



REVISIÓN

Artículo en español

Rev Esp Podol. 2021;32(2):132-139

DOI: 10.20986/revesspod.2021.1611/2021

Test de estudio biomecánico en niños y adolescentes: una revisión sistemática

Biomechanical study test in children and adolescents: a systematic review

María Gámez Guijarro¹, Ana Belén Ortega Ávila^{1,2}, Gabriel Gijón Noguero¹ y Carlos Martínez Sebastián³

¹Facultad de Ciencias de la Salud. Departamento de Enfermería y Podología. Universidad de Málaga. Málaga, España. ²Instituto de Investigación Biomédica de Málaga (IBIMA). Málaga, España. ³Clínica privada. Lorca, Murcia, España

Palabras clave:

Niños, herramienta, resultado, cuestionario test, pie, tobillo, índice de postura del pie, fiabilidad.

Resumen

Introducción: Las evaluaciones pediátricas de la marcha y las extremidades inferiores se realizan con frecuencia en podología. Diferentes pruebas diagnósticas han demostrado una fiabilidad aceptable dentro de la población pediátrica. Los objetivos fueron identificar test de análisis biomecánico de pie y tobillo, y evaluar la calidad metodológica y las propiedades psicométricas.

Material y método: Se realizó una búsqueda en PubMed, desde 1997 hasta marzo de 2021, analizando los estudios observacionales descriptivos transversales basados en test de estudio biomecánicos en niños y adolescentes sanos hasta 18 años. Se utilizaron los términos booleanos "AND" y "OR" y se evaluó mediante la herramienta CASPe. Criterios de inclusión: niños sanos, edad entre 0 y 18 años, test de estudio biomecánico validado.

Resultados: Un total de 293 artículos que muestran test de análisis biomecánico en niños, 2 de ellos del Foot Posture Index-6, uno del Heel Rise test, uno del índice de altura del arco con un dispositivo que mide la estructura del pie, uno de la medición estática y dinámica del arco del pie mediante calibre, uno mide la prueba de caminata de 50 pies, y el último mide y compara una serie de test como son el test de Craig, Foot Posture Index-6, ángulo tibiofemoral y la prueba Sit-and-Reach.

Conclusión: No hay suficiente investigación y fiabilidad de estos test. Los más comunes realizados son el Heel Rise Test y el Foot Posture Index-6. Cabe destacar que no son aceptables para un protocolo riguroso, por lo que se deben utilizar pero interpretando los resultados con la debida precaución.

Keywords:

Children, tool, outcome, questionnaire, test, foot, ankle, foot posture index, reliability.

Abstract

Introduction: Pediatric evaluations of gait and lower extremities are frequently performed in podiatry. Different diagnostic tests have shown acceptable reliability within the pediatric population. The objectives were to identify foot and ankle biomechanical analysis tests and evaluate the methodological quality and psychometric properties.

Material and method: A search was carried out in PubMed, from 1997 to March 2021, analyzing cross-sectional descriptive observational studies based on biomechanical study tests in healthy children and adolescents up to 18 years of age. The Boolean terms "AND" and "OR" were used and studies were evaluated using the CASPe tool. Inclusion criteria: healthy children, ages between 0 and 18 years, validated biomechanical study test.

Results: A total of 293 articles showing biomechanical analysis tests in children, 2 of them from the Foot Posture Index-6, 1 from the Heel Rise Test, 1 from the arch height index with a device that measures the structure of the arch. foot, 1 the static and dynamic measurement of the arch of the foot by caliper, 1 measures the 50-foot walk test and the last one measures and compares a series of tests such as the Craig test, Foot Posture Index-6, tibiofemoral angle and the Sit-and-Reach test.

Conclusion: There is not enough research and reliability of these tests. The most common ones performed are the Heel Rise Test and the Foot Posture Index-6. It should be noted that they are not acceptable for a rigorous protocol so they should be used, interpreting the results with due caution.

Recibido: 09-06-2021

Aceptado: 26-10-2021



0210-1238 © Los autores. 2021.
Editorial: INSPIRA NETWORK GROUP S.L.
Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC Reconocimiento 4.0 Internacional
(www.creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Correspondencia:

María Gámez-Guijarro
mgamez303@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Las evaluaciones pediátricas de la marcha y las extremidades inferiores se realizan con frecuencia en la práctica clínica de podología, siendo una causa frecuente de preocupación para los padres¹. Una marcha normal se caracteriza por patrones normales de desarrollo motor, como el número de pasos por unidad de tiempo, velocidad de la marcha, longitud de zancada y características plantígradas normales².

Mantener el equilibrio durante la marcha requiere un control integrador continuo, particularmente en la dirección mediolateral debido a la inestabilidad inherente durante el apoyo de una sola extremidad; esta estabilidad debe ser controlada. Por ello, la locomoción es un componente importante de las actividades físicas diarias y un factor clave para garantizar la independencia funcional total. Se basa en una interacción delicada pero sofisticada entre el sistema nervioso central y el sistema musculoesquelético³.

Dicho equilibrio puede verse afectado por anomalías de las extremidades inferiores: problemas de torsión (torsión tibial interna o externa), de rotación (anteversión femoral, retroversión femoral), genu varum, genu valgum, pie plano, etc.⁴. Una historia clínica y un examen físico que incluyen pruebas de perfil torsional y mediciones angulares suelen ser suficientes para evaluar a los pacientes con anomalías en las extremidades inferiores⁵. Factores como la edad, la masa corporal y la flexibilidad articular, alteraciones del peso o las enfermedades neuromusculares³ se han asociado con variaciones en la postura del pie pediátrico⁴.

El Foot Posture Index-6 (FPI) es una herramienta clínