

Características del pie y equilibrio dinámico en futbolistas juveniles colombianos

Foot characteristics and dynamic balance in Colombian youth soccer players

Miguel Ángel Campo-Ramírez^{1*}; Gabriel Enrique Hernandez-Oñate¹; Pedro Antonio Calero-Saa¹

¹Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte, Facultad de Salud y Rehabilitación, Programa Fisioterapia. Grupo Interdisciplinario de Actividad Física y Salud (GIAFS). Cali - Valle del Cauca, Colombia; e-mail: miguel.campo@endeporte.edu.co; gabriel.hernandez@endeporte.edu.co; pedro.calero@endeporte.edu.co.

*autor de correspondencia: miguel.campo@endeporte.edu.co

Cómo citar: Campo-Ramírez, M.Á.; Hernandez-Oñate, G.E.; Calero-Saa, P.A. 2025. Características del pie y equilibrio dinámico en futbolistas juveniles colombianos. Revista Digital: Actividad Física y Deporte. 11(2):e2348. <http://doi.org/10.31910/rdafd.v11.n2.2025.2348>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista Digital: Actividad Física y Deporte, bajo una licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada de Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional.

Recibido: enero 14 de 2023

Aceptado: junio 6 de 2025

Editado por: Néstor Ordóñez Saavedra

RESUMEN

Introducción: algunas variables funcionales, como el tipo de huella plantar, el mecanismo de windlass y el equilibrio dinámico, están asociadas al riesgo de lesión en la extremidad inferior en deportistas. Se hace necesario el reconocimiento de estos elementos, con el fin de identificar potenciales factores de riesgo y promover las respectivas medidas preventivas. **Objetivo:** describir las características del pie y el equilibrio dinámico en futbolistas juveniles colombianos. **Materiales y métodos:** estudio observacional y corte transversal. Participaron voluntariamente 40 futbolistas. Se evaluó el tipo de huella plantar, con el método Herzco; el mecanismo de windlass, con el test de Jack y el equilibrio dinámico, por medio del Y balance test. Para evitar que los alcances no se vieran influenciados por la altura de los participantes se normalizaron, según la medida real de miembro inferior. **Resultados y discusión:** se identificaron aspectos susceptibles en el equipo y posibles factores de riesgo de lesión, como la prevalencia de pies cavos y la inactivación del mecanismo windlass más de la mitad de la muestra. Algunos deportistas presentaron alto riesgo de lesión asociado al equilibrio dinámico. **Conclusión:** se sugiere considerar las características del pie como potenciales factores de riesgo de lesión en la extremidad inferior en futbolistas. Futuros estudios podrían explorar la relación entre el funcionamiento del pie y el equilibrio dinámico, incluyendo la exploración de variables asociadas a la composición corporal.

Palabras clave: Equilibrio dinámico; Fútbol; Lesiones deportivas; Pie; Rehabilitación.

ABSTRACT

Introduction: Some functional variables such as the type of plantar footprint, the windlass mechanism and dynamic balance are associated with the risk of lower extremity injury in athletes. It is necessary to recognize these elements in order to identify potential risk factors and promote the respective preventive measures. **Objective:** to describe the characteristics of the foot and the dynamic balance in Colombian youth soccer players. **Materials and methods:** Observational and cross-sectional study. 40 soccer players participated voluntarily. The type of footprint was evaluated with the Herzco method, the windlass mechanism with the Jack test and the dynamic balance by means of the Y balance test. To prevent the ranges from being influenced by the height of the participants, they were normalized according to the actual measurement of the lower limb. **Results and discussion:** Susceptible aspects in the equipment and possible injury risk factors such as the prevalence of cavus feet and the inactivation of the windlass mechanism were identified in more than half of the sample. Some athletes presented a high risk of injury associated with dynamic balance. **Conclusion:** It is suggested to consider the characteristics of the foot as potential risk factors for lower extremity injury in soccer players. Future studies could explore the relationship between foot function and dynamic balance, including the exploration of variables associated with body composition.

Keywords: Dynamic balance; Foot; Rehabilitation; Soccer; Sports injuries.

