

Relación entre equilibrio estático y variables antropométricas y baropodométricas en patinadores de carrera juveniles

Relationship between static balance and anthropometric and baropodometric variables in young speed skaters

Pinzón-Romero SM^{a,b}, García-Solano KB^{a,b}, Pérez-Parra JE^{a,c}

^a Departamento de Movimiento Humano, Laboratorio de Análisis de Movimiento. Universidad Autónoma de Manizales. Manizales. Caldas. Colombia

^b Fisioterapeuta, Magíster en Intervención Integral en el Deportista. Manizales. Caldas. Colombia

^c Fisioterapeuta, Magíster en Neurorehabilitación. Manizales. Caldas. Colombia

Correspondencia:

Julio Ernesto Pérez-Parra
jeperez@autonoma.edu.co

Recibido: 9 diciembre 2021

Aceptado: 17 enero 2022

RESUMEN

Objetivo: establecer la relación entre equilibrio estático y variables antropométricas y baropodométricas en patinadores de carrera juveniles. **Material y método:** se desarrolló un estudio descriptivo, de corte transversal y alcance correlacional. Se evaluaron 58 jóvenes patinadores, entre 11 y 15 años, la mayoría mujeres, 55 % de modalidad fondo y 45 % de velocidad. Se valoró el equilibrio estático con el Índice de Romberg, el tipo de pie y el porcentaje de superficie de apoyo de todo el pie, el antepié, el mediopié y el retropié; así como el índice de masa corporal y la longitud de miembros inferiores. Se realizaron pruebas de correspondencia y homogeneidad. **Resultados:** no se encontraron asociaciones estadísticamente significativas entre el equilibrio estático con la antigüedad en la práctica de patinaje, IMC, longitud de miembros inferiores y superficie de apoyo (total, antepié, mediopié o retropié) ($p > 0,05$). **Conclusiones:** la mayoría de los patinadores evidenció equilibrio estático alterado. Casi la totalidad de ellos mostró asimetría entre miembros inferiores. Se observó mayor apoyo en los retropiés, y la tipología predominante de pie fue el de *arco muy alto*. Se encontró asimetría en la tipología de los pies en el 41 % de los patinadores. No se encontraron asociaciones estadísticamente significativas entre el equilibrio estático con variables deportivas, antropométricas o baropodométricas en patinadores de carrera juveniles.

Palabras clave: equilibrio postural, pie, extremidad inferior, patinaje, juvenil.

ABSTRACT

Objective: to establish the relationship between static balance and anthropometric and baropodometric variables in young speed skaters. **Material and method:** a descriptive, cross-sectional study with correlational scope was developed. Fifty-eight young skaters, between 11 and 15 years old, were evaluated, the majority women, 55 % of distance modality and 45 % of speed. Static balance was assessed with the Romberg Index, the type of foot and the percentage of support surface of the entire foot, forefoot, midfoot and hindfoot; as well as body mass index and lower limbs length. Correspondence and homogeneity tests were carried out. **Results:** no statistically significant associations were found between static balance and seniority in skating, BMI, lower limbs length and support surface (total, forefoot, midfoot or hindfoot) ($p > 0.05$). **Conclusions:** most of the skaters showed altered static balance. Almost all of them showed asymmetry between lower limbs. greater support was observed in the hindfoot, the

predominant type of foot was that of "very high arch". Asymmetry in the type of feet was found in 41 % of the skaters. No statistically significant associations were found between static balance with sports, anthropometric or baropodometric variables in young cart skaters.

Keywords: *postural balance, foot, lower extremity, skating, youth.*

DISPONIBILIDAD DE LOS DATOS

Los datos generados y analizados en el presente estudio están disponibles en la siguiente carpeta de drive en formato SPSS: https://drive.google.com/drive/folders/1f_G22NiZV30WoEhCPFI18_uc9eqqFX2Z?usp=sharing

INTRODUCCIÓN

El patinaje de carreras es un deporte cuya técnica obliga a realizar un desplazamiento hacia adelante, usando el impulso generado desde los miembros inferiores con flexión de rodillas y tronco, acompañado por una oscilación de los miembros superiores. El patinador suele mantenerse la mayor parte del tiempo en un apoyo monopodal, ya sea realizando la recuperación, empuje o deslizamientos propios de la técnica. A su vez, requiere de cocontracción muscular y coordinación sensoriomotriz, la cual permite una mejor eficacia, equilibrio, estabilidad y una propulsión continua cíclica dentro de cada desplazamiento. De igual manera, el pie del deportista se encuentra dentro de una bota de protección firme y rígida que no permite muchos rangos de movimiento⁽¹⁾ y sobre un chasis con ruedas, que al final termina realizando una cantidad de ciclos del movimiento y soportando la carga impuesta del deportista para su desplazamiento⁽²⁾.

El pie es una estructura tridimensionalmente variable, tiene tres segmentos importantes, el retropié, mediopié y antepié, que permiten una base de sustentación cuando se encuentra en posición bípeda. El apoyo se realiza teniendo en cuenta tres arcos importantes, el longitudinal medial, el longitudinal lateral y el transverso, que permiten amortiguar el peso, dan soporte para la bipedestación, y facilitan una distribución de la carga y la marcha. Estos arcos son un factor importante para el análisis del patinaje, así como la técnica usada, valga decir, el em-

puje para realizar el deslizamiento de las ruedas sobre una superficie⁽³⁻⁵⁾.

La altura del arco del pie puede llegar a modificar las áreas de apoyo plantar y la distribución de presiones⁽⁶⁾. Una sobrecarga a nivel del sistema cupular del pie provoca debilidad muscular, pronación subtalar, abducción de primer y segundo dedo, caída del metatarso o del mediopié, tendencia a aplanamiento del arco del pie y amplitud radial anterior o del arco transverso⁽⁶⁾. Así mismo, se puede producir una asimetría a causa del aumento de presiones del pie de apoyo según el deporte que se practique, lo que puede predisponer a la aparición de lesiones⁽⁷⁾.

Se hace necesario estudiar el equilibrio y la baropodometría en patinadores de carrera juveniles, pues en esta categoría existe un proceso de maduración, tanto del control postural como de la anatomía del pie, que pueden ser influenciados por la competencia deportiva⁽⁸⁾. Los pies están conformados por un sistema óseo, articular y muscular que actúan en conjunto para poder dar la rigidez necesaria con el fin de soportar las cargas del cuerpo, y combinado con el equilibrio ayuda a mantener alineados los segmentos y mantenerlos dentro de la base de sustentación, y de esta manera se pueden evitar lesiones que puedan afectar a la vida deportiva.

Dependiendo de la actividad física o deporte que se practique, como de los aspectos ergonómicos del calzado y el tiempo de exposición al realizarlo, el pie reacciona ante diferentes exigencias mecánicas realizando cambios en su tipología^(9, 10). Dichas reacciones consisten, entre otras, en transferencia de energía mecánica, redistribución de cargas y activación muscular⁽¹¹⁾. Por lo tanto, es importante reconocer las demandas deportivas sobre las fuerzas de reacción del suelo y del cuerpo, sobre las medidas antropométricas que pueden influir en el equilibrio y sobre la tipología de la huella plantar.

Existen limitados estudios centrados en la relación entre el equilibrio y el tipo de pie en los patinadores. Es importante su estudio por la influencia que tiene el patín

dentro de la distribución de las cargas y el centro de gravedad al momento de realizar la técnica deportiva. El equilibrio estático es un componente fundamental en el patinaje de carrera porque permite mantener una adecuada técnica y control en la ejecución de cada gesto deportivo y, además, limita los movimientos accesorios que incrementan el estrés articular. En efecto, la falta de un buen equilibrio postural puede generar el desperdicio de estas fuerzas, debido a movimientos ineficientes que, finalmente, afectan el desempeño deportivo⁽¹²⁾.

En cuanto a las relaciones entre variables antropométricas y baropodométricas, se ha encontrado que la pérdida de peso produce una disminución de la fuerza de reacción del suelo y del área de contacto del pie⁽¹³⁾. Se comprobó que el IMC es un predictor independiente para el dolor de tobillo en pacientes cuyas presiones plantares del mediopié y del talón fueron más altas⁽¹⁴⁾. El IMC puede correlacionarse con las presiones plantar máxima y promedio en deportistas⁽¹⁵⁾.

El presente estudio tiene como objetivo establecer la relación entre equilibrio estático y variables antropométricas y baropodométricas en patinadores de carrera juveniles.

MATERIAL Y MÉTODO

Diseño del estudio

Se desarrolló una investigación empírico analítica, descriptiva, de corte transversal y alcance correlacional. Se realizó como parte de un macroproyecto que también valoró el efecto del ejercicio propioceptivo sobre el equilibrio en patinadores de carrera juveniles⁽⁶⁾. Se siguieron los lineamientos de la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud Colombiano que establece las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. Cumple con los principios enunciados en la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial y fue aprobado por el Comité de Bioética de la Universidad Autónoma de Manizales, Colombia (Acta 83 de 2019).

Muestreo

Se realizó un muestreo no probabilístico de patina-

dores juveniles de 3 clubes deportivos de la ciudad de Manizales (Colombia), los cuales firmaron el asentimiento informado, sus padres firmaron el consentimiento informado y cumplieron los siguientes criterios de inclusión: debían contar con una frecuencia de entrenamiento semanal mayor a un día, y con sesiones de duración mayores a una hora. Se excluyeron aquellos con condiciones de salud y lesiones agudas que dificultasen el entrenamiento, la práctica deportiva y la valoración de las pruebas de laboratorio.

Para el cálculo del tamaño muestral se utilizó la fórmula para estimar una correlación lineal a un nivel de confianza del 95 % y un poder estadístico del 85 %. La correlación mínima esperada (0,39) se estimó siguiendo el criterio de Mukaka⁽¹⁶⁾, para un tamaño mínimo de la muestra de 56 participantes.

