

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**TRABAJO FIN DE GRADO EN FISIOTERAPIA**



**Relación de las variables antropométricas con el índice de dorsiflexión tobillo-pie. Un estudio transversal.**

**AUTOR:** MIÑANA MARÍN, ANTONIO.

**Nº expediente.** 1780

**TUTOR.** LOZANO QUIJADA, CARLOS

**COTUTOR.** SEGURA HERAS, JOSÉ VICENTE

**Departamento y Área.** Cirugía y Patología

**Curso académico** 2018 - 2019

**Convocatoria** de Junio



# ÍNDICE:

<b>RESUMEN</b>	<b>3</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>4</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>5</b>
Objetivos e hipótesis	6
<b>2. MÉTODOS</b>	<b>6</b>
3.1 Participantes	6
3.2 Procedimiento experimental	6
3.3 Análisis de los datos	8
<b>3. RESULTADOS</b>	<b>8</b>
<b>4. DISCUSIÓN</b>	<b>10</b>
<b>5. CONCLUSIONES</b>	<b>12</b>
<b>6. ANEXO DE FIGURAS Y TABLAS</b>	<b>13</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>16</b>



## **RESUMEN**

### Introducción:

El índice de dorsiflexión de tobillo-pie (IDT) hace referencia a la diferencia entre los valores de flexión dorsal de tobillo con la rodilla en extensión y en flexión. Un resultado  $\geq 13^\circ$ , parece ser un riesgo de lesión. Las variables edad, actividad física, peso, altura, índice de masa corporal (IMC) y etnia han demostrado tener relación con el IDT. Por ello, planteamos conocer la relación entre las variables antropométricas y el IDT, así como evaluar si es el sóleo o el gemelo el posible causante de alteraciones en el IDT.

### Material y métodos:

Veintisiete sujetos universitarios realizaron los test de estocada en flexión y extensión de rodilla y se midieron los grados de flexión dorsal de tobillo.

### Resultados:

Se obtuvo una correlación significativa, con un p-valor menor a 0.05, para el IDT y IMC, y para el IDT y peso, siendo de 0.513 y 0.414, respectivamente. Por otra parte, no se obtuvieron cambios significativos en los resultados del test con extensión de rodilla para los grupos de  $IDT \geq 13^\circ$  e  $IDT < 13^\circ$ , pero sí en los resultados del test con flexión de rodilla.

### Conclusiones:

Se ha observado que existe una tendencia en personas con un IMC elevado a tener un mayor IDT y con ello mayor riesgo de lesiones. Por otro lado, se sugiere una disfunción del sóleo, asociada o no a acortamiento de gastrocnemio, como principal causante de un  $IDT \geq 13^\circ$ .

**Palabras clave:** ADI, Triceps surae, Muscle tonus, Lunge test, Ankle joint.

## **SUMMARY**

### **Introduction:**

The ankle-foot dorsiflexion index (ADI) refers to the difference between the values of dorsiflexion of the ankle with the knee in extension and in flexion. A result  $\geq 13^\circ$  seems to be a risk of injury. The variables age, physical activity, weight, height, body mass index (BMI) and ethnicity have been shown to be related to the ADI. Therefore we propose to know the relationship between the anthropometric variables and the ADI, as well as to evaluate if the soleus or the twin is the possible cause of alterations in the IDT.

### **Material and methods:**

Twenty-seven university subjects performed the knee flexion and extension test and the dorsiflexion of the ankle was measured.

### **Results:**

A significant correlation was obtained, with a p-value less than 0.05, for the ADI and BMI and for the ADI and weight, being 0.513 and 0.414, respectively. On the other hand, no significant changes were obtained in the results of the knee extension test for the ADI groups  $\geq 13^\circ$  and  $ADI < 13^\circ$ , but in the results of the test with knee flexion.

### **Conclusions:**

It has been observed that there is a tendency in people with a high BMI to have a higher ADI and a greater risk of injury. On the other hand, a soleus dysfunction is suggested, associated or not with shortening of gastrocnemius, as the main cause of an  $ADI \geq 13^\circ$ .