INTRODUCCIÓN

En el fútbol, las articulaciones de los miembros inferiores están constantemente sometidas a fuerzas de cizallamiento, tracción, flexión, entre otras, debido a los cambios de dirección, saltos y aterrizajes, aumentando el riesgo de presentar lesiones. Se estima que cada año ocurren, aproximadamente, de tres a cinco millones de lesiones deportivas en futbolistas en la extremidad inferior; la mayoría, a través del mecanismo de no contacto (Roos *et al.* 2017), donde intervienen factores intrínsecos (Cos *et al.* 2010), anatómicos y funcionales, relacionados con la distribución de cargas en la extremidad inferior, como las características del pie y el equilibrio dinámico (Campo *et al.* 2021).

El pie es el medio de interacción del cuerpo con el ambiente externo en posición bípeda, se encarga de la distribución adecuada del peso corporal durante los movimientos (Hyong & Kang, 2016). Aunque ocupa solo el 5 % de las áreas del cuerpo humano, es la base de sustentación y controla las posturas, a través de información aferente de la sensibilidad plantar, proporcionando estabilidad para mantener el equilibrio estático y dinámico (Su *et al.* 2017).

Estudios anteriores han relacionado el tipo de huella plantar con el riesgo de lesión deportiva en la extremidad inferior. Al respecto, Muñoz *et al.* (2015) reportan que los pies con huella pronada presentan mayor prevalencia de patologías, como fascitis plantar y síndrome de la cintilla iliotibial.

Por otra parte, existen características del pie que se han asociado con lesiones deportivas; por ejemplo, el mecanismo de windlass (MW), descrito por Hicks (1954), como un componente funcional del pie que produce elevación automática del Arco Longitudinal Medial (ALM), al realizar extensión pasiva del Hallux y se produce a expensas del aumento en la tensión de la fascia plantar, a medida que se realiza extensión de la primera articulación metatarsofalángica, generando plantiflexión del primer rayo, aducción de la articulación mediotarsiana y supinación de la subastragalina (Lucas & Cornwall, 2017). Esta cadena de movimientos simultáneos y automáticos convierten el pie en una estructura estable durante la propulsión en actividades, como la marcha o la carrera, cobrando importancia en deportes, como el fútbol.

Por lo tanto, un MW ineficaz o ausente puede retrasar la supinación del pie durante la locomoción y ejercer una tensión excesiva sobre las articulaciones del tarso y los tejidos blandos del pie (Fuller, 2000). Algunos estudios han reportado que la falta de activación de este mecanismo en actividades dinámicas produce un aumento en la probabilidad de sufrir lesiones en el pie en deportes colectivos, que involucran momentos de amortiguación y saltos (Armada *et al.* 2019).

Otro elemento comúnmente relacionado con el riesgo de lesión en la extremidad inferior en deportistas es el equilibrio dinámico (ED), definido como el estado en que una persona se mueve y durante este movimiento, modifica y desplaza constantemente su centro de gravedad y base de sustentación para mantenerse estable

(Fusco *et al.* 2020). Se basa en la percepción de la aceleración, adquiriendo importancia en acciones en las que el individuo debe realizar cambios posicionales veloces, como ocurre en diferentes gestos del fútbol.

El ED está influenciado por la información aferente recibida de los estabilizadores estáticos y dinámicos, las respuestas neuromusculares ejecutadas, las características antropométricas, los trastornos musculoesqueléticos, el rango de movimiento, la fuerza, el género y la condición física (Cameron *et al.* 2019); por lo anterior, el ED es considerado un potente predictor de lesión de la extremidad inferior.

Con base en lo expuesto, existen elementos anatomofuncionales que podrían influir en la probabilidad de lesión en la extremidad inferior en futbolistas; por ello, se hace necesario su medición y control en población a riesgo dentro de los factores intrínsecos, con el fin de proponer medidas preventivas que puedan disminuir la prevalencia e incidencia de lesiones. Son limitados los reportes de estudios con valores de referencia de estas variables en futbolistas, donde la alta demanda física y los indicadores lesivos suponen un reto para los profesionales, relacionados con el ámbito deportivo.

