanpee et al. (28) concluyeron que la medición de la fuerza muscular es fiable con el uso de dinamómetros. Se basaron en el dinamómetro portátil y de agarre, ambos dinamómetros puntuaron una fiabilidad alta además, la fiabilidad intraevaluador de ambos dinamómetros fueron muy buenos.

Chatzistergos et al. (13) evaluaron la fuerza de agarre que ejercía el paciente sobre la tarjeta con el dedo gordo entre examinadores que realizaban tracción con el dinamómetro sobre la tarjeta. Concluyeron que la fuerza medida por el dinamómetro y la prueba del papel se relacionan fuertemente con la fuerza que ejercía el paciente en el movimiento de agarre del dedo gordo, además de demostrar consistencia interevaluador.

### **Plataforma de presiones:**

La plataforma de presiones es un método de medición que es sensible a los cambios en las superficies plantar y baricéntrica, es decir el punto donde se concentra la masa total. La plataforma calcula la presión plantar (23).

Menz et al. (29) registró la fuerza mientras se realizaba la prueba de agarre del papel y se medía la fuerza en la plataforma de presiones, este artículo evaluó la diferencia de la FMI del primer dedo y de los dedos menores durante la flexión plantar entre jóvenes y personas mayores concluyendo que hubo una diferencia de fuerza entre ambos grupos. Además indican la fiabilidad test-retest en la medición de las fuerzas con la plataforma de presiones.

### **Dispositivo de flexión del dedo:**

Es un instrumento que valora la fuerza flexora de los dedos de forma personalizada. Los sujetos agarran una pequeña barra con los dedos y realizan una flexión máxima contra un transductor de fuerza (30).

No se han encontrado artículos que apoyen o refuten el dispositivo de flexión del dedo como método para evaluar la fuerza muscular

### **Discusión:**

A través de esta revisión se han identificado y descrito distintos métodos de medición de la FMI respondiendo así al objetivo propuesto.

Se establecieron tres grupos para clasificar los métodos de medición de la FMI, centrándonos finalmente en 2 de ellos.

- a) Mediciones clínicas: formado por la prueba de agarre del papel, la prueba del descenso escafoideo, la prueba positiva intrínseca, la altura del arco medial y el índice del arco rígido.
- b) Mediciones instrumentales: formado por la dinamometría, la plataforma de presiones y el dispositivo de flexión del dedo.

En el bloque de “mediciones clínicas” el método de la prueba de agarre del papel, destaca como un método válido y fiable a la hora de evaluar la FMI (14-16), además de presentar consistencia interevaluador (12,13). La bibliografía respalda que es una prueba fiable a la hora de evaluar la FMI en pacientes con diabetes y neuropatía periférica (11, 14-16).

La prueba del descenso escafoideo, mostró cambios tanto cualitativos como cuantitativos (17,18), siendo un indicador de la eficacia del FMI (18, 20).

La prueba de Altura del Arco Medial, demostró utilidad en la medición de la FMI a nivel cualitativo (22).

En el bloque de “mediciones instrumentales”, el método del dinamómetro está considerado como la prueba de referencia a la hora de medir la FMI (28), existiendo una correlación positiva entre la prueba de agarre del papel y el dinamómetro, considerando también esta prueba de gran utilidad (13).

Para los métodos de Prueba Positiva Intrínseca e Índice de Rigidez del Arco, no hemos encontrado trabajos que cumplieran con nuestros criterios de inclusión para esta revisión.

En el bloque de “mediciones clínicas” la prueba de agarre del papel muestra como técnica fiable y válida para medir la FMI de forma cualitativa (16). En el caso de la prueba del descenso escafoideo, los resultados cualitativos y cuantitativos apoyan la fiabilidad de la técnica como medición de la musculatura intrínseca del pie (17). Para la prueba de altura del arco medial los resultados son positivos en cuanto a la mejora del FMI (22). En el resto de los métodos como son la prueba positiva intrínseca e índice de rigidez del arco hubo falta de evidencia (26).

Dentro del bloque de “mediciones instrumentales” el dinamómetro es un método confiable para la medición de la FMI del pie (13, 27). Además su fiabilidad intersobservador y validez es buena (13, 28), estableciéndose como el estándar de oro en la medición de la fuerza muscular (27).

