

ARTÍCULO ORIGINAL

<https://dx.doi.org/10.14482/sun.40.01.512.249>

## Características del pie y equilibrio dinámico en basquetbolistas, futbolistas y voleibolistas colombianos

*Characteristics of the foot and dynamic balance in Colombian basketball players, soccer players and volleyball players*

MIGUEL CAMPO-RAMÍREZ<sup>1</sup>, GABRIEL HERNÁNDEZ-OÑATE<sup>2</sup>,  
DAVID LÓPEZ-SALAMANCA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Fisioterapeuta de la Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte. Especialista en Fisioterapia del deporte de la misma universidad. Magíster en Epidemiología de la Universidad Libre. Docente Facultad de Salud y Rehabilitación, Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte. [miguel.campo@endeporte.edu.co](mailto:miguel.campo@endeporte.edu.co). ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1122-8882>. [https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod\\_rh=0001757370](https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001757370).

<sup>2</sup> Fisioterapeuta de la Universidad del Valle. Especialista en Actividad Física de la Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte. Magíster en intervención integral en el deportista de la Universidad Autónoma de Manizales. Docente Facultad de Salud y Rehabilitación, Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte. [gabriel.hernandez@endeporte.edu.co](mailto:gabriel.hernandez@endeporte.edu.co). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3652-102X>. [https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod\\_rh=0000233781](https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000233781).

<sup>3</sup> Fisioterapeuta de la Universidad del Valle. Magíster en Epidemiología de la misma universidad. Docente Universidad del Valle. [david.lopez@endeporte.edu.co](mailto:david.lopez@endeporte.edu.co). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8811-1404>. [https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod\\_rh=0000032492](https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000032492).

## RESUMEN

**Introducción:** El equilibrio dinámico es la base de todas las actividades motrices deportivas; su déficit se asocia con el riesgo de lesión. Variables como la huella plantar y el mecanismo de windlass podrían influir en este equilibrio. Actualmente no se encuentran estudios que relacionen estos elementos en deportistas. El objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de la huella plantar y el MW en el equilibrio dinámico en deportistas colombianos.

**Metodología:** Estudio transversal y correlacional. Participaron 193 deportistas de baloncesto (n=45), fútbol (n=102) y voleibol (n=46). El equilibrio dinámico se evaluó mediante el test de la Y. Para determinar el tipo de pie se utilizó el método de Herzco y el test de Jack para evaluar el MW.

**Resultados:** Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el equilibrio dinámico según huella plantar en baloncesto  $H(2)=9.033$ , Sig.=0.01;  $1-\beta=.202$ ,  $\epsilon^2=.205$ . En la Prueba Post Hoc hubo diferencias entre las huellas plano-cavo ( $p=0.012$ ) y neutra-cavo ( $p=0.01$ ). También hubo diferencias en el equilibrio dinámico según comportamiento del mecanismo windlass en baloncesto  $Z=-4.164$ ,  $U=69.0$ , Sig=0.000,  $1-\beta=.70$   $r=0.620$ . En fútbol y voleibol no se apreció influencia del tipo de huella en el equilibrio dinámico y el mecanismo windlass solo influyó en algunos alcances del YBT.

**Conclusiones:** El equilibrio dinámico podría verse afectado por el tipo de huella plantar y el mecanismo de windlass en basquetbolistas. La huella cava y la ausencia del mecanismo windlass se asociaron a mayor desempeño en el equilibrio dinámico. Futuras investigaciones podrían explorar esta relación en muestras con mayor prevalencia de huella cava en las diferentes disciplinas.

**Palabras clave:** deportes de equipo, pie, prevención, equilibrio postural, traumatismos en atletas

## ABSTRACT

**Introduction:** Dynamic balance is the basis of all sports motor activities, its deficit is associated with the risk of injury. Variables such as the footprint and the windlass mechanism could influence this balance. Currently there are no studies that relate these elements in athletes. The objective of the study was to evaluate the influence of the plantar footprint and the MW on the dynamic balance in Colombian athletes.

**Methodology:** Cross-sectional and correlational study. 193 basketball (n=45), soccer (n=102) and volleyball (n=46) athletes participated. The dynamic balance was evaluated

using the Y test. To determine the type of foot, the Herzco method and the Jack test were used to evaluate the WM.

**Results:** Statistically significant differences were found in the dynamic balance according to the footprint in basketball  $H(2)=9.033$ ,  $Sig.=0.01$ ;  $1-\beta=.202$ ,  $\epsilon^2=.205$ . In the Post Hoc Test, there were differences between the plano-cavo ( $p=0.012$ ) and neutral-cavo ( $p=0.01$ ) footprints. There were also differences in dynamic balance according to the behavior of the windlass mechanism in basketball  $Z=-4.164$ ,  $U=69.0$ ,  $Sig=0.000$ ,  $1-\beta=.70$   $r=0.620$ . In soccer and volleyball, the influence of the type of footprint on the dynamic balance was not observed and the windlass mechanism only influenced some of the YBT's reaches.