El propósito de este estudio fue describir las características del pie y el equilibrio dinámico en futbolistas juveniles colombianos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Población y tipo de estudio: este fue un estudio descriptivo de tipo correlacional y corte transversal. La población objeto de estudio estuvo compuesta por 40 jugadores de fútbol, pertenecientes a las categorías sub 20 A y B, de un club deportivo de la ciudad de Cali, Colombia. Se incluyen en el estudio los jugadores activos mayores de 18 años, que consintieran voluntariamente la participación; se excluyeron los jugadores que presentaban alguna patología al momento de la valoración, alteración postural considerable o que habían presentado alguna lesión en miembro inferior, en un periodo igual o inferior a 3 meses. Se realizó un muestreo no probabilístico, intencional por criterios y por conveniencia.

Variables y recolección de la información: para la recolección de datos se entrenó a los evaluadores en las técnicas y métricas a utilizar en las distintas pruebas, con el propósito de evitar sesgos de medición durante la recolección, la cual, fue certificada por la Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte, Colombia. Cada evaluador se encargó de registrar las mediciones de una prueba específica, durante todas las valoraciones.

En las mediciones se recolectaron variables como edad, peso, estatura, índice de masa corporal (IMC), posición de juego y dominancia de miembro inferior por medio de entrevista. Los datos antropométricos fueron medidos con Balanza digital de piso marca Seca 876°, de uso móvil y estadiómetro portátil Seca 213°. Se evaluó el MW por medio de la prueba de Jack o Hubscher, comúnmente usado en otros estudios (Armada *et al.* 2019; Piñeros Álvarez *et al.* 2021), a través de un protocolo que consta de tres intentos,

en el cual, se realiza extensión pasiva del Halux en bipedestación, observando si se produce o no un aumento del arco longitudinal medial del pie. El resultado final es la valoración que se presente dos veces, clasificando en negativo si se presenta elevación del arco longitudinal medial o positivo, si no existe dicha elevación. La prueba de Jack o Hubscher tiene confiabilidad y reproducibilidad diagnóstica adecuada para determinar la presencia o ausencia del MW (Di Stasio & Montanelli, 2020).

Con el fin de controlar el sesgo de medición en la valoración del MW, se empleó videografía y posteriormente se analizó en el programa Kinovea®. Además, para dar fiabilidad a las medidas, se realizó una segunda evaluación del mecanismo por parte otro investigador, entre 10 a 15 minutos, de la apreciación inicial.

Posteriormente, se tomó la impresión de la huella plantar, a través de papel térmico y alcohol, quedando definida la silueta, para determinar el tipo de huella por medio del método Herzco (Arango *et al.* 2019). Este método ha sido empleado por diversos estudios, como los de Bustos-Viviescas *et al.* (2020) y Theran *et al.* (2017), clasificando la huella plantar, según criterios de perpendicularidad; en porcentaje, de acuerdo con el ancho del metatarso X (cm) y ancho de la bóveda plantar Y (cm), en las siguientes categorías: pie plano (0-34,9 %), plano normal (35-39 %), normal (40-54,9 %), normal cavo (55-59,9 %), cavo (60-74,9 %), cavo fuerte (75-84,9 %) y cavo extremo (85-100 %).

En la última fase se realizó la valoración del equilibrio dinámico por medio del Y balance Test (YBT), que presenta un buen nivel de confiabilidad entre evaluador e inter evaluador (Neves *et al.* 2017). Se utilizó el protocolo descrito por Neves *et al.* (2017), donde se dibuja la Y con cinta métrica en el suelo, según las medidas indicadas. Después, a cada participante se le explicó la forma correcta de desarrollar el movimiento, permitiendo tres intentos de prueba por cada dirección, posterolateral (PL), posteromedial (PM) y anterior (A). Además, se destinaron tres minutos de descanso antes de iniciar la prueba. A continuación, se realizaron tres alcances correctos por cada dirección y fueron repetidos aquellos donde el evaluado no pudo mantener el equilibrio, no tocó la línea con el pie de alcance, levantó el talón o descargó peso en la extremidad de alcance. Cada intento estuvo separado por 15 segundos de recuperación. La extremidad valorada es la que se encuentra realizando el apoyo.

Para garantizar que las medidas no se vean influenciadas por la altura de los participantes las distancias de alcance del YBT fueron normalizadas con la longitud real de miembro inferior, de acuerdo con el protocolo utilizado por Plisky *et al.* (2006), a través de la siguiente fórmula: Distancia de Alcance Normalizada Compuesta (DANC) % = (Distancia Anterior + Distancia Posteromedial + Distancia Posterolateral) / (3 x medida real de miembro inferior) *100; se calculó para cada extremidad. Para determinar la variable riesgo de lesión se tomó que una DANC % menor al 90 %, significó un riesgo alto, pues se relaciona con déficit en el control neuromuscular en dicha extremidad. Por ende, una DANC % mayor a 90 % se asoció a un riesgo bajo (Gribble & Hertel, 2003).