La plataforma de presiones es una herramienta que se presenta como un instrumento complementario que se usa de forma conjunta con otro método, es decir no es un método que sirva para medir la fuerza muscular de forma directa y que arroje datos concretos que especifique sobre el estado de la FMI por sí mismo (29), si no que la fuerza se mide a través de las presiones que generan las estructuras del pie junto con otro método (29).

#### **Limitaciones del estudio:**

1-Al ser una revisión narrativa de la literatura, no se ha realizado una metodología de búsqueda y recuperación de la literatura tan exhaustiva como en otros formatos (ej. revisión sistemática), por lo que los resultados y conclusiones hay que interpretarlos con cautela.

2-Es posible que algunos métodos de evaluación de la fuerza muscular no hayan sido contemplados en esta revisión debido a las limitaciones metodológicas y la naturaleza de la revisión narrativa, que puede no haber incluido todos los métodos disponibles.

## **Conclusión:**

Dentro de las “mediciones clínicas”,

- La prueba de agarre del papel, es un método de reproducción interobservador efectivo que evalúa la FMI del primer dedo y de los dedos menores de forma cualitativa.
- La prueba del descenso escafoideo es un método válido para valorar el estado de la fuerza de los músculos de forma cualitativa y cuantitativa.

Dentro de las “mediciones instrumentales”:

- El dinamómetro está considerado el estándar de oro para la medición de la fuerza muscular.

## **Bibliografía:**

- 1.- Latt LD, Jaffe DE, Tang Y, Taljanovic MS. Evaluation and treatment of chronic plantar fasciitis. *Foot Ankle Orthop*. 2020;5(1):2473011419896763.
- 2.-Thompson JV, Saini SS, Reb CW, Daniel JN. Diagnosis and management of plantar fasciitis. *J Am Osteopath Assoc*. 2014;114(12):900–6.
- 3.-Cutts S, Obi N, Pasapula C, Chan W. Plantar fasciitis. *Ann R Coll Surg Engl*. 2012;94(8):539–42.
- 4.-Lim AT, How CH, Tan B. Management of plantar fasciitis in the outpatient setting. *Singapore Med J*. 2016;57(4):168–70.
- 5.-Kamonseki DH, Gonçalves GA, Yi LC, Júnior IL. Effect of stretching with and without muscle strengthening exercises for the foot and hip in patients with plantar fasciitis: A randomized controlled single-blind clinical trial. *Man Ther*. 2016;23:76–82.
- 6.-Trojian T, Tucker AK. Plantar Fasciitis. *afp*. 2019;99(12):744–50.

- 7.-Stecco C, Corradin M, Macchi V, Morra A, Porzionato A, Biz C, et al. Plantar fascia anatomy and its relationship with Achilles tendon and paratenon. *J Anat.* 2013;223(6):665–76.
- 8.-Huang C, Chen L-Y, Liao Y-H, Masodsai K, Lin Y-Y. Effects of the short-foot exercise on foot alignment and muscle hypertrophy in flatfoot individuals: A meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(19):11994.
- 9.-Okamura K, Fukuda K, Oki S, Ono T, Tanaka S, Kanai S. Effects of plantar intrinsic foot muscle strengthening exercise on static and dynamic foot kinematics: A pilot randomized controlled single-blind trial in individuals with pes planus. *Gait Posture.* 2020;75:40–5.
- 10.-Taddei UT, Matias AB, Ribeiro FIA, Bus SA, Sacco ICN. Effects of a foot strengthening program on foot muscle morphology and running mechanics: A proof-of-concept, single-blind randomized controlled trial. *Phys Ther Sport.* 2020;42:107–15.
- 11.-Chatzistergos PE, Healy A, Naemi R, Sundar L, Ramachandran A, Chockalingam N. The relationship between hallux grip force and balance in people with diabetes. *Gait Posture.* 2019;70:109–15.
- 12.-Fotoohabadi M, Spink MJ, Menz HB. Relationship between lower limb muscle strength and hallux valgus severity in older people. *Foot (Edinb).* 2021;46:101751.
- 13.-Chatzistergos PE, Healy A, Balasubramanian G, Sundar L, Ramachandran A, Chockalingam N. Reliability and validity of an enhanced paper grip test; A simple clinical test for assessing lower limb strength. *Gait Posture.* 2020;81:120-125.
- 14.-de Win MM, Theuvenet WJ, Roche PW, de Bie RA, van Mameren H. The paper grip test for screening on intrinsic muscle paralysis in the foot of leprosy patients. *Int J Lepr Other Mycobact Dis.* 2002;70(1):16-24.