**Conclusions:** The dynamic balance could be affected by the type of footprint and the windlass mechanism in basketball players. The cava footprint and the absence of the windlass mechanism were associated with higher performance in dynamic balance. Future research will explore this relationship in samples with a higher prevalence of dig-mark in the different disciplines.

**Keywords:** team sports, foot, prevención, postural balance, athletic injuries.

## INTRODUCCIÓN

El Equilibrio Dinámico (ED) es la base de todas las actividades motrices deportivas, el cual puede verse afectado por deficiencias en la estabilidad de cualquier articulación o estructura de la cadena cinética de miembro inferior (1). En deportistas, el nivel de exigencia en el control dinámico es mayor (2), incluso su alteración se ha asociado como factor de riesgo para lesiones de rodilla, tobillo o pie (3,4).

El pie soporta y transmite las fuerzas de reacción del suelo al resto del cuerpo, desde sus terminales sensitivas aporta información sobre el posicionamiento corporal (5). Es el segmento más distal en la cadena de la extremidad inferior, por ende, las alteraciones anatómicas en esta estructura podrían influir en las respuestas de control postural y equilibrio estático o dinámico.

Por ejemplo, algunos estudios reportan que la huella plantar plana puede causar disfunciones en la vaina del tendón del tibial posterior, evidenciadas mediante desequilibrio dinámico, dolor, compromiso articular (6) e incluso fracturas por estrés (7). Estas alteraciones se asocian a mayor pronación y eversión del talón con descarga de peso en el compartimiento medial del pie (8), lo cual podría afectar el ED y generar lesiones osteomusculares.

Por otro lado, algunas características del pie podrían influir en el equilibrio, por ejemplo, la integridad del mecanismo de windlass (MW), descrito por Hicks (9). La ausencia de este mecanismo puede afectar el ED, al retrasar la supinación del pie durante actividades funcionales, generar estrés excesivo en la articulación del tarso medio y los tejidos blandos del pie, y aumentar la probabilidad de sufrir lesiones en deportistas profesionales (10).

Se cree que las alteraciones en el pie dificultan la acomodación entre la superficie plantar y la de apoyo, lo que requiere ajustes posturales proximales para mantener la postura erguida y el equilibrio (11). Estudios anteriores han evaluado distintas características del pie y su influencia en condiciones estáticas o dinámicas en adultos sanos (6,12-14). Sin embargo, no se encuentran estudios en deportistas que relacionen la influencia del tipo de huella plantar y el MW con el ED, teniendo en cuenta que la mayoría de las actividades deportivas son funcionales, e involucran acciones estáticas y dinámicas (15). Además, parece existir una relación teórica, anatómica y funcional de estas variables.

Comprender esta relación en diferentes deportes es importante por dos razones. Primero, esta información ayuda a determinar factores intrínsecos que pueden confundir las medidas de ED cuando estas se utilizan para evaluar los posibles déficits relacionados con el riesgo de lesión deportiva. En segundo lugar, esta información puede dilucidar la posible influencia de la alineación anatómica y funcional del pie en la función neuromuscular y biomecánica de la extremidad inferior. Por lo tanto, nuestro propósito fue evaluar la influencia de la huella plantar y el MW en el ED en deportistas colombianos de baloncesto, fútbol y voleibol. Posiblemente aquellos con huella plantar cava y plana tendrán diferencias en el equilibrio comparado con aquellos con huella neutra o “normal”, además que la ausencia del MW podría generar un déficit del ED.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Participantes

Estudio correlacional, transversal y multicéntrico. Participaron 193 deportistas colombianos de baloncesto (n=45), fútbol (n=102) y voleibol (n=46) pertenecientes a diferentes clubes formativos en las ciudades de Cali, Popayán, Tuluá, Santander de Quilichao, Valledupar, Manizales y Medellín. Se incluyen deportistas activos mayores de 18 años que firmaran voluntariamente el consentimiento informado; se excluyeron los jugadores con alguna patología al momento de la va-

loración, alteración postural considerable en miembro inferior (ejemplo: genu o coxa vara/valgo, genu recurvatum, observada mediante examen postural) o que habían presentado alguna lesión en un periodo igual o menor a tres meses. Se realizó un muestreo no probabilístico, intencional por criterios. Sin embargo, se puede garantizar la heterogeneidad muestral, al incluir deportistas de diferentes zonas geográficas de Colombia. Además, los clubes participantes presentan similitudes sustantivas, metodológicas y competitivas respecto a otros clubes en el contexto colombiano.

Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte en acta firmada 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. Además, se contó con aval de cada club para el desarrollo del proyecto de investigación.