Para la medición de la longitud real en los miembros inferiores se tomó la distancia comprendida en línea recta entre la porción más inferior de la espina ilíaca anterosuperior y la porción más inferior del maléolo interno.

Análisis estadístico: los datos fueron analizados usando el paquete estadístico SPSS versión 20.0 (Inc. Chicago, Illinois). Los métodos estadísticos empleados para el análisis univariado de los resultados se extrajeron, teniendo en cuenta que las variables categóricas fueron presentadas en frecuencias absolutas y relativas. Para las variables numéricas se realizó la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, teniendo en cuenta el tamaño de la muestra. Los datos con distribución normal se presentaron en media \pm desviación estándar; los datos con distribución no normal se presentaron en mediana (Rango intercuartílico).

Para explorar la fiabilidad inter-observador de las valoraciones en el test de Jack, se calculó el Índice de Kappa de Cohen, arrojando un valor $k=0,96$ que, según los parámetros de referencia de Altman, clasifica el grado de concordancia de muy buena (Altman & Deborah, 1991).

Aspectos éticos: el estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte con código 4.1.01.03.06, de acuerdo con los lineamientos de la Resolución colombiana 8430 de 1993 y la declaración de Helsinki de 1975 modificada en 2004.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La edad media de la muestra fue de $19\pm 0,94$ años. La tercera parte de los participantes eran diestros. En cuanto a las variables antropométricas, el 75 % de la población presentó estaturas iguales o inferiores a 1,82 metros, con IMC normal para el 100 % de los evaluados, según la escala de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Los datos se resumen en la tabla 1.

La diversidad morfológica del pie trae consigo la variabilidad en cuanto a la estructura y disposición de este, en la funcionalidad de la marcha, la carrera o tanto la postura estática como dinámica. El presente estudio tuvo como propósito caracterizar el pie y el equilibrio dinámico en 40 futbolistas de sexo masculino. Como tipo de pie se presentó una frecuencia para pie plano de 4 (10 %), en pie derecho y 3 (7 %), en pie izquierdo, mientras para pie cavo se encontró 17 (42 %), para pie derecho y 18 (45 %), para pie izquierdo. Considerando el estudio de Sugathan & Sherlock (2009), el pie plano se asocia con una disfunción del musculo tibial posterior, hallux valgus y hallux rigidus, mientras que un pie cavo, se asocia con deformidad en garra y dedos en martillo.

Algunas investigaciones, como la de Hillstrom *et al.* (2013), establecen que los pies no solo presentan características morfológicas, sino que, también, características que influyen en la biomecánica durante la marcha y en la excursión del centro de presión en estudios de presión plantar (Diaz *et al.* 2018), manifestando que para un pie plano el centro de presión esta medializado, mientras que para un pie cavo,

se encuentra lateralizado con respecto a los pies de tipología normal (Hillstrom *et al.* 2013). Otros estudios, como los de Yates & White (2004), Burns *et al.* (2005), Tong & Kong (2013) y Neal *et al.* (2014), relacionan las diversificaciones de la postura del pie en el soporte del peso con un mayor riesgo de síndrome de estrés tibial y lesiones, por uso excesivo y dolor femorotibial. Esto indica, que las alteraciones posturales del pie evidencian parámetros biomecánicos anormales, que predisponen a un individuo a sufrir una lesión. Según Barnes

et al. (2007) y Cobb *et al.* (2009), los pies planos presentan mayor movimiento durante la marcha al compararlos con los pies normales, presentando predisposición para sufrir lesiones de tejidos blandos, que se oponen al movimiento. Los pies cavos presentan menos movimiento, lo que dificulta disipar la energía, debido a su rigidez, provocando un aumento de la vulnerabilidad a lesiones, derivado de la ineficiente amortiguación del impacto (Williams *et al.* 2001).

Tabla 1. Características demográficas, antropométricas y deportivas de un grupo de futbolistas.