## 1. INTRODUCCIÓN

La deambulación supone una secuencia repetitiva de movimientos de la extremidad inferior para mover de forma simultánea el cuerpo hacia delante mientras se mantiene la estabilidad (*Perry and Burnfield, 2015*). Para ello, requiere la coordinación de muchos músculos. Durante la marcha, cada músculo produce su fuerza óptima en sincronía con otros músculos que actúan como sinergistas y antagonistas en una articulación en particular (*Błażkiewicz et al., 2017*). El complejo articular del tobillo se ajusta constantemente durante la locomoción para permitir un perfecto acoplamiento entre el cuerpo y el suelo para lograr un movimiento exitoso.

Los músculos de la articulación del tobillo sostienen el cuerpo, impulsan el centro de la masa hacia adelante durante la fase de empuje hacia afuera y reducen las pérdidas de energía debidas al golpe del talón. Sin embargo, el papel de los músculos individuales del tobillo durante la marcha normal es controvertido. Algunos estudios apuntan la importancia del papel del tríceps sural durante la marcha. Esto se sostiene dado que la falta de flexibilidad del músculo gastrocnemio puede impedir el avance normal de la tibia en relación con el pie durante el apoyo medio (*Wu et al., 2014*) y a que el sóleo genera la mayor fuerza en condiciones estáticas y dinámicas seguido del gastrocnemio en condiciones dinámicas (*Błażkiewicz et al., 2017*)

Otros estudios sostienen que la inflexibilidad del gastrocnemio es una disfunción muscular común en muchos pacientes (*Wu et al., 2014; Attias et al., 2017; Chan et al., 2018*). Se cree que la mala postura, el uso excesivo, la falta de ejercicio y la discapacidad motora son factores que contribuyen a la disfunción muscular (*Wu et al., 2014; Attias et al., 2017*). Resultados de otros estudios muestran que el índice de dorsiflexión tobillo-pie (IDT) varía según la edad, el origen étnico y la actividad física (*Chan et al., 2018*) pero no hay estudios suficientes que analicen su posible relación con el peso, la talla o el índice de masa corporal. El IDT hace referencia a la diferencia entre los valores de flexión dorsal de tobillo con la rodilla en extensión y en flexión, es decir, al estiramiento del gastrocnemio y sóleo respectivamente. En caso de que el resultado sea mayor o igual de 13°, está relacionado con tener mayor predisposición a padecer patologías del antepié, fasciopatía

plantar, tendinopatía Aquílea, dolor de rodilla, dolor de espalda y marcha alterada (*Malhotra et al., 2018; Baumbach et al., 2016; González et al., 2018; Nakagawa and Petersen, 2018; Liu and Xie, 2016*). Otros estudios indican que la inflexibilidad del gastrocnemio podría provocar cambios en los ángulos de la articulación, los momentos del tobillo y las fuerzas de reacción del suelo. Esta mala alineación de la articulación y una mayor fuerza sobre el tejido articular pueden ser importantes consideraciones clínicas a tener en cuenta en las lesiones de tejidos blandos (*Wu et al., 2014*).

### **Objetivos e hipótesis**

La hipótesis de nuestro trabajo es que las variables antropométricas pueden tener una relación con el IDT y que los cambios en el IDT se pueden deber más a una alteración en el sóleo, como músculo más tónico, que en el gastrocnemio, como músculo más fásico.

El objetivo de este estudio es comprobar cómo afectan las características antropométricas y la actividad física en la variabilidad del índice de dorsiflexión tobillo-pie. Además, se pretende estudiar el IDT y aclarar qué información nos puede aportar.

## **2. MÉTODOS**

### **3.1 Participantes**

La muestra está compuesta por 27 sujetos entre 18 y 25 años (18 mujeres y 9 hombres), cuya edad media fue de 20.07 (DS = 1.04) años. Los criterios de exclusión a los que fue sometido el reclutamiento de la muestra son: un diagnóstico de patología en miembro inferior en los últimos seis meses, intervenciones quirúrgicas en los miembros inferiores, edad menor de 18 años y mayor de 25 y padecer una enfermedad sistémica que afecta el sistema musculoesquelético.