Medidas

a. Equilibrio estático. Se midió a través del Índice de Romberg, método ampliamente validado y utilizado a nivel internacional⁽¹⁷⁻²⁰⁾. Se utilizó el Laboratorio de Análisis de Movimiento de la Universidad Autónoma de Manizales, con tecnología BTS®, usando la plataforma de baropodometría, y un programa informático *G-study*, marca TS, modelo P-Walk. El patinador se ubicó sin calzado sobre la plataforma, en posición bípeda con talones separados 10 centímetros, cabeza en el plano de Frankfort y brazos a los lados del cuerpo, mirando a un punto fijo durante 30 segundos con los ojos abiertos y otros 30 segundos con los ojos cerrados. El Índice de Romberg (IR) resulta del cociente entre las longitudes del desplazamiento del centro de presión con ojos abiertos y cerrados ($IR = \text{CoP distancia ojos abiertos} / \text{CoP distancia ojos cerrados}$). $IR > 1$ indica estabilidad alterada, mientras $IR < 1$ indica buena estabilidad.

b. Variables baropodométricas. Con el mismo equipo mencionado anteriormente y usando los protocolos internacionales^(4, 5, 7, 21-23), se determinó el tipo de pie y el porcentaje de superficie de apoyo de todo el pie, el antepié, el mediopié y el retropié, tanto derecho como izquierdo.

c. Variables antropométricas. Se midieron el peso

con balanza digital, la estatura con tallímetro y la longitud de miembros inferiores (MMII) con cinta métrica desde la cresta iliaca anterior superior hasta el borde inferior del maléolo medial. Se calculó el índice de masa corporal (IMC).

Control de sesgos

La baropodometría y valoración del equilibrio estático se realizaron en un equipo comercial validado internacionalmente. Estas mediciones fueron hechas por un profesional no participante en la investigación. La selección de los deportistas se hizo siguiendo estrictamente los criterios de inclusión y exclusión. No se realizó intervención alguna.

Análisis estadístico

Se describen mediante análisis univariado las características sociodemográficas, deportivas, antropométricas, baropodométricas y de equilibrio estático (tablas 1 y 2). En las pruebas de correspondencia se utilizan los coeficientes de correlación de Pearson y Spearman (tabla 3), según las variables hayan o no superado el supuesto de normalidad (prueba de Kolmogorov-Smirnov). En las pruebas de homogeneidad se utiliza estadística paramétrica con las pruebas t de Student y F de Fischer (ANOVA), según se apliquen a dos o más grupos de comparación, respectivamente (tabla 4). Todas las pruebas de hipótesis se realizan a un nivel de confianza del 95 % ($p \leq 0,05$) mediante la aplicación de test bilateral. No hubo datos perdidos en el procesamiento y análisis de la información. Los análisis se realizaron en el paquete estadístico SPSS versión 25.0 para Windows (*Statistical Package for the Social Science*).

RESULTADOS

Descripción de la muestra

Se evaluaron 58 jóvenes patinadores de la ciudad de

Manizales (Colombia). El 83 % eran mujeres. El 55 % de modalidad fondo y el 45 % de velocidad. La edad osciló entre 11 y 15 años (media $12,6 \pm 1,38$). La antigüedad en la práctica del patinaje fluctuó entre 14 y 132 meses (media 62 ± 31). La frecuencia de práctica deportiva promedio fue de 6 días a la semana y 3 horas por sesión (tablas 1 y 2).

Caracterización del equilibrio estático

El Índice de Romberg osciló entre 0,64 y 1,61. El 55 % de los patinadores evidenció estabilidad alterada ($IR > 1$) (tablas 1 y 2).

Caracterización de variables antropométricas

La media del IMC fue de 20 k/m^2 , el 76 % de los participantes se encontraba con peso normal. La longitud de miembros inferiores osciló entre 66,5 y 96,0 cm, la gran mayoría con asimetría entre extremidades (97 %), y el 31 % con diferencias $\geq 1 \text{ cm}$ (tablas 1 y 2).

Caracterización de variables baropodométricas

La superficie total de apoyo del pie fluctuó entre 13 y 87 %, siendo mayor en promedio en el pie derecho. El mayor apoyo se observó en los retropiés, siendo más asimétricos, respecto al antepié, en el pie izquierdo. La tipología predominante de pie fue la de *arco muy alto*, 59 y 66 % para derecho e izquierdo, respectivamente. Se encontró asimetría en la tipología de los pies en el 41 % de los patinadores (tablas 1 y 2).

Análisis de correlaciones

No se encontraron correlaciones estadísticamente significativas entre el equilibrio estático con variables deportivas, antropométricas o baropodométricas ($p > 0,05$): antigüedad en la práctica de patinaje, IMC, longitud de MMII y superficie de apoyo (total, antepié, mediopié o retropié) (tabla 3).

TABLA 1. Descriptivos de variables cuantitativas (n = 58).

Variable	Descriptivos			
	Mínimo	Máximo	Media	DE
Edad (años)	11	15	12,59	1,38
Peso (k)	26	67	45,76	10,34
Estatura (cm)	129	172	151,97	9,90
Índice de masa corporal (k/m ²)	14,06	27,06	19,61	2,94
Antigüedad en la práctica de patinaje (meses)	14	132	62,57	30,99
Frecuencia semanal de práctica deportiva (días)	3	7	6,07	1,17
Frecuencia horas por sesión (horas)	2	3	2,97	0,18
Longitud miembro inferior derecho (cm)	67,0	95,0	80,09	5,89
Longitud miembro inferior izquierdo (cm)	66,5	96,0	80,02	5,91
Índice de Romberg	0,64	1,61	1,02	0,17
Superficie de apoyo pie derecho (%)	36,6	87,3	55,54	9,25
Superficie de apoyo pie izquierdo (%)	12,7	63,4	44,46	9,25
Apoyo antepié derecho (%)	20,4	62,9	43,11	7,82
Apoyo mediopié derecho (%)	0,0	38,7	9,70	9,92
Apoyo retropié derecho (%)	4,9	64,1	47,19	9,97
Apoyo antepié izquierdo (%)	3,9	61,3	37,19	13,85
Apoyo mediopié izquierdo (%)	0,0	22,9	6,56	7,57
Apoyo retropié izquierdo (%)	30,5	94,9	56,25	15,82

DE: desviación estándar.

Análisis de homogeneidad

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el equilibrio estático entre grupos de sexo (femenino vs masculino), condición de peso (normales vs alterado), modalidad de patinaje (fondo vs velocidad), tipología de pies (normales vs alto vs plano), asimetría en la tipología de pies (simétricos vs asimétricos) y asimetría en la longitud de MMII (simétricos vs asimétricos)

($p > 0,05$) (tabla 4). La segmentación de los grupos por variable puede observarse en la tabla 2.

DISCUSIÓN

El presente estudio busca establecer la relación entre equilibrio estático y variables antropométricas y baropodométricas en patinadores de carrera juveniles.

TABLA 2. Descriptivos de variables cualitativas (n = 58).

Variable		n (%)
Sexo	Femenino	48 (83)
	Masculino	10 (17)
Condición de peso	Bajo peso	6 (10)
	Peso normal	44 (76)
	Sobrepeso	7 (12)
	Obesidad	1 (2)
Modalidad de patinaje	Fondo	32 (55)
	Velocidad	26 (45)
Asimetría en la longitud de miembros inferiores	Igual a 0 (simetría)	2 (3)
	Menor a 1 cm	38 (66)
	Mayor o igual a 1 cm	18 (31)
Tipología pie derecho	Arco de pie muy alto	34 (59)
	Arco de pie alto	7 (12)
	Arco de pie ligeramente alto	5 (9)
	Pie normal	11 (19)
	Pie ligeramente plano	1 (2)
Tipología pie izquierdo	Arco de pie muy alto	38 (66)
	Arco de pie alto	6 (10)
	Arco de pie ligeramente alto	9 (16)
	Pie normal	5 (9)
Asimetría en la tipología de los pies	No	34 (59)
	Si	24 (41)
Equilibrio estático	Buena estabilidad	26 (45)
	Estabilidad alterada	32 (55)

Se encontró que la mayoría de los patinadores evaluados tenían la estabilidad alterada. El patinaje exige al deportista adaptar su cuerpo a un movimiento particular y antinatural, en el cual el punto de apoyo es reducido, produciendo modificaciones continuas del equilibrio y, por tanto, provoca un mayor grado de inestabilidad en com-

paración con otros deportes⁽²⁴⁾. Las alteraciones en el control del equilibrio pueden aumentar el riesgo de lesiones durante las actividades de alta intensidad⁽²⁵⁾. Se ha enfatizado sobre la importancia del control del equilibrio en la prevención de daños y lesiones musculoesqueléticas durante la práctica deportiva⁽²⁶⁾. El equilibrio

TABLA 3. Matriz de correlaciones entre el equilibrio estático y variables deportivas, antropométricas y baropodométricas (n = 58).

Variable	Correlación con el Índice de Romberg MID		
	Coefficiente	Estadístico	Sig.
Antigüedad en la práctica de patinaje	Rho	0,018	0,892
Índice de masa corporal (k/m ²)	Pearson	-0,112	0,404
Longitud miembro inferior derecho (cm)	Pearson	-0,117	0,380
Longitud miembro inferior izquierdo (cm)	Pearson	-0,155	0,245
Superficie de apoyo pie derecho (%)	Pearson	-0,025	0,850
Superficie de apoyo pie izquierdo (%)	Pearson	0,025	0,850
Apoyo antepié derecho (%)	Rho	0,062	0,641
Apoyo mediopié derecho (%)	Rho	-0,134	0,317
Apoyo retropié derecho (%)	Rho	-0,023	0,863
Apoyo antepié izquierdo (%)	Rho	-0,031	0,820
Apoyo mediopié izquierdo (%)	Rho	-0,117	0,383
Apoyo retropié izquierdo (%)	Rho	0,060	0,655

Sig.: significancia asintótica bilateral.

TABLA 4. Comparación de grupos respecto al equilibrio estático (n = 58).

Variable	Pruebas de homogeneidad para el Índice de Romberg		
	Coefficiente	Estadístico	Sig.
Sexo	T	0,425	0,672
Condición de peso (IMC)	F	0,142	0,935
Modalidad de patinaje	T	0,133	0,895
Tipología pie derecho	F	0,595	0,668
Tipología pie izquierdo	F	0,399	0,754
Asimetría en la tipología de pie	T	1,396	0,171
Asimetría en la longitud de MMII	F	0,771	0,468

Sig.: significancia asintótica bilateral; IMC: índice de masa corporal; MMII: miembros inferiores; T: prueba t de Student; F: prueba F de Fischer (ANOVA).

postural eficiente no solo reduce el riesgo de desequilibrio corporal, caídas o lesiones posteriores, sino que también contribuye a la optimización del rendimiento motor en varias disciplinas atléticas⁽²⁷⁾. En el caso del patinaje de carreras, se suma la presencia de un artefacto como lo son los patines, que implican un cambio en la base de sustentación y modificación del centro de gravedad, generando una inestabilidad mayor y requiriendo por consiguiente adaptaciones adicionales para mantener el equilibrio⁽²⁸⁾.