Variables	N	%
Dominancia de miembro inferior		
Derecha	30	75
Izquierda	9	23
Ambidiestro	1	2
Posición de juego		
Arquero	1	2,5
Defensa	13	32,5
Volante	21	52,5
Delantero	5	12,5
Edad (años)**	19±0,94	
IMC (Kg/m²) **	22.7 ± 1.38	
Peso (kg)*	70 (66,5-76,5)	
Estatura (cm)*	1,75 (1,72-1,82)	

**Variable expresada en Media ± desviación estándar.

*Variable expresada en Mediana (RIC=Q1 Q3).

La variabilidad anatómica y los patrones de carga en la participación funcional generan una diversidad de datos cinemáticos segmentarios del pie, que han determinado resultados inconsistentes y contradictorios. Buld & Cols determinaron que los sujetos con pies cavos presentan mayor eversión del retropié y una abducción del medio pie en el momento del contacto inicial, en comparación con las personas con pies planos y normales (Buldt *et al.* 2015); por otro lado, Houck *et al.* (2008) identificaron que los individuos con pies planos presentan una mayor eversión del retropié en comparación con los individuos con pies normales.

El pie contribuye a la propulsión y estabilidad postural, ajustando su morfología, por medio del mecanismo de Windlas o Molinete. Este mecanismo describe el comportamiento de la fascia plantar al tensarse, producto de la extensión de los dedos del pie. Al realizar la valoración de este mecanismo, por medio de la prueba de Jack, se encontró un resultado negativo (o mecanismo presente) 17 (42,5 %), pies derechos y 14 (35 %), pies izquierdos y positivo (o mecanismo ausente), en 23 (57,5 %), pies derechos y 26 (65 %), pies izquierdos (Tabla 2). Este mecanismo permite una integración de las falanges, los metatarsianos, el calcáneo y la fascia plantar (Liu *et al.* 2018). En la instancia final de la fase de apoyo de la marcha, la extensión del hallux incita un aumento de tensión en la aponeurosis plantar, aproximando el calcáneo y el antepié, consecuentemente, eleva el arco longitudinal medial (favorece la supinación del pie)

(Lucas & Cornwall, 2017). El resultado de este mecanismo es la generación de la supinación del pie, lo que, a su vez, provoca un aumento de la fuerza de impulso anterógrado y la elevación del pie durante la marcha o la carrera (Cheng *et al.* 2008). De acuerdo con lo anterior, un estudio de Kappel-Bargas *et al.* (1998) indicó que los individuos con un mecanismo de Windlas intacto podrían tener un nivel mayor de tensión en la fascia plantar durante las actividades que impliquen la extensión del hallux, siendo así, más proclives a padecer lesiones relacionadas con los miembros inferiores y fascitis plantar; adicionalmente, expresaron que los individuos con un ascenso lento o retrasado pueden estar propensos a padecer lesiones por sobreuso, debido a la pronación prolongada, producto de un mecanismo de Windlass ineficiente. En un estudio de Takahashi *et al.* (2016), se demostró que un arco restringido aumenta el trabajo muscular y el gasto metabólico durante la marcha.

En cuanto al equilibrio dinámico, para este estudio, se encontró un bajo riesgo de lesión, de acuerdo con la distancia de alcance normalizada compuesta, resultado respaldado por Campo *et al.* (2022), quienes reportaron la no existencia de riesgo de lesión asociado al equilibrio dinámico para el pie derecho, de 96,4±0,9 % y para el pie izquierdo, 97,1±1 %; adicionalmente, en los resultados reportados por Kim *et al.* (2015), no se hallaron diferencias significativas en el equilibrio dinámico entre los grupos de normal y pie plano, manifestando que estos resultados se deben

a la adaptación postural durante la realización de la prueba de equilibrio, provocada por la respuesta muscular, desencadenada por los sistemas propioceptivos, como el visual, vestibular y somatosensorial, mismos que actúan en el desarrollo de actividades dinámicas, como la marcha o la carrera.