## Procedimientos

Se recolectaron variables como sexo, edad, deporte y dominancia de miembro inferior por medio de entrevista. Los datos antropométricos, como peso, estatura e índice de masa corporal (IMC), fueron medidos con báscula digital de piso marca Seca 876<sup>®</sup> de uso móvil y estadiómetro portátil Seca 213<sup>®</sup>. Se evaluó el MW por medio del test de Jack o Hubscher, comúnmente empleado en otros estudios (5,16), 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, clasificando en negativo si se presenta elevación del arco longitudinal medial, o positivo si no existe dicha elevación. El test de Jack o Hubscher tiene confiabilidad y reproducibilidad diagnóstica adecuada para determinar la presencia o ausencia del MW (17,18).

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 0.9.3 (19)<sup>®</sup>. Además, para dar fiabilidad a las medidas, se realizó una segunda evaluación del mecanismo por parte de otro investigador entre 10 a 15 minutos de la apreciación inicial, el cual desconocía los resultados de la primera valoración.

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 (20). Este método ha sido empleado por diversos estudios y cuenta con un nivel aceptable de validez y confiabilidad (20,21); clasifica la variable huella plantar según criterios de perpendicularidad y el porcentaje de acuerdo con el ancho del metatarso X (cm) y ancho de la bóveda plantar Y (cm) en las siguientes categorías: pie plano (0-39 %), neutro (40-59,9 %) y cavo (60-100 %).

En la última fase se realizó la valoración del ED por medio del Y balance Test (YBT), el cual presenta un buen nivel de confiabilidad entre evaluador e intraevaluador (23). Se empleó el protocolo descrito por Fratti et al. (23). 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. (24), través de las siguientes fórmulas: Distancia de Alcance Normalizada (DAN%)= (Distancia del Alcance / medida real de miembro inferior) \*100. Esta variable se calculó para cada dirección y extremidad. Además, la Distancia de Alcance Normalizada Compuesta (DANC%) = (Distancia Anterior + Distancia Posteromedial + Distancia Posterolateral) / (3 x medida real de miembro inferior) \*100. Esta variable se calculó para cada extremidad.

## Análisis estadístico

Los datos fueron analizados en el paquete estadístico SPSS 24.0. En la base datos, a cada participante se asignó un valor numérico con el fin de brindar confidencialidad de la información. En el análisis univariado de los resultados, las variables categóricas fueron presentadas en frecuencias absolutas y relativas. Para las variables numéricas se realizó la prueba de normalidad de Kolmogorov Smirnov. Los datos con distribución normal se presentaron en media  $\pm$  desviación estándar; los datos que no se distribuyeron de forma 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, que arrojó un valor  $k=0,96$ , que según los parámetros de referencia de Altman et al. clasifica con el grado de concordancia de muy buena (25).

Los resultados se estratificaron por deporte para disminuir el sesgo de información. Se utilizaron pruebas de hipótesis paramétricas como la T Student y el análisis de varianzas (ANOVA) aplicando la prueba F de Snedecor (26). También pruebas no paramétricas como la prueba U de Mann-Whitney y Kruskal Wallis (27). Lo anterior con el fin de determinar la influencia de la huella plantar y el MW en el equilibrio dinámico. Se empleó la prueba de post hoc de Bonferroni para explorar los grupos de variables con diferencias estadísticamente significativas. Se realizó un análisis de potencia estadística post hoc con el programa G\*Power (versión 3.1.9.7 Kiel University,

Germany), calculando  $1 - \beta$  y los tamaños del efecto para las pruebas de hipótesis a través de la  $d$  de Cohen para pruebas  $T$ , interpretando como  $.2$ =pequeño,  $.5$ =moderado y  $>.8$ =grande; la  $f$  de Cohen para análisis de varianza, interpretando como  $.10$ =pequeño,  $.25$ =moderado y  $>.40$ =grande; el coeficiente  $r$  de Pearson  $.1$ =pequeño,  $.3$ =moderado, y  $>.5$ =grande; y el  $\epsilon^2$ , interpretando como  $.04$ =pequeño;  $.25$ =moderado y  $>.64$ =grande (28). Para lo anterior, fijándose intervalos de confianza al 95 % y significancia estadística  $\alpha = 0.05$ .

## RESULTADOS

La edad fue 19 (18-20) años en fútbol; 20 (18-22) años en baloncesto; 19 (18-21) años en voleibol. En cuanto a las características antropométricas, la talla fue 173 (166-181) cm en fútbol; 181 (175-185) cm en baloncesto; 170 (160-185) cm en voleibol. No hubo diferencias estadísticamente significativas ( $p=0.02$ ) en estas variables entre los deportes. Los datos se resumen en la tabla 1.