### **3.2 Procedimiento experimental**

Todos los sujetos fueron voluntarios, dieron su consentimiento informado y la mayoría de los sujetos eran estudiantes universitarios. Tras la aprobación por parte del comité de ética para la investigación humana (DPC.CLQ.01.18) se realizaron distintas mediciones de altura y peso, a partir

de los cuales se obtuvo el índice de masa corporal (IMC). La recogida de datos se llevó a cabo en el Centro de Investigación Traslacional de Fisioterapia de la Universidad Miguel Hernández durante tres semanas donde se citaron a los distintos sujetos desde el 5 de Noviembre de 2018 al 23 de Noviembre de 2018. A partir de estas mediciones obtuvimos la siguiente información: la altura media fue de 169.46 (DS = 0.07) cm, el peso medio fue de 65.92 (DS = 10.41) kg, el IMC medio fue de 22.88 (DS = 2.80). También se utilizó una escala numérica para medir el grado de actividad física a través de un cuestionario reflejado en los anexos (Tabla 1. Cuestionario de la actividad física semanal).

Posteriormente se realizaron los test de estocada con flexión y extensión de rodilla donde se midió el ángulo de flexión dorsal de tobillo tres veces en ambas posiciones y posteriormente se sacó la media (Figura 1. Test de estocada en extensión y flexión) (*Bennell et al., 1998; Munteanu et al., 2009*).

El instrumento de medida fue un smartphone a través de la aplicación llamada “Clinometer” (*Cox et al., 2018; Vauclair et al., 2018; Lee et al., 2018; Wellmon et al., 2016*). Se le pidió a los sujetos que estuvieran descalzos durante las pruebas. Se colocó el smartphone en la espina de la tibia. Para las mediciones se tomó como referencia los cero grados como la perpendicular con el suelo, a partir de esa posición se realizó el test. Los examinadores se aseguraron que la rodilla estuviera extendida al máximo durante el test en extensión y flexionada al menos 20° en el test de flexión (*Baumbach et al., 2014*). La medición únicamente se dio como válida si el sujeto no levantaba el talón de suelo, si tenía el segundo espacio metatarsal alineado con la cinta del suelo y la rodilla alineada con la cinta de la pared (*Chan et al., 2018*). Una vez sacados los resultados, se obtuvo el IDT restando los grados de flexión dorsal de tobillo con la rodilla en flexión menos los de la rodilla en extensión y así consecutivamente con ambas piernas (*Wu et al., 2014; Chan et al., 2018; Attias et al., 2017*). Posteriormente se realizó las medias del IDT de ambas piernas para que hubiera un único valor de IDT por sujeto.

Se dividió la muestra en dos grupos atendiendo a si el IDT era mayor o menor a 13°, para tratar de estudiar qué músculo influye más en las variaciones del IDT. Para ello, se realizó un análisis

de los test de estocada en flexión y en extensión, con el fin de ver cuál producía un mayor cambio respecto a la población exenta de riesgo.

### 3.3 Análisis de los datos

Una vez obtenidos los distintos valores del IDT por sujeto se realizó el test de Shapiro-Wilk para comprobar la normalidad de las variables. Posteriormente se realizó un test de correlación de Pearson para aquellas variables que seguían una distribución normal y un test de correlación de Spearman para las variables no normales. Por último, se generan varios modelos de regresión lineal con las distintas variables y se realiza un análisis de residuos para estudiar la validez del modelo ajustado.

Por otro lado, se realizó el test de Shapiro-Wilk para comprobar la normalidad de los resultados del test en flexión y en extensión, según el grupo. Posteriormente, se comprobó la igualdad de las varianzas y se realizó un T test para muestras independientes y varianzas iguales, tomando como variable explicada los dos distintos test y teniendo en cuenta el grupo. El análisis estadístico se llevó a cabo con el programa R versión 3.5.2.

## 3. RESULTADOS

En los resultados obtenidos de todas las correlaciones, se puede observar que el peso y el IMC son significativos con un p-valor  $< 0.05$ , y que las variables altura, edad y actividad física no son significativas. Todos estos resultados de estas correlaciones vienen reflejados en el apartado de anexos (*Tabla 2. Correlación de las variables*).