Tabla 2. Características del pie y equilibrio dinámico en un grupo de futbolistas

Variable	MMII Derecho		MMII Izquierdo	
	n	%	n	%
Mecanismo de windlass				
Ausente	23	57,5	26	65
Presente	17	42,5	14	35
Tipo de huella plantar				
Plano	4	10	3	7
Normal	19	48	19	48
Cavo	17	42	18	45
Equilibrio Dinámico (YBT)				
Riesgo alto de lesión	17	42,5	11	27,5
Riesgo bajo de lesión	23	57,5	29	72,5
DAN% Anterior**	73,5±9,4		78±16,5	
DAN% Posteromedial**	103,1±11,3		109,4±11,3	
DAN% Posterolateral**	106,1±18,3		108,9±18	
DANC% **	94,3±10,2		98,8±11,5	

*MMII=Miembro inferior; DANC% =Distancia de Alcance Normalizada; DAN% =Distancia de Alcance Normalizada Compuesta; YBT=Y Balance Test. **Variable expresada en Media±desviación estándar.

CONCLUSIÓN

Los deportistas evaluados tienden a presentar un riesgo de lesión bajo determinado por el equilibrio dinámico; no obstante, es necesario considerar otras variables, como la tipología de pie y la ausencia del mecanismo de windlass. Futuras investigaciones podrían incluir variables relacionadas con el análisis del centro de gravedad en el comportamiento del balance postural con relación a la tipológica de pie, lo cual, podría reforzar los resultados obtenidos, como también variables relacionadas con la composición corporal.

Agradecimientos. Los autores agradecen a los deportistas pertenecientes a INDERVALLE – Instituto del Deporte, la Educación Física y la Recreación y del club América de Cali.

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés. **Financiación:** La investigación fue financiada por la Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte.

REFERENCIAS

- ALTMAN, D.G.; DEBORAH, A. 1991. Practical statistics for medical research. *Statistics in Medicine*. 10(10):1635-1636. <https://doi.org/10.1002/sim.4780101015>
- ARANGO, J.C.A.; NIETO, D.C.; RENGIFO, G.M.R. 2019. Análisis de huella plantar bajo el método Herzco. *Lecturas: Educación Física y Deportes*. 24(251).
- ARMADA, Ó.M.; BARROSO, R.J.M.; GARCÍA, A.M.O. 2019. Efectos del vendaje Low-Dye sobre el pie: Revisión narrativa. *Revista española de podología*. 30(1):38-52.
- BARNES, A.; WHEAT, J.; MILNER, C. 2007. Association between foot type and tibial stress injuries: A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*. 42(2). <https://doi.org/10.1136/bjism.2007.036533>
- BULDT, A.K.; LEVINGER, P.; MURLEY, G.S.; MENZ, H.B.; NESTER, C.J.; LANDORF, K.B. 2015. Foot posture is associated with kinematics of the foot during gait: A comparison of normal, planus and cavus feet. *Gait & Posture*. 42(1):42-48. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.03.004>
- BURNS, J.; KEENAN, A.M.; REDMOND, A. 2005. Foot Type and Overuse Injury in Triathletes. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 95(3):235-241. <https://doi.org/10.7547/0950235>
- BUSTOS-VIVIESCAS, B.J.; DELGADO MOLINA, M.C.; ACEVEDO MINDIOLA, A.A.; RODRÍGUEZ ACUÑA, L.E.; LOZANO ZAPATA, R.E. 2020. Influencia del IMC en la huella plantar de árbitros masculinos de fútbol. *Revista Cubana de Ortopedia y Traumatología*. 34(1):1-23.