**Tabla 1. Características demográficas, antropométricas y deportivas la muestra**

Variables	N	%
<b>Sexo</b>		
Masculino	135	69.9
Femenino	58	30.1
<b>Dominancia de miembro inferior</b>		
Derecha	158	81.9
Izquierda	35	18.1
<b>Deporte</b>		
Baloncesto	45	23.3
Fútbol	102	52.8
Voleibol	46	23.8
<b>Edad (años)**</b>	19.9±2.9	
<b>IMC (Kg/m<sup>2</sup>) *</b>	22.5 (21-23.8)	
<b>Peso (kg)*</b>	69 (60.8-77)	
<b>Estatura (cm)*</b>	175 (165-182)	

\*\*Variable expresada en Media  $\pm$  desviación estándar.

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

Respecto a las características del pie y ED según disciplina deportiva, el tipo de huella plantar más común fue el neutro, seguido del cavo, para fútbol y baloncesto; en voleibol fue neutro, seguido del plano. El MW estuvo presente en más del 50% de deportistas en baloncesto y voleibol. En baloncesto se apreciaron mayores alcances que en fútbol y voleibol en todas las direcciones del YBT. Los datos se resumen en la tabla 2.

**Tabla 2. Características del pie y equilibrio dinámico según disciplina deportiva**

Variable	Fútbol (n=102)				Baloncesto (n=45)				Voleibol (n=46)			
	MMII Derecho		MMII Izquierdo		MMII Derecho		MMII Izquierdo		MMII Derecho		MMII Izquierdo	
	N	%	N	%	N	%	n	%	n	%	n	%
<b>Mecanismo de windlass</b>												
Ausente	54	52.9	54	52.9	21	46.7	20	44.4	7	15.2	4	8.7
Presente	48	47.1	48	47.1	24	53.3	25	55.6	39	84.8	42	91.3
<b>Tipo de huella plantar</b>												
Plano	9	8.8	10	9.8	4	8.9	4	8.9	5	10.9	11	23.9
Cavo	25	24.5	34	33.3	16	35.6	21	46.7	4	8.7	5	10.9
Neutro	68	66.7	58	56.9	25	55.6	20	44.4	37	80.4	30	65.2
<b>Equilibrio Dinámico (YBT)</b>												
DAN% Anterior*	74.9(69.2-82.3)		79.3(70.3-87.4)		109(81.5-121)		109.2(81.3-127.3)		84(74.7-92.9)		82.9(74.6-92.5)	
DAN% Posteromedial**	106.4±14.2		109.8±15		116.4±25.4		116±22.7		114.5±20.9		112.1±21.9	
DAN% Posterolateral*	104.9(94.9-114.2)		108.8(100.4-114.5)		116.3(100.8-126.8)		110.2(98.3-127.3)		112.5(96.2-133.5)		119.3(106.8-133.5)	
DANC% **	96.3±11.6		100±11.7		112.4±21.5		111.4±20.3		104.7±16.4		105.4±16.1	

MMII=Miembro inferior; DAN% =Distancia de Alcance Normalizada; DANC%=Distancia de Alcance Normalizada Compuesta; YBT=Y Balance Test. \*\*Variable expresada en Media ± desviación estándar; \*Variable expresada en Mediana (RIC=Q1 Q3).

Al explorar las diferencias en la DANC% según disciplina deportiva, se obtuvo  $F(2)=17.32$ ,  $P=0.01$ ;  $1-\beta=.99$ ,  $f=.41$  para el miembro inferior derecho y  $F(2)=9.0$ ,  $p=0.01$ ,  $1-\beta=.96$ ,  $f=.294$  para el miembro inferior izquierdo. En las pruebas post hoc se aprecian diferencias estadísticamente significativas ( $p<0.05$ ) para la variable DANC% derecho entre los deportes fútbol y basquetbol; fútbol y voleibol. Para la variable DANC% izquierdo, entre los deportes fútbol y basquetbol.

Hubo diferencias estadísticamente significativas en la DANC% según la huella plantar en baloncesto, obteniendo  $H(2)=9.03$ ,  $P=0.01$ ;  $1-\beta=.202$ ,  $\epsilon^2=.205$  para la extremidad derecha y  $H(2)=10.10$ ,  $P=0.00$ ;  $1-\beta=.244$ ,  $\epsilon^2=.22$  para la extremidad izquierda. En la Prueba post hoc de Bonferroni de Kruskal-Wallis, se aprecian diferencias estadísticamente significativas entre las huellas plano y cavo derecho ( $p=0.01$ ) y entre las huellas neutra y cavo izquierdo ( $p=0.01$ ). También se encontraron diferencias significativas en los alcances posteromedial derecho  $F(2)=4.18$ ,  $P=0.02$ ;  $1-\beta=.64$ ,  $f=.404$ , posterolateral derecho  $H(2)=9.69$ ,  $P=0.00$ ;  $1-\beta=.22$ ,  $\epsilon^2=.220$ , posteromedial izquierdo  $F(2)=3.57$ ,  $P=0.03$ ;  $1-\beta=.58$ ,  $f=.37$ , posterolateral izquierdo  $H(2)=9.14$ ,  $P=0.01$ ;  $1-\beta=.20$ ,  $\epsilon^2=.207$  (DANC%) según huella plantar en baloncesto. Los datos se resumen en la tabla 3.