Se observó que el 96 % de los patinadores evaluados presentan asimetría en la longitud de las extremidades. La asimetría es un factor de riesgo asociado para sufrir lesiones deportivas⁽²⁹⁾. Los deportes que presentan muchas acciones técnicas de manera unilateral, combinadas con el componente explosivo de cambios de ritmo o de dirección, hace que los deportistas puedan desarrollar adaptaciones neuromusculares asimétricas⁽³⁰⁾. Tal como sucede en el hockey sobre patines, en el que se desarrollan adaptaciones asimétricas entre extremidades en respuesta a demandas específicas como los constantes cambios de velocidad y dirección, el desplazamiento asimétrico causado por la sujeción del stick y por las acciones de pase y disparo⁽³¹⁾.

En cuanto a la tipología del pie, se encontró que la mayoría de los patinadores presentaron un pie cavo con mayor apoyo en el retropié; el 59 % presentaban un pie con arco muy alto. Valoraciones de huella plantar en distintas disciplinas deportivas han mostrado que el tipo de pie predominante es el normal, normal cavo y cavo, con casos de pie cavo extremo asociados a síntomas de dolor⁽³⁾. Exploraciones ecográficas del pie en patinadores han evidenciado la presencia, en el 100 % de los evaluados, de uno o varios nódulos indurados unilaterales o bilaterales en la región retrocalcánea del pie, así como en las regiones dorsales o mediales⁽³²⁾. La técnica adecuada del patinaje de carreras sobre ruedas se fundamenta en lograr la máxima eficacia y eficiencia de las fuerzas aplicadas al patín durante las fases de empuje, deslizamiento y recuperación o aterrizaje; durante la curva o la recta, salida o llegada. Así, el cuerpo se desplaza movilizándolo continuamente el centro de gravedad según los requerimientos, por lo que se necesita permanentemente un adecuado control sensoriomotriz^(33, 34).

Las actividades con ciertas intensidades o de modos irregulares pueden propender a lesiones o modificacio-

nes en la estructura de soporte, lo cual determina el tipo de apoyo plantar, ya que la conformación cupular del pie se ajusta de acuerdo a las acciones a la que es sometido⁽³⁵⁾. Estos cambios posturales, producidos por el desplazamiento del centro de gravedad, bien por fuerzas externas o por movimientos deliberados, están a su vez controlados por las reacciones posturales⁽³⁶⁾. En el patinaje de carreras se debe soportar la posición del cuerpo al desplazarse con los patines, haciendo que las presiones que se ejercen sobre los pies sean bastante grandes; de esta manera se debe tener una buena región plantar para soportar la ejecución de la técnica del patinaje con los patines y desarrollar una adecuada técnica deportiva.

La biomecánica del apoyo en el suelo y, consecuentemente, las fuerzas de reacción en la realización de una determinada actividad, varían en función de diferentes factores, tanto internos de la persona (estructurales, técnica de realización del movimiento, posible fatiga, entre otros), como externos (calzado y suelo). Durante la práctica deportiva se ven incrementadas las exigencias mecánicas del pie, lo que puede llevar incluso a una modificación temporal de la huella plantar. Comúnmente se admite que los deportistas presentan pies más cavos que personas sedentarias lo que se interpreta como una adaptación al ejercicio⁽³⁶⁾. Algunos autores describen mayores fuerzas de impacto en pies cavos en movimientos como la carrera, sobre todo si se incrementa la velocidad. Tener una tipología determinada de pie está asociado a un mayor o menor riesgo de padecer lesiones⁽³⁷⁾.

En el presente estudio no se encontraron asociaciones estadísticamente significativas entre el equilibrio estático con variables deportivas, antropométricas o baropodométricas; tampoco se encontraron diferencias significativas del equilibrio estático respecto al sexo, modalidad de patinaje, condición de peso, tipología y asimetría del pie.

Consistente con nuestros hallazgos, un estudio en niños de 11 a 16, patinadores artísticos de élite, encontró que no existe relación significativa entre el equilibrio y la agilidad con parámetros de aptitud física, en cambio la hay con el IMC y otras variables antropométricas⁽³⁸⁾.

Por otra parte, se ha informado que el uso de plantillas personalizadas en patinadores artísticos sobre el

hielo, ha producido mejoras significativas en la estabilidad postural después de 6 semanas de uso, medidas a través del balanceo del centro de masa y de la articularización del tobillo⁽³⁹⁾. Estos hallazgos pueden ser indicativos de la existencia de relación entre variables baropodométricas y el equilibrio en patinadores, sin embargo, vale la pena precisar que el estudio referenciado fue un diseño preexperimental en otra modalidad deportiva.

Contrario a nuestros hallazgos, Park y cols⁽⁴⁰⁾ encontraron que los hombres mostraron mejor desempeño en el equilibrio estático, relacionado con la competencia, que las mujeres. Respecto a la condición de masa corporal, no se ha documentado que los patinadores ectomórficos tengan mejor equilibrio que los endomórficos⁽⁴¹⁾. Otro estudio encontró que el desplazamiento y equilibrio eran más coordinados en patinadoras de danza, donde los valores de endomorfía eran bajos, favoreciendo la realización de grandes desplazamientos, sujeción a su pareja y reforzamiento de las características de la linealidad⁽⁴²⁾. Igual que nuestros hallazgos, se ha informado que el somatotipo predominante en patinadores es el endomesofórmico⁽⁴³⁾.