- 15.-**Mahieu R, Coenen MN, van Bommel T, van der Zaag-Loonen HJ, Theuvenet WJ. Detecting intrinsic muscle weakness of the hallux as an addition to early-stage screening of the feet in patients with diabetes. *Diabetes Res Clin Pract.* 2016;119:83-7.
- 16.-**Healy A, Naemi R, Sundar L, Chatzistergos P, Ramachandran A, Chockalingam N. Hallux plantar flexor strength in people with diabetic neuropathy: Validation of a simple clinical test. *Diabetes Res Clin Pract.* 2018;144:1–9.
- 17.-**Namsawang J, Muanjai P. Combined use of transcutaneous electrical nerve stimulation and short foot exercise improves navicular height, muscle size, function mobility, and risk of falls in healthy older adults. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(12):7196.
- 18.-**Unver B, Erdem EU, Akbas E. Effects of short-foot exercises on foot posture, pain, disability, and plantar pressure in Pes planus. *J Sport Rehabil.* 2020;29(4):436–40.
- 19.-**Pabón-Carrasco M, Castro-Méndez A, Vilar-Palomo S, Jiménez-Cebrián AM, García-Paya I, Palomo-Toucedo IC. Randomized Clinical Trial: The Effect of Exercise of the Intrinsic Muscle on Foot Pronation. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(13):4882.
- 20.-**Alam F, Raza S, Moiz JA, Bhati P, Anwer S, Alghadir A. Effects of selective strengthening of tibialis posterior and stretching of iliopsoas on navicular drop, dynamic balance, and lower limb muscle activity in pronated feet: A randomized clinical trial. *Phys Sportsmed.* 2019;47(3):301-311.
- 21.-**Headlee DL, Leonard JL, Hart JM, Ingersoll CD, Hertel J. Fatigue of the plantar intrinsic foot muscles increases navicular drop. *J Electromyogr Kinesiol.* 2008;18(3):420-5.



- 22.-**Mulligan EP, Cook PG. Effect of plantar intrinsic muscle training on medial longitudinal arch morphology and dynamic function. *Man Ther.* 2013;18(5):425-30.
- 23.-**Soysa A, Hiller C, Refshauge K, Burns J. Importance and challenges of measuring intrinsic foot muscle strength. *J Foot Ankle Res.* 2012;5(1):29.
- 24.-**Tourillon R, Gojanovic B, Fourchet F. How to evaluate and improve foot strength in athletes: An update. *Front Sports Act Living*]. 2019;1:46.
- 25.-**Rabbito M, Pohl MB, Humble N, Ferber R. Biomechanical and clinical factors related to stage I posterior tibial tendon dysfunction. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2011;41(10):776–84.
- 26.-**Baltzopoulos V, Brodie DA. Isokinetic Dynamometry: Applications and Limitations. *Sports Med.* 1989;8(2):101–16.
- 27.-**Gong Q, Halstead J, Keenan A-M, Milanese S, Redmond AC, Arnold JB. Intrinsic foot muscle size and associations with strength, pain and foot-related disability in people with midfoot osteoarthritis. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2023;101(105865):105865.
- 28.-**Vanpee G, Hermans G, Segers J, Gosselink R. Assessment of limb muscle strength in critically ill patients: a systematic review: A systematic review. *Crit Care Med.* 2014;42(3):701–11.
- 29.-**Menz HB, Zammit GV, Munteanu SE, Scott G. Plantarflexion strength of the toes: age and gender differences and evaluation of a clinical screening test. *Foot Ankle Int.* 2006;27(12):1103–8.
- 30.-**Bruening DA, Ridge ST, Jacobs JL, Olsen MT, Griffin DW, Ferguson DH, et al. Functional assessments of foot strength: a comparative and repeatability study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2019;20(1):608.