**Tabla 3. Influencia de la huella plantar en el equilibrio dinámico según disciplina deportiva**

	Futbol (n=102)				Baloncesto (n=45)				Voleibol (n=46)			
	Tipo de huella plantar											
	Plano	Neutro	Cavo	Valor-p	Plano	Neutro	Cavo	Valor-p	Plano	Neutro	Cavo	Valor-p
DAN% Anterior Der*	81.2(76.1-90.4)	74.3(68.4-82.1)	74.8(69.4-77.8)	0.286	85.9(78-99.5)	106.9(80-116)	111.8(101.9-131.8)	0.200	78.4(77.2-81.8)	85.5(74.7-101.1)	80(71.8-84.7)	0.455
DAN% Posteromedial Der**	109.8±14.1	105.2±14.9	108.712.2±	0.442	87.4±24.6	115.2±19.9	125.6±28.7	0.022*	120.1±21.9	114.2±19.7	125.6±28.7	0.758
DAN% Posterolateral Der*	108(88.5-120.1)	103.9(94.5-116.4)	104.5(96.9-109.4)	0.952	93.3(89-97.5)	116(97.7-119.7)	124.2(110.6-136.6)	0.008*	123(101.4-123.2)	110.7(96.2-133.5)	115.2(91.9-134.2)	0.987
DANC% derecha*	96(90.7-106.5)	94.3(89.4-102.1)	96.4(92.9-102.1)	0.652	92.5(85.7-93.9)	107.4(94.2-126.2)	120.9(108.3-134.6)	0.011*	105.7(103.7-115.2)	100.4(94.2-118.3)	100.3(83.1-117.5)	0.879
DAN% Anterior Izq*	82.9(72.9-102.5)	77.6(70.3-84.4)	80.2(69.8-88)	0.453	95.5(83.8-106.9)	99.4(76.7-116.6)	121.2(102.9-136.3)	0.056	86.9(71.1-104)	83(75.1-91.3)	76.8(75.1-83)	0.782
DAN% Posteromedial Izq**	114.8±12.2	111.7±11.2	105.1±19.9	0.067	105.4±19.1	108.5±23.1	125.1±20.2	0.037*	120±20.9	107.9±22.4	120±16.7	0.205
DAN% Posterolateral Izq*	102.5(101.1-127.7)	110(103.5-119.6)	106.8(96.8-112.4)	0.123	102.2(93.4-109.9)	104.5(86.1-117.2)	125.8(105.7-135.5)	0.010*	124.9(110.9-139.1)	117(99.9-126.7)	115.7(111.9-133.5)	0.368
DANC% izquierda*	101.3(93.9-120.6)	99.7(93.7-109.2)	97(86.3-103.8)	0.155	99(92.7-108.7)	98.6(92.5-113.3)	123.4(105.6-135.3)	0.006*	112.2±19.6	102.6±15.1	107.5±12.7	0.240

DAN%=Distancia de Alcance Normalizada; DANC%=Distancia del alcance normalizada Compuesta; Der=Derecha; Izq=Izquierda; +Diferencias estadísticamente significativas; \*\*Variable expresada en Media ± desviación estándar; \*Variable expresada en Mediana (RIC=Q1 Q3).

DAN%=Distancia de Alcance Normalizada; DANC%=Distancia del alcance normalizada Compuesta; Der=Derecha; Izq=Izquierda; \*Diferencias estadísticamente significativas; \*\*Variable expresada en Media ± desviación estándar; \*Variable expresada en Mediana (RIC=Q1 Q3).

Se apreciaron diferencias estadísticamente significativas en las DANC% derecha  $Z=-4,16$ ,  $U=69,0$ ,  $Sig=0,00$ ,  $1-\beta=.70$   $r=0,62$  e izquierda  $Z=-3,83$ ,  $U=82,0$   $p=0,01$ ,  $1-\beta=.635$   $r=.571$  y en todas las direcciones (DAN%) del YBT según presencia o ausencia del MW en baloncesto. En fútbol hubo diferencias estadísticamente significativas en las direcciones anterior y posterolateral derecha; en voleibol, en la dirección anterior izquierda. Los datos se resumen en la tabla 4.