En los Anexos podemos ver un diagrama de dispersión con todos los resultados según la variable de estudio respecto al IDT y su tendencia reflejada mediante la línea roja (*Figura 3. Diagrama de dispersión IDT-IMC e IDT-Peso*)

Para poder disponer de información sobre la naturaleza de la relación se han ajustado varios modelos de regresión lineal sobre el IDT, el peso y el IMC. Así mismo, hemos visto que el peso no

añade información significativa extra, siendo descartado para la construcción del modelo de regresión. Por ello, se ajusta un modelo de regresión únicamente con el IDT e IMC (*Tabla 3. Modelo de regresión: IDT~IMC*)

Por último, se ha realizado el análisis de los residuos (*Figura 3. Análisis de los residuos*). Los gráficos (a) y (c) se utilizan para contrastar gráficamente la independencia, la homocedasticidad y la linealidad de los residuos. Los residuos están aleatoriamente distribuidos a lo largo del gráfico, sin formar ningún tipo de patrón (independencia). Además, los datos se disponen aleatoriamente alrededor de la horizontal en cero (linealidad) que actúan de forma similar a un eje de simetría y, además, se sitúan en una banda que se mantiene constante a lo largo de toda la recta (homocedasticidad). El gráfico (b), por su parte, se utiliza para contrastar la normalidad de los residuos. Los residuos están cerca de la línea punteada que aparece en el gráfico, por lo que podemos hablar de la normalidad de los residuos. El gráfico (d) se utiliza para detectar puntos con una influencia importante en el cálculo de las estimaciones de los parámetros. No encontramos ningún caso fuera de estos límites, lo que indica que ninguno de los valores tiene una influencia importante en el cálculo de las estimaciones de los parámetros, ya sea debido a un error o no. Por todo ello, vemos en el análisis de los residuos que los residuos siguen patrones de normalidad, homocedasticidad, linealidad e independencia. No encontramos valores atípicos dentro de las líneas de Cook.

Por otro lado, tras analizar los datos obtenidos de los tests, se puede observar que cuando realizamos el test de estocada en extensión no aparecen diferencias significativas entre el grupo de positivos y negativos. Por otra parte, sí que vemos cambios significativos entre ambos grupos al realizar los test en flexión. Los resultados obtenidos se reflejan en los anexos (*Tabla 4. Comparación de medias de los tests de estocada según los grupos*).

## 4. DISCUSIÓN

Nuestro estudio trata de explicar cómo influyen los valores antropométricos sobre el tríceps sural, a través de la medición del ángulo de dorsiflexión tobillo-pie (IDT) en carga. Además, trata de encontrar qué músculo es el causante de la disfunción.

El IDT es un índice que nos puede aportar mucha información de una forma sencilla y fácilmente aplicable a la clínica sobre qué predisposición puede tener un sujeto a padecer cierto tipo de lesiones, y de esa forma, realizar un trabajo de prevención de las mismas. En la literatura actual se hace referencia a que valores mayores de 13° de IDT aumentan el riesgo de lesión. Entre estas lesiones, podemos encontrar, según varios autores la patología de antepié, fasciopatía plantar, tendinopatía Aquilea, dolor de rodilla, dolor de espalda y marcha alterada (*Malhotra et al., 2018; Baumbach et al., 2016; Gonzalez et al., 2018; Nakagawa and Petersen, 2018; Liu and Xie, 2016*)

Para valorar la flexibilidad del tríceps sural hemos utilizado los tests de estocada en flexión y extensión dado que dicha articulación está preparada para actuar en carga. También es lógico pensar que la prueba en carga hace que no solo intervenga la articulación tibio-talar, sino que también intervienen el resto de articulaciones del pie, que van a favorecer la dorsiflexión. Por esa razón, esta prueba se debe considerar como un marcador clínicamente más relevante que el grado de flexión dorsal de tobillo en descarga, para valorar la función del tobillo, dado que al realizar la diferencia entre el test de estocada en extensión y flexión se anula de forma más efectiva la participación del resto de articulaciones (*Chan et al., 2018*).