Debe considerarse que las pruebas de evaluación estática para patinadores podrían ser inapropiadas debido a que no representan un desafío para los que son competitivos^(44, 45). Una prueba de estabilometría digitalizada, como la realizada en el presente estudio, es sensible a cualquier cambio, ya sea en la posición de los pies o los brazos; un objetivo visual puede generar un gran impacto en la cantidad de balanceo y esto puede influir directamente en las mediciones y en los límites de estabilidad⁽⁴⁶⁾.

Estos hallazgos pueden explicar parcialmente nuestros resultados, los cuales sugieren que las alteraciones del equilibrio estático en patinadores juveniles se relacionarían con otro tipo de variables, diferentes a las antropométricas o baropodométricas estudiadas, que requieren ser exploradas, tales como control postural y capacidades físicas condicionales o coordinativas, entre otras. El control de la estabilidad y el control de la postura son mecanismos interdependientes complejos cuya interacción aún no se comprende completamente⁽⁴⁷⁾.

Para superar las limitaciones del presente estudio, se recomienda la realización de futuras investigaciones

que, mediante un análisis multivariado y con una muestra mayor de participantes, establezca un modelo predictivo para el equilibrio estático en patinadores de carrera, incorporando otras variables funcionales, deportivas, antropométricas, del control postural y capacidades físicas y coordinativas, que puedan explicar la deficiencia encontrada en la estabilidad postural en la presente investigación. También se sugiere la realización de estudios longitudinales, que integre pruebas de laboratorio y de campo, que permitan valorar la evolución del equilibrio estático en patinadores de carrera y la influencia de las variables señaladas.

CONCLUSIONES

La mayoría de los patinadores evidenció equilibrio estático alterado. Casi la totalidad de ellos mostró asimetría entre miembros inferiores. En el análisis baropodométrico se observó mayor apoyo en los retropiés, la tipología predominante de pie fue el de *arco muy alto*. Se encontró asimetría en la tipología de los pies en el 41 % de los patinadores. No se encontraron asociaciones estadísticamente significativas entre el equilibrio estático con variables deportivas, antropométricas o baropodométricas en patinadores de carrera juveniles.

RESPONSABILIDADES ÉTICAS

Protección de personas y animales. Los procedimientos que se han seguido en este estudio cumplen los principios básicos de la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial, actualizada en 2013 en Fortaleza (Brasil) y complementada con la Declaración de Taipei de 2016, sobre las consideraciones éticas sobre las bases de datos de salud y los biobancos.

Confidencialidad y consentimiento informado. Los autores declaran ser los responsables de llevar a cabo los protocolos establecidos por sus respectivos centros para evaluar a los sujetos voluntarios incluidos en el estudio con finalidad de investigación y divulgación científica y garantizan que se ha cumplido la exigencia de haber informado a todos los sujetos del estudio, que han

obtenido su consentimiento informado por escrito para participar en el mismo y que están en posesión de dichos documentos.

Confidencialidad de los datos y derecho a la privacidad. Los autores declaran que se ha cumplido con la garantía de la privacidad de los datos de los participantes en esta investigación y manifiestan que el trabajo publicado no incumple la normativa de protección de datos de carácter personal, protegiendo la identidad de los sujetos en la redacción del texto. No se utilizan nombres, ni iniciales, ni números de historia clínica del hospital (o cualquier otro tipo de dato para la investigación que pudiera identificar al paciente).

Declaración de conflicto de intereses. Los autores declaran no contar con algún conflicto de intereses.

Fuente de apoyo. La investigación descrita en el artículo fue financiada por la Universidad Autónoma de Manizales, Colombia.