**Tabla 4. Influencia del mecanismo de windlass en el equilibrio dinámico según disciplina deportiva**

	Fútbol (n=102)			Baloncesto (n=45)			Voleibol (n=46)		
	Mecanismo de windlass								
	Presente	Ausente	Valor- p	Presente	Ausente	Valor- p	Presente	Ausente	Valor- p
DAN% Anterior Der*	76.3(69.3-81.6)	74.1(67.8-84.4)	0.000*	86.7(77.1-110.4)	118.3(109.2-134.7)	0.001*	81.8(71.4-92.9)	87.7(81.5-111.5)	0.306
DAN% Posteromedial Der*	109.9(101.4-115.5)	105.4(98-115)	0.156	107.2(94.6-112.6)	134.1(116.3-145.7)	0.000*	110.1(103.1-133.6)	118.5(71.9-128.1)	0.795
DAN% Posterolateral Der*	102.8(93.6-107.8)	108.6(96.9-120.7)	0.040*	101.9(94.1-116.4)	126.4(118.6-135.4)	0.000*	109.6(96.2-135.8)	119.5(133.5)	0.795
DANC% derecha*	94.7(90.7-99.5)	96.3(88-105.4)	0.843	97.5(90.9-110)	126.2(115.6-139.2)	0.000*	100.4(91.2-117.7)	108.6(82.2-118.3)	0.976
DAN% Anterior Izq*	76(70-89.5)	80.9(72.9-87.2)	0.467	90.8(79.4-114.8)	124.2(106.3-135.9)	0.001*	82.5(73.7-90)	110.8(92.1-129.2)	0.009*
DAN% Posteromedial Izq**	109.1±13.5	110.4±16.4	0.670	104.9±19.6	129.9±18.6	0.000*	111.2±19.8	121.5±40.8	0.375
DAN% Posterolateral Izq*	108.2(101.8-111.7)	110.2(98-127.1)	0.288	103.1(95.3-110.8)	130.5(111.6-137.3)	0.002*	118(106.8-129.5)	130.4(108.4-141.6)	0.417
DANC% izquierda*	98(93.4-102.9)	101.6(90.8-109.8)	0.365	97.7(93.9-107.9)	128.2(110.2-137.9)	0.000*	103.7(93.2-113.5)	122.8(99.2-138.9)	0.278

DAN%=Distancia de Alcance Normalizada; DANC%=Distancia del alcance normalizada Compuesta; Der=Derecha; Izq=Izquierda; \*Diferencias estadísticamente significativas; \*\*Variable expresada en Media ± desviación estándar; \*Variable expresada en Mediana (RIC=Q1 Q3).

## DISCUSIÓN

Esta investigación es la primera en relacionar condiciones estáticas como el tipo de huella plantar y el MW con ED en deportistas formativos de fútbol, baloncesto y voleibol. El marco teórico de la discusión retoma investigaciones de las variables aquí mencionadas de manera individual y/o con población no deportista.

El principal hallazgo fue que se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la capacidad de ED según el tipo de huella plantar y el comportamiento del MW en ambas extremidades para los deportistas de baloncesto. La huella cava y la ausencia del MW se asociaron a mayores alcances en el YBT con diferencias estadísticamente significativas post hoc entre las huellas plano-cavo derecho ( $p=0,01$ ) y neutro-cavo izquierdo ( $p=0,01$ ), lo cual permitió contrastar la hipótesis inicial del estudio.

Cote et al. (12) reportan diferencias estadísticamente significativas en el YBT según el tipo de huella plantar en población universitaria físicamente activa; los pies cavos tuvieron alcances mayores con respecto a los pies planos y neutros en los alcances posterolaterales del YBT, lo cual concuerda con esta investigación. Esto es atribuible a que un individuo con huella supina o cava ejerce mayor presión sobre la cara lateral del pie; probablemente por esto, la estabilidad sea mayor en la dirección posterolateral. Por el contrario, los pies planos tienden a colapsar hacia la cara medial del pie, lo cual disminuye la capacidad para mantener un soporte rígido al soportar el peso; esta desviación medial podría explicar el alcance dinámico reducido en dicha dirección.

En este estudio no hubo diferencias según el tipo de huella en el alcance anterior del YBT; esto se atribuyó a que en esta dirección influyen distintos factores, como la movilidad en flexión dorsal de tobillo y la flexibilidad de la cadena posterior de miembro inferior. Sin embargo, la huella cava mostró alcances mayores con respecto a las huellas plano y neutro.

Además, no se apreció influencia estadísticamente significativa del tipo de huella plantar en el ED en fútbol y voleibol. Según el comportamiento del MW, se encontraron diferencias en los alcances anterior y posterolateral derecho en fútbol y anterior izquierdo para voleibol. Una posible explicación es la mayor prevalencia de huella cava en baloncesto con respecto a los otros deportes, teniendo en cuenta que este tipo de huella se asoció con mayores alcances en el YBT. Algunas investigaciones han encontrado asociación significativa entre la postura del pie y el comportamien-

to del MW (29), lo cual pudo influir en este estudio. Posiblemente, el calzado y la superficie de juego pudieron influir sobre el comportamiento del MW, la huella plantar y el ED; futuros estudios podrían explorar esta hipótesis.