Además, entre los valores que hemos extraído en el test de estocada encontramos que varían entre 30 y 57° con flexión de rodilla y entre 20 y 45° con extensión de rodilla. Tras calcular el IDT encontramos una variabilidad de -12 hasta 25°. Nuestros resultados al contrario de lo que encontramos en la bibliografía, donde encontramos una variabilidad en el IDT de 1 a 19° (*Chan et al., 2018*), son mucho más variables. Puede deberse a una falta de entendimiento de la prueba. A pesar de que los valores de los extremos se han considerado una limitación de nuestro estudio, se han incluido en el mismo, por no ser valores influyentes en el ajuste del modelo, donde el análisis de los residuos no

revela ningún valor fuera de las líneas de Cook. Se debería aumentar la muestra en un futuro para analizar más detalladamente estos valores y prescindir de ellos en el caso de que fueran “outliers”.

Proponemos el IDT como un mejor reflejo de la extensión del tríceps sural ya que un único valor engloba información de la flexión dorsal de tobillo eliminando o no el efecto del gastrocnemio.

En lo que respecta a la IDT, hemos visto que aquellos resultados mayores o iguales a 13° suponen un mayor riesgo a padecer lesiones (*Wu et al., 2014*). Por ello, realizamos un grupo con los IDT positivos ( $\leq 13^\circ$ ) y otro con los negativos ( $>13^\circ$ ) (*Chan et al., 2018*). Contrariamente a lo que se encuentra en la literatura actual, que hace referencia a una contractura o acortamiento del gastrocnemio, planteamos un enfoque distinto (*Wu et al., 2014*). Sugerimos que el sóleo puede ser el que produzca este desequilibrio muscular. Una debilidad de este, explicaría porque tienen más recorrido articular los sujetos del grupo de positivos en el test de estocada en flexión. Como consecuencia de esto, se podrían producir contracturas o acortamientos en los músculos agonistas para compensar la falta de funcionalidad del sóleo, principalmente en el gastrocnemio, haciendo que aumente el riesgo de lesión.

En lo que respecta a las variables antropométricas, la literatura nos muestra que hay una estrecha relación de la edad, el peso, la altura, la etnia, el IMC y la actividad física (*Chan et al., 2018*). Sin embargo, a partir de nuestras mediciones únicamente hemos encontrado correlaciones significativas entre el IDT y el IMC y el peso; y a pesar de ello el peso no aporta información relevante para explicar el IDT. Esto puede deberse principalmente a que el IMC ya es una variable que engloba el peso y la altura, y por ello, cabría esperar que el peso no aportase información significativa.

En lo que respecta a las variables de edad y etnia, no encontramos resultados significativos contrariamente con la literatura (*Chan et al., 2018*) y esto puede deberse a que estas variables fueron acotadas al escoger una población universitaria de un rango específico de edad determinado y de etnia caucásica. En lo que respecta a la actividad física tampoco encontramos resultados significativos como muestra la literatura (*Wu et al., 2014; Attias et al., 2017; Chan et al., 2018*) y esto puede

deberse al tipo de población y sus características, donde prácticamente todos tenían un estilo de vida activo.

Por todo ello, encontramos unas limitaciones claras en diversos aspectos. Uno de ellos y el principal es el tamaño muestral del estudio. Otras limitaciones fueron la escasa variación intersujeto en la actividad física semanal por las características similares de la población, no haber podido estudiar la variable edad por haberla acotado y el sexo por el escaso número de hombres. (*Chan et al., 2018*).

## **5. CONCLUSIONES**

Se ha observado que en sujetos de edades similares el IDT no ha mostrado una correlación estadísticamente significativa con la talla, la actividad física y la edad, pero sí una correlación positiva con el IMC y peso. Por ello, podemos sugerir una tendencia a que personas con un IMC elevado tengan un mayor IDT y por tanto puedan sufrir un mayor riesgo de lesión. Además, el tener un IDT positivo se sugiere una disfunción del sóleo, asociada o no a acortamiento de gastrocnemio.