Contribuciones de autoría. Los autores han contribuido equitativamente en todas las fases de la investigación (formulación del proyecto, recolección de información, análisis y discusión de resultados) y elaboración del manuscrito final. Todos los autores han participado en la supervisión y revisión del estudio y han tenido acceso completo a su contenido y han aprobado la versión final presentada.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresamos nuestros agradecimientos a los jóvenes patinadores participantes del estudio y a directivos y entrenadores de los clubes de patinaje Millenios, Speed Line y Azores de Manizales (Colombia) pertenecientes a la Liga Caldense de Manizales (Colombia). Así mismo a los estudiantes del semillero de investigación de Fisioterapia de la Universidad Autónoma de Manizales que participaron en la recolección de información: Juan Manuel Betancour Londoño, Laura Alejandra Medina Orozco y María Fernanda Calvo Morales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Humble N. Podiatric management in ice skating. Understanding the biomechanics of this sport can help you better treat skaters. *Podiatry Management*. 2003; 6: 49–63.
2. Diosa JG, Bustamante LM, Villarraga JA. Rediseño geométrico del chasis de un patín de carreras sobre ruedas basado en sus esfuerzos dinámicos y análisis de fatiga. *Entre. Cienc. Ing.* 2017;1 1(21): 82–8.
3. Lozano R, Barajas Y. Tipología de la región plantar, influyente en la actividad física, de los deportistas en formación del club norte patín en línea de la ciudad de Cúcuta. *Revista Actividad Física y Desarrollo Humano*. 2012; 4(1): 105–12.
4. Sánchez-Ramírez C, Alegre LM. Modificaciones morfológicas del pie luego de ocho semanas de entrenamiento de carrera a pie descalzo. *Int. J. Morphol.* 2019; 37(3): 1111–7.
5. Sanchis-Sales E, Sancho-Bru JL, Roda-Sales A, Pascual-Huerta J. Análisis cinético y cinemático de las articulaciones del mediopié durante la marcha en sujetos sanos: consideraciones clínicas. *Rev. Esp. Podol.* 2016; 27(2): 59–65.
6. Sánchez C. Morphological characterization of the medial plantar longitudinal arch foot in a Chilean population. *Int. J. Morphol.* 2017; 35(1): 85–91.
7. Ridola C, Palma A, Cappello F, Gravante G, Russo G, Truglio G, et al. Symmetry of healthy adult feet: role of orthostatic footprint at computerized baropodometry and of digital formula. *Ital. J. Anat. Embryol.* 2001 Apr-Jun; 106(2): 99–112.
8. García-Solano KB, Pinzón-Romero SM, Pérez-Parra JE. Effect of proprioceptive exercise on balance in youth race skaters. *Rev. Int. Med. Cienc. Act. Fis. Deporte*. (In press), Accepted: Sep 15, 2020.
9. Delgado-Abellan L, Aguado X, Mecerreyes L, Jiménez-Ormeño E, Alegre LM. Efectos del ejercicio continuo e intermitente sobre la huella plantar. *Arch. Med. Deporte*. 2012; 29(148): 601–8.
10. Berdejo-del-Fresno D, Lara AJ, Martínez-López EJ, Cachón J, Lara S. Alteraciones de la huella plantar en función de la actividad física realizada. *Rev. Int. Med. Cienc. Act. Fis. Deporte*. 2013; 13(49): 19–39.
11. Cortés CA, Castro LE. Diferencia de la huella plantar (antes y después de realizar ejercicio físico) de estudiantes de

- primer semestre, aparentemente sanos, de la Facultad de Cultura Física Deporte y Recreación de la Universidad Santo Tomás de Colombia, sede campus San Alberto Magno. *Rev. Investig. Andin.* 2019; 21(39): 21–32.
12. Pinzón-Romero S, Vidarte-Claros JA, Sánchez-Delgado JC. Effects of a proprioceptive physical exercise program on balance in young skaters aged between 11 to 15 years. *Arch. Med. Deporte.* 2019; 36(3): 166–71.
 13. Bacha IL, Benetti FA, Greve JM. Baropodometric analyses of patients before and after bariatric surgery. *Clinics (Sao Paulo).* 2015 Nov; 70(11): 743–47.
 14. Șerban O, Papp I, Bocșa CD, Micu MC, Bădărănză M, Albu A, et al. Do ankle, hindfoot, and heel ultrasound findings predict the symptomatology and quality of life in rheumatoid arthritis patients? *J. Ultrason.* 2020; 20(81): e70–e82.
 15. Hawrylak A, Gronowska H. Plantar Pressure distribution in female olympic-style weightlifters. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2020 Apr 13; 17(8): 2669.
 16. Mukaka MM. Statistics Corner: A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. *Malawi Med. J.* 2012 Sep; 24(3): 69–71.
 17. Volpe D, Pelosin E, Bakdounes L, Masiero S, Bertagnoni G, Sorbera C, et al. Effects of a sensory-motor orthotic on postural instability rehabilitation in Parkinson's disease: a pilot study. *J. Clin. Mov. Disord.* 2017 Jul 6; 4: 11.
 18. Cherni Y, Jlid MC, Mehrez H, Shephard RJ, Paillard T, Chelly MS, et al. Eight weeks of plyometric training improves ability to change direction and dynamic postural control in female basketball players. *Front. Physiol.* 2019 Jun 13; 10: 726.
 19. Barassi G, Di Simone E, Galasso P, Cristiani S, Supplizi M, Kontochristos L, et al. Posture and health: are the biomechanical postural evaluation and the postural evaluation questionnaire comparable to and predictive of the digitized biometrics examination? *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2021 Mar 28; 18(7): 3507.
 20. Baione V, Ferrazzano G, Celletti C, De Rosa M, Belvisi D, Fabbrini G, et al. Attention-demanding cognitive tasks worsen postural control in patients with cervical dystonia: a case-control study. *Front. Neurol.* 2021 Apr 6; 12: 666438.
 21. da Silva Pontes L, Callegari B, Magno L, Moraes A, Silva BG, Manso K, et al. Variations in plantar pressure and balance in HIV-infected children in antiretroviral therapy. *Sci. Rep.* 2019 Mar 13; 9(1): 4344.
 22. İlhan Odabaş H, Bulgan Ç, Bingül BM, Sarpyener K. The evaluation of foot pressure and postural structure of national golfers. *Acta Orthop. Traumatol. Turc.* 2019 Mar; 53(2): 150–3.
 23. Caña-Pino A, Apolo-Arenas MD, Rodríguez-Mansilla J, Garrido-Ardila EM, Fernández-Gutiérrez C. Centro de presiones como medida para evaluar el control postural en bipedestación y sedestación: un estudio piloto. *Cuest. Fisioter.* 2017; 46(2): 87–96.
 24. Uriarte C. Las alteraciones posturales producidas por el gesto deportivo del patín Carrera. REDI - Repositorio Digital de la Universidad FASTA 2014 [Consultado: junio 29 de 2021]. Disponible en: <http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/handle/123456789/657>
 25. Brachman A, Kamieniarz A, Michalska J, Pawłowski M, Słomka KJ, Juras G. Balance training programs in athletes - A systematic review. *J. Hum. Kinet.* 2017 Aug 1; 58: 45–64.
 26. Emery CA, Cassidy JD, Klassen TP, Rosychuk RJ, Rowe BH. Effectiveness of a home-based balance-training program in reducing sports-related injuries among healthy adolescents: a cluster randomized controlled trial. *CMAJ.* 2005 Mar 15; 172(6): 749–54.
 27. Hrysmallis C. Relationship between balance ability, training and sports injury risk. *Sports Med.* 2007; 37(6): 547–56.
 28. Egocheaga J, Llavador J, Díaz-Munío J, Del Valle M, Egia O, Díaz I. Economía de carrera del patinador de velocidad en función de su posición dentro del grupo. *Arch. Med. Deporte.* 2004; 21(101): 215–20.
 29. Troule S, Casamichana D. Application of functional test to the detection of asymmetries in soccer players. *J. Sport Health Res.* 2016 ;8(1): 53–64.
 30. Fort-Vanmeerhaeghe A, Gual G, Romero-Rodríguez D, Unnitha V. Lower limb neuromuscular asymmetry in volleyball and basketball players. *J. Hum. Kinet.* 2016 Apr 13; 50(1): 135–43.
 31. Arboix-Alió J, Aguilera-Castells J. Comparación entre criterios de pierna dominante y pierna fuerte en hockey sobre patines. *J. Sport. Health. Res.* 2021; 13(1): 13–22.
 32. Hernández-Yanes Y, Villanueva-Cagigas E, Anillo-Badía R, Roché-Egües HE, León-Valladares D. Exploración eco-gráfica al pie de patinadores. *Rev. Cubana Ortop. Traumatol.* 2011; 25(1): 24–33.
 33. Moreno VJ, López-Miñarro PA, Rodríguez PL. Lesiones y medidas de prevención en patinaje en línea recreativo: revisión. *Rev. Int. Med. Cienc. Act. Fis. Deporte.* 2012; 12(45): 179–93.