- CAMERON, J.P.; TERALYN K., D.; EMILY H., G. 2019. The reliability of the star excursion balance test and lower quarter y-balance test in healthy adults: A systematic review. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 14(5). <https://doi.org/10.26603/ijsp20190683>
- CAMPO, M.Á.; HERNÁNDEZ, G.E.; LÓPEZ, D.E.; HINCAPIÉ, O.L.; MOSQUERA, W.; PAZ, G.M. 2022. Caracterización del equilibrio dinámico y la tipología de pie en futbolistas juveniles. *Salud UIS*. 54(1). <https://doi.org/10.18273/saluduis.54.e:22030>
- CAMPO, M.A.; OÑATE, G.; SALAMANCA, D.; ESCARRIA, C.; PERDOMO, J.; SALAZAR, L. 2021. Influence of the Foot and its Characteristics on the Risk of Injury Associated with Dynamic Balance in Soccer Players: An Observational Study. *Revista de Educação Física / Journal of Physical Education*. 90(3). <https://doi.org/10.37310/ref.v90i3.2758>
- CHENG, H.Y.K.; LIN, C.L.; WANG, H.W.; CHOU, S.W. 2008. Finite element analysis of plantar fascia under stretch—The relative contribution of windlass mechanism and Achilles tendon force. *Journal of Biomechanics*. 41(9):1937-1944. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.03.028>
- COBB, S.C.; TIS, L.L.; JOHNSON, J.T.; WANG, Y.T.; GEIL, M.D.; MCCARTY, F.A. 2009. The effect of low-mobile foot posture on multi-segment medial foot model gait kinematics. *Gait & Posture*. 30(3):334-339. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2009.06.005>
- COS, F.; COS, M.À.; BUENAVENTURA, L.; GRIVÉ, R.P. 2010. Modelos de análisis para la prevención de lesiones en el deporte. Estudio epidemiológico de lesiones: El modelo Union of European Football Associations en el fútbol. *Apuntes: Medicina de l'esport*. p.95-102.
- DI STASIO, G.; MONTANELLI, M. 2020. A Narrative Review on the Tests Used in Biomechanical Functional Assessment of the Foot and Leg: Diagnostic Tests of Deformities and Compensations. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 110(6). <https://doi.org/10.7547/19-040>
- DIAZ, M.A.; GIBBONS, M.W.; SONG, J.; HILLSTROM, H.J.; CHOE, K.H.; PASQUALE, M.R. 2018. Concurrent validity of an automated algorithm for computing the center of pressure excursion index (CPEI). *Gait & Posture*. 59:7-10. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.09.022>
- FULLER, E. 2000. The windlass mechanism of the foot. A mechanical model to explain pathology. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 90(1). <https://doi.org/10.7547/87507315-90-1-35>
- FUSCO, A.; GIANCOTTI, G.F.; FUCHS, P.X.; WAGNER, H.; DA SILVA, R.A.; CORTIS, C. 2020. Y balance test: Are we doing it right? *Journal of Science and Medicine in Sport*. 23(2):194-199 <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.09.016>
- GRIBBLE, P.A.; HERTEL, J. 2003. Considerations for Normalizing Measures of the Star Excursion Balance Test. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*. 7(2):89-100 https://doi.org/10.1207/S15327841MPEE0702_3
- HICKS, J. 1954. The mechanics of the foot: II. The plantar aponeurosis and the arch. *Journal of Anatomy*. 88(1):25.
- HILLSTROM, H.J.; SONG, J.; KRASZEWSKI, A.P.; HAFER, J.F.; MOOTANAH, R.; DUFOUR, A.B.; CHOW, B.S.; DELAND, J.T. 2013. Foot type biomechanics part 1: Structure and function of the asymptomatic foot. *Gait & Posture*. 37(3):445-451. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.09.007>
- HOUCK, J.R.; TOME, J.M.; NAWOCZENSKI, D.A. 2008. Subtalar neutral position as an offset for a kinematic model of the foot during walking. *Gait & Posture*. 28(1):29-37. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.09.008>
- HYONG, I.H.; KANG, J.H. 2016. Comparison of dynamic balance ability in healthy university students according to foot shape. *Journal of Physical Therapy Science*. 28(2):661-664 <https://doi.org/10.1589/jpts.28.661>
- KAPPEL-BARGAS, A.; WOOLF, R.D.; CORNWALL, M.W.; MCPOIL, T.G. 1998. The windlass mechanism during normal walking and passive first metatarsalphalangeal joint extension. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*. 13(3):190-194. [https://doi.org/10.1016/s0268-0033\(97\)00038-7](https://doi.org/10.1016/s0268-0033(97)00038-7)
- KIM, J.; LIM, O.; YI, C. 2015. Difference in static and dynamic stability between flexible flat feet and neutral feet. *Gait & Posture*. 41(2):546-550 <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.12.012>
- LIU, X.; DUAN, Y.; HITZMANN, A.; XU, Y.; CHEN, T.; IKEMOTO, S.; HOSODA, K. 2018. Using the foot windlass mechanism for jumping higher: A study on bipedal robot jumping. *Robotics and Autonomous Systems*. 110:85-91. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2018.09.006>
- LUCAS, R.; CORNWALL, M. 2017. Influence of foot posture on the functioning of the windlass mechanism. *The Foot*. 30:38-42. <https://doi.org/10.1016/j.foot.2017.01.005>
- MUÑOZ, J.P.; GONZÁLEZ, M.A.G.; GARCÍA, J.C.C.; NOVA, A.M. 2015. Relación de la postura del pie con las lesiones más frecuentes en atletas. Un estudio piloto. *Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*. 32(166):76-81.
- NEAL, B.S.; GRIFFITHS, I.B.; DOWLING, G.J.; MURLEY, G.S.; MUNTEANU, S.E.; FRANETTOVICH SMITH, M.M.; COLLINS, N.J.; BARTON, C.J. 2014. Foot posture as a risk factor for lower limb overuse injury: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Foot and Ankle Research*. 7(1). <https://doi.org/10.1186/s13047-014-0055-4>