Dado el escaso tamaño muestral, futuros estudios deberán seguir analizando la influencia de los valores antropométricos en dicho índice de tobillo-pie para conocer el verdadero valor predictivo de estas variables sobre el IDT y por su importancia clínica en la prevención de lesiones.

## 6. ANEXO DE FIGURAS Y TABLAS

1	Casi nunca
2	Menos de una vez por semana
3	Una vez por semana
4	Dos o tres veces por semana
5	Más de tres veces por semana

TABLA 1. CUESTIONARIO DE LA ACTIVIDAD FÍSICA SEMANAL.

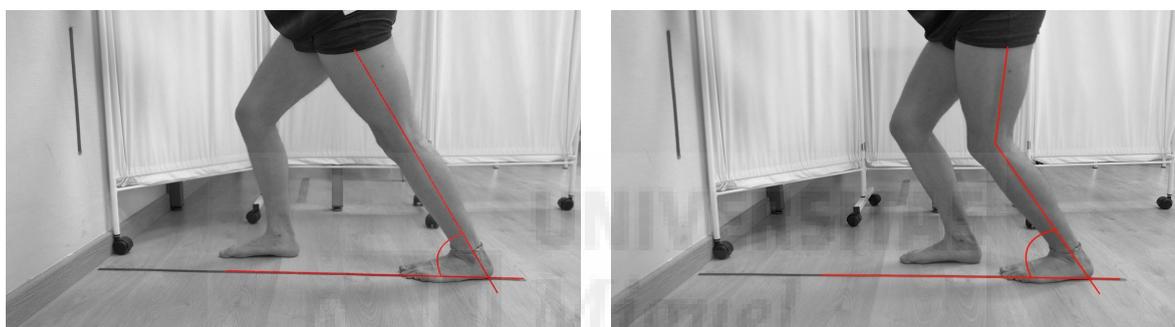


FIGURA 1. TEST DE ESTOCADA EN EXTENSIÓN Y FLEXIÓN

VARIABLE	CORRELACIÓN PEARSON	P-valor
PESO	0.414	0.031*
ALTURA	0.045	0.820
IMC	0.513	0.006*
VARIABLE	CORRELACIÓN SPEARMAN	P-valor
EDAD	0.042	0.835
ACTIVIDAD FÍSICA	-0.078	0.699

TABLA 2. CORRELACIÓN DE LAS VARIABLES

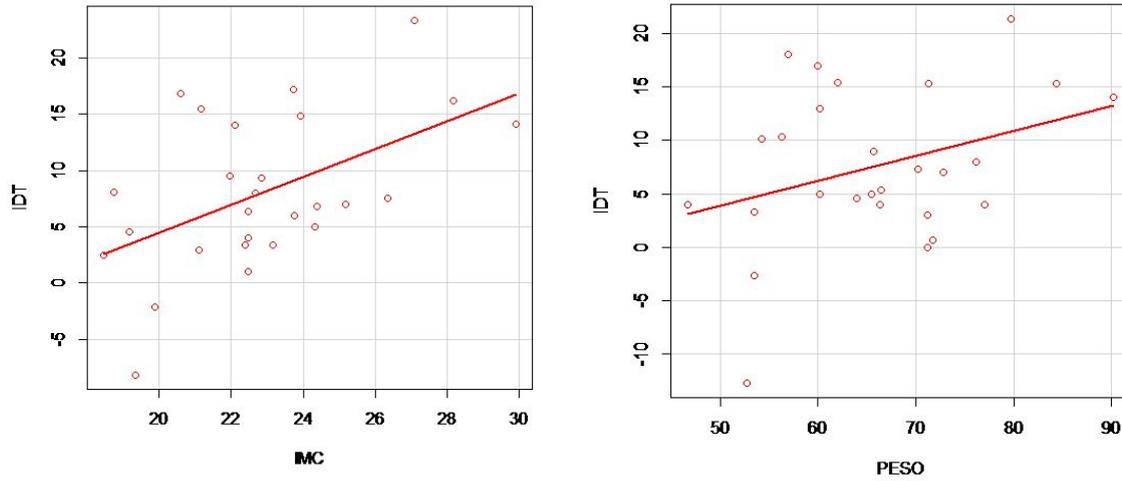


FIGURA 2. DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN IDT-IMC E IDT-PESO