34. Pérez E, Sobrino R, Estrada O, Chillón R. Interacción mediante feedback auditivo para la mejora del equilibrio en mujeres que realizan actividad física. *Rev. Psicol. Deporte*. 2014; 23(2): 327–35.
35. Hernández-Corvo R. *Morfología funcional deportiva: sistema locomotor*. Barcelona: Paidotribo; 1989.
36. López JL, Meana M, Vera FJ, García JA. Respuestas, adaptaciones y simetría de la huella plantar producidas por la práctica de la marcha atlética. *Cult. Cienc. y Deporte*. 2006; 2(4): 21–6.
37. Kaufman KR, Brodine SK, Shaffer RA, Johnson CW, Cullison TR. The effect of foot structure and range of motion on musculoskeletal overuse injuries. *Am. J. Sports Med.* 1999 Sep-Oct; 27(5): 585–93.
38. Kutlay E, Haslofça F, Haslofça E. The relationship between anthropometric characteristics and physical fitness parameters of figure skating athletes. *EJPSS* 2002; 6(7): 97–112.
39. Grewal GT, Baisch R, Lee-Eng J, Wu S, Jarrett B, Humble N, et al. Effect of custom foot insoles on postural stability in figure skaters while on ice. *J. Sport Rehabil.* 2016 Aug; 25(3): 255–62.
40. Park IS, Yoon JH, Kim N, Rhyu IJ. Regional cerebellar volume reflects static balance in elite female short-track speed skaters. *Int. J. Sports Med.* 2013 May; 34(5): 465–70.
41. Monsma DV, Malina RM. Anthropometry and somatotype of competitive female figure skaters 11-22 years. Variation by competitive level and discipline. *J. Sports Med. Phys. Fit.* 2005 Dec; 45(4): 491–500.
42. Vila-Suárez MH, Manchado-López C, Ferragut-Fiol C. Antropometría, composición corporal y somatotipo de las patinadoras de elite en patinaje artístico sobre ruedas: análisis por disciplinas. *Int. J. Morphol.* 2015; 33(3): 1130–5.
43. Leão C, Meireles AS, Rocha-Rodrigues S, Camões M. Anthropometric, somatotype and physical profile of young female roller skaters. *J. Hum. Sport Exerc.* 2019; 14(Proc 4): S1395.
44. Hinman MR. Factors affecting reliability of the biodex balance system: A summary of four studies. *J. Sport Rehabil.* 2000; 9(3): 240–52.
45. McKeon PO, Hertel J. Systematic review of postural control and lateral ankle instability, part II: Is balance training clinically effective. *J. Athl. Train.* 2008 May-Jun; 43(3): 05–15.
46. Verbecque E, Vereeck L, Hallemans A. Postural sway in children: a literature review. *Gait Posture.* 2016 Sep; 49: 402–10.
47. Ludwig O, Kelm J, Hammes A, Schmitt E, Fröhlich M. Neuromuscular performance of balance and posture control in childhood and adolescence. *Heliyon.* 2020 Jul 31; 6(7): e04541.