Al respecto, Hyong et al. (13) no encontraron diferencias en la capacidad de ED según la forma del pie entre estudiantes universitarios sanos con pies neutros, pronados y supinados. Los resultados se asociaron a la compensación de los músculos periarticulares de tobillo, factores externos que afectan el equilibrio, como los sistemas visual, auditivo y somatosensorial. Kim et al. (6) reportan que no observaron diferencias en los alcances del YBT entre huellas plantares neutras y pies planos flexibles en adultos. Las diferencias en los resultados de Hyong et al. y Kim et al. con respecto a este estudio podrían atribuirse a características poblacionales, como la disciplina deportiva y su influencia en la biomecánica del pie. Martínez et al. (30) evaluaron el tipo de pie en deportistas de baloncesto, atletismo y voleibol, y consideraron que los gestos técnicos pueden inducir cambios y adaptaciones biomecánicas a nivel de la huella plantar, generando prevalencia de ciertos tipos de pie según la disciplina deportiva practicada. Esto posiblemente tendría relación con las diferencias estadísticas encontradas ( $p=0,00$ ) en los alcances del YBT según deporte.

Esta investigación presentó algunas limitaciones. Primero, la ausencia de evidencia en población deportista que relacione las variables en estudio. Se recomienda a futuras investigaciones explorar la influencia de elementos posturales, funcionales o estáticos del pie con el ED en otros deportes, ya que esto podría aportar a la identificación de factores de riesgo asociados al déficit en el ED. En segundo lugar, en cumplimiento de los criterios de inclusión y exclusión, hubo menor participación en deportes como baloncesto y voleibol comparados con fútbol, lo cual podría influir en la validez externa frente a otras poblaciones. Además, esto afectó la potencia estadística ( $1-\beta$ ) de algunas pruebas de hipótesis realizadas en deportes como baloncesto. También hubo poca prevalencia de pies planos en el estudio, lo cual puede interferir en las inferencias extraídas de la muestra; sin embargo, con base en otras investigaciones, esto pudo estar relacionado con la práctica deportiva y ubicación geográfica (31). Finalmente, se declara como limitación las diferencias que se podrían obtener al estratificar la muestra según sexo. Futuras investigaciones en deportistas podrían explorar estas hipótesis.

## CONCLUSIONES

Los resultados sugieren que el ED podría afectarse por el tipo de huella plantar y el comportamiento del MW en deportistas de baloncesto. La huella cava y la ausencia del MW se asociaron a mayor desempeño en el ED. No se apreció influencia del tipo de huella plantar y MW en el ED en deportistas de fútbol y voleibol. Futuras investigaciones podrían confirmar la influencia de la huella plantar y el MW en el ED con muestras con mayor prevalencia de pies cavos en las diferentes disciplinas.

### **Agradecimientos**

A los clubes, por permitir el desarrollo del estudio, así como a los deportistas participantes.

### **Financiación**

Los autores declaran que este proyecto fue financiado por la Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte.

### **Intereses de conflicto**

Los investigadores declaran no tener conflicto de intereses de ningún tipo.

## REFERENCIAS

- 1 Horak F. Clinical measurement of postural control in adults. *Phys Ther.* 1987;67:1881-5. <https://doi.org/10.1093/ptj/67.12.1881>.
- 2 Blikendaal S, Stubbe J, Verhagen E. Dynamic balance and ankle injury odds: a prospective study in 196 Dutch physical education teacher education students. *BMJ Open.* 2019;9:1-8. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-032155>.
- 3 Hewett T, Myer G, Ford K, Heidt R, Colosimo A, McLean S et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *Am J Sports Med.* 2005;33:492-501. <https://doi.org/10.1177/0363546504269591>.