	ESTIMATE	STD. ERROR	T VALOR	PR(>/T/)
INTERCEPT	-20.488	9.612	-2.132	0.04305*
IMC	1.246	0.417	2.989	0.00621*
<i>Multiple R-squared: 0.263    Adjusted R-squared: 0.233    P-value: 0.006</i>				

TABLA 3. MODELO DE REGRESIÓN: IDT~IMC

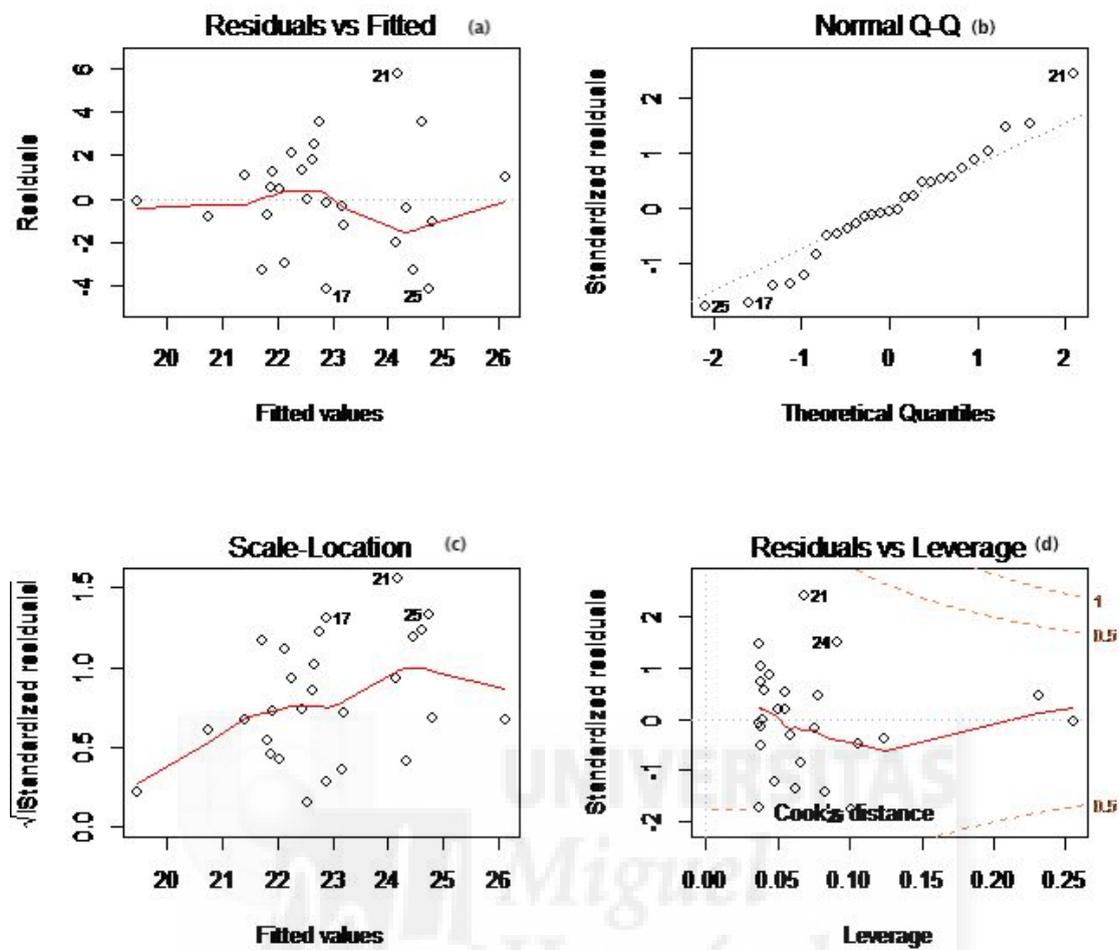


FIGURA 3. ANÁLISIS DE LOS RESIDUOS

	Test estocada en extensión	Test estocada en flexión
IDT positivo	32.53±5.09	49.04±3.86
IDT negativo	35.15 ±6.28	39.83±5.61
P-valor	0.273	0.000