- NEVES, F.; DE SOUZA, C.Q.; STOFFEL, M.; PICASSO MARTINS, C.L. 2017. The Y balance test – how and why to do it? *International Physical Medicine & Rehabilitation Journal*. 2(4):261-262. <https://doi.org/10.15406/ipmrj.2017.02.00058>
- PIÑEROS ÁLVAREZ, J.L.; HERNÁNDEZ OÑATE, G.E.; ARANA CRUZ, C.; LÓPEZ-SALAMANCA, D.E.; HINCAPIE-GALLON, O.L. 2021. Características del pie y equilibrio dinámico en basquetbolistas juveniles colombianos. *Fisioterapia*. 43(6):333-339. <https://doi.org/10.1016/j.ft.2021.03.003>
- PLISKY, P.J.; RAUH, M.J.; KAMINSKI, T.W.; UNDERWOOD, F.B. 2006. Star Excursion Balance Test as a Predictor of Lower Extremity Injury in High School Basketball Players. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 36(12):911-919. <https://doi.org/10.2519/jospt.2006.2244>
- ROOS, K.; WASSERMAN, E.; DALTON, S.; GRAY, A.; DJOKO, A.; DOMPIER, T.; KERR, Z. 2017. Epidemiology of 3825 injuries sustained in six seasons of National Collegiate Athletic Association men's and women's soccer. *British journal of sports medicine*. 51(13):1029-1034. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095718>
- SU, S.; MO, Z.; GUO, J.; FAN, Y. 2017. The Effect of Arch Height and Material Hardness of Personalized Insole on Correction and Tissues of Flatfoot. *Journal of Healthcare Engineering*. 2017:9. <https://doi.org/10.1155/2017/8614341>
- SUGATHAN, H.; SHERLOCK, D. 2009. A modified Jones procedure for managing clawing of lesser toes in pes cavus: Long-term follow-up in 8 patients. *The Journal of Foot and Ankle Surgery: Official Publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons*. 48(6):637-641 <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2009.07.009>
- TAKAHASHI, K.Z.; GROSS, M.T.; VAN WERKHOVEN, H.; PIAZZA, S.J.; SAWICKI, G.S. 2016. Adding Stiffness to the Foot Modulates Soleus Force-Velocity Behaviour during Human Walking. *Scientific Reports*. 6(1):29870. <https://doi.org/10.1038/srep29870>
- THERAN, K.D.; ESPITIA, C.H.; ÁNGEL, J.A. 2017. Tipología del pie para mejorar el bienestar físico en niños futbolistas. En *Calidad de Vida, Inclusión Social y Bienestar Humano*. (4):112-125. <https://doi.org/10.21892/9789804270215.7>
- TONG, J.W.K.; KONG, P.W. 2013. Association Between Foot Type and Lower Extremity Injuries: Systematic Literature Review with Meta-analysis. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 43(10):700-714. <https://doi.org/10.2519/jospt.2013.4225>
- WILLIAMS, D.S.; MCCLAY, I.S.; HAMILL, J.; BUCHANAN, T.S. 2001. Lower Extremity Kinematic and Kinetic Differences in Runners with High and Low Arches. *Journal of Applied Biomechanics*. 17(2):153-163. <https://doi.org/10.1123/jab.17.2.153>
- YATES, B.; WHITE, S. 2004. The Incidence and Risk Factors in the Development of Medial Tibial Stress Syndrome among Naval Recruits. *The American Journal of Sports Medicine*. 32(3):772-780. <https://doi.org/10.1177/0095399703258776>