- 4 Pourgharib Shahi MH, Selk Ghaffari M, Mansournia MA, Halabchi F. Risk Factors Influencing the Incidence of Ankle Sprain Among Elite Football and Basketball Players: A Prospective Study: Foot Ankle Spec 2020. <https://doi.org/10.1177/1938640020921251>.
- 5 Piñeros Álvarez JL, Hernández Oñate GE, Arana Cruz C, López-Salamanca DE, Hincapie-Gallon OL. Características del pie y equilibrio dinámico en basquetbolistas juveniles colombianos. *Fisioterapia*. 2021;43:333-9. <https://doi.org/10.1016/j.ft.2021.03.003>.
- 6 Kim J, Lim O, Yi C. Difference in static and dynamic stability between flexible flatfeet and neutral feet. *Gait Posture*. 2015;41:546-50. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.12.012>.
- 7 Yoon K-S, Park S-D. The effects of ankle mobilization and active stretching on the difference of weight-bearing distribution, low back pain and flexibility in pronated-feet subjects. *J Exerc Rehabil*. 2013;9:292-7. <https://doi.org/10.12965/jer.130013>.
- 8 Kirby KA. Sistema de reparto de cargas del arco longitudinal del pie. *Rev Esp Podol*. 2017;28:37--5. <https://doi.org/10.1016/j.repod.2017.03.002>.
- 9 Hicks J. The mechanics of the foot: II. The plantar aponeurosis and the arch. *J Anat*. 1954;88:25.
- 10 De La Cruz Garcia YY. Relación entre pie plano y equilibrio dinámico en los estudiantes de la I.E. Nuestra Señora del Carmen, Lima - 2017. Tesis. Universidad San Pedro; 2018.
- 11 Robbins S, Waked E, Allard P, McClaran J, Krouglicof N. Foot position awareness in younger and older men: the influence of footwear sole properties. *J Am Geriatr Soc* 1997;45:61-6. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1997.tb00979.x>.
- 12 Cote KP, Michael E Brunet II, Gansneder BM, Shultz SJ. Effects of Pronated and Supinated Foot Postures on Static and Dynamic Postural Stability. *J Athl Train*. 2005;40:41-6.
- 13 Hyong IH, Kang JH. Comparison of dynamic balance ability in healthy university students according to foot shape. *J Phys Ther Sci*. 2016;28:661-4. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.661>.
- 14 Tran K, Spry C. Custom-Made Foot Orthoses versus Prefabricated foot Orthoses: A Review of Clinical Effectiveness and Cost-Effectiveness. Ottawa (ON): Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health; 2019.
- 15 Bernier JN, Perrin DH. Effect of coordination training on proprioception of the functionally unstable ankle. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1998;27:264-75. <https://doi.org/10.2519/jospt.1998.27.4.264>.

- 16 Su S, Mo Z, Guo J, Fan Y. The Effect of Arch Height and Material Hardness of Personalized Insole on Correction and Tissues of Flatfoot. *J Healthc Eng.* 2017;9. <https://doi.org/10.1155/2017/8614341>.
- 17 Di Stasio G, Montanelli M. A Narrative Review on the Tests Used in Biomechanical Functional Assessment of the Foot and Leg: Diagnostic Tests of Deformities and Compensations. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2020;110. <https://doi.org/10.7547/19-040>.
- 18 Ewen A. J. Naviculo-cuneiform fusion in the treatment of flat foot. *J Bone Joint Surg Br.* 1953;35-B:75-82. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.35B1.75>.
- 19 Beltrán Albarracín DA. Validación de kinovea como herramienta para el análisis de posturas en tareas sedentarias: validación de kinovea con fotogrametría. Quito: EPN; 2022.
- 20 Arango JCA, Nieto DC, Rengifo GMR. Análisis de huella plantar bajo el método Herzco. *Lect Educ Física Deport.* 2019;24:107-23.
- 21 Theran KD, Espitia CH, Ángel JA. Tipología del pie para mejorar el bienestar físico en niños futbolistas. *Calid. Vida Inclusión Soc. Bienestar Hum.* 2017; 4:112-25.
- 22 Bustos Viviescas BJ, Delgado Molina MC, Acevedo Mindiola AA, Rodríguez Acuña LE, Lozano Zapata RE. Influencia del IMC en la huella plantar de árbitros masculinos de fútbol. *Rev Cuba Ortop Traumatol.* 2020;34:1-23.
- 23 Neves F, De Souza CQ, Stoffel M, Picasso Martins CL. The Y balance test – how and why to do it? *Int Phys Med Rehabil J.* 2017;2:261-2. <https://doi.org/10.15406/ipmrj.2017.02.00058>.
- 24 Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star Excursion Balance Test as a Predictor of Lower Extremity Injury in High School Basketball Players. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2006;36:911-9. <https://doi.org/10.2519/jospt.2006.2244>.
- 25 Altman DG, Deborah A. Practical statistics for medical research. *Stat Med.* 1991;10:1635-6. <https://doi.org/10.1002/sim.4780101015>.
- 26 Gosset SW. T-Student y F-Snedecor. [Citado el 17 de dic de 2023 ]Recuperado [citado + el dia+el mes +el año] todo entre corchete y el mes abreviado)
- 27 Soto PJJ. Contraste de hipótesis. Comparación de más de dos medias independientes mediante pruebas no paramétricas: Prueba de Kruskal-Wallis. *Rev Enferm Trab* 2013;3:166–71.
- 28 Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences.* 2ª ed. Routledge; 1988. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>.

- 29 Aquino A, Payne C. Function of the Windlass Mechanism in Excessively Pronated Feet. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2001;91:245-50. <https://doi.org/10.7547/87507315-91-5-245>.
- 30 Martínez Nova A, Gómez Blázquez E, Escamilla Martínez E, Pérez Soriano P, Gijon Nogueron G, Fernández Seguí L. The foot posture index in men practicing three sports different in their biomechanical gestures. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2014;104:154-8. <https://doi.org/10.7547/0003-0538-104.2.154>.
- 31 Escobar Agudelo SP, Tepud Montoya L. Tipología del pie y lesiones osteomusculares en futbolistas sub 17 y sub 20: Un estudio de cohorte. Universidad de Antioquia, 2020.