TABLA 4. COMPARACIÓN DE MEDIAS DE LOS TESTS DE ESTOCADA SEGÚN LOS GRUPOS

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. Attias M, Bonnefoy-Mazure A, De Coulon G, Cheze L, Armand S. Influence of different degrees of bilateral emulated contractures at the triceps surae on gait kinematics: The difference between gastrocnemius and soleus. *Gait Posture*. 2017.
2. Baumbach SF, Braunstein M, Seeliger F, Borgmann L, Böcker W, Polzer H. Ankle dorsiflexion: what is normal? Development of a decision pathway for diagnosing impaired ankle dorsiflexion and M. gastrocnemius tightness. *Arch Orthop Trauma Surg* . 2016 Sep 14;136(9):1203–11.
3. Bennell K, Talbot R, Wajswelner H, Techovanich W, Kelly D. Intra-rater and inter-rater reliability of a weight-bearing lunge measure of ankle dorsiflexion. *Aust J Physiother*. 1998.
4. Błazkiewicz M, Wiszomirska I, Kaczmarczyk K, Naemi R, Wit A. Inter-individual similarities and variations in muscle forces acting on the ankle joint during gait. *Gait Posture*. 2017.
5. Chan O, Malhotra K, Buraimoh O, Cullen N, Welck M, Goldberg A, et al., Gastrocnemius tightness: A population based observational study. *Foot and Ankle Surgery*. 2018.
6. Cox RW, Martinez RE, Baker RT, Warren L. Validity of a Smartphone Application for Measuring Ankle Plantar Flexion. *J Sport Rehabil* . 2018 May 1;27(3):jsr.2017-0143.
7. Lee HH, St. Louis K, Fowler JR. Accuracy and Reliability of Visual Inspection and Smartphone Applications for Measuring Finger Range of Motion. *Orthopedics* . 2018 Mar 1;41(2):e217–21.
8. Malhotra K, Chan O, Cullen S, Welck M, Goldberg AJ, Cullen N, et al., Prevalence of isolated gastrocnemius tightness in patients with foot and ankle pathology. *Bone Joint J* . 2018 Jul;100–B(7):945–52.
9. Munteanu SE, Strawhorn AB, Landorf KB, Bird AR, Murley GS. A weightbearing technique for the measurement of ankle joint dorsiflexion with the knee extended is reliable. *J Sci Med Sport* . 2009 Jan;12(1):54–9.
10. Perry J 1918-2013, Burnfield JM. *Análisis de la marcha : función normal y patológica* . Base; 2015.
11. Vauclair F, Aljurayyan A, Abduljabbar FH, Barimani B, Goetti P, Houghton F, et al., The smartphone inclinometer: A new tool to determine elbow range of motion? *Eur J Orthop Surg Traumatol* . 2018 Apr 19;28(3):415–21.
12. Wu SK, Lou SZ, Lee HM, Chen HY, You JY. Gastrocnemius inflexibility on foot progression angle and ankle kinetics during walking. *Clin Biomech*. 2014.
13. Baumbach SF, Brumann M, Binder J, Mutschler W, Regauer M, Polzer H. The influence of knee position on ankle dorsiflexion - a biometric study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2014 Dec 23;15(1):246.
14. Gonzalez SL, Diaz AM, Plummer HA, Michener LA. Musculoskeletal Screening to Identify

Female Collegiate Rowers at Risk for Low Back Pain. *J Athl Train.* 2018 Dec;53(12):1173–80.

15. Liu RW, Xie KK. Association between Achilles tightness and lower extremity injury in children. *HSS J* ®. 2016 Oct 3;12(3):245–9.
16. Nakagawa TH, Petersen RS. Relationship of hip and ankle range of motion, trunk muscle endurance with knee valgus and dynamic balance in males. *Phys Ther Sport.* 2018 Nov;34:174–9.
17. Wellmon RH, Gulick DT, Paterson ML, Gulick CN. Validity and Reliability of 2 Goniometric Mobile Apps: Device, Application, and Examiner Factors. *J Sport Rehabil.* 2016 Dec;25(4):371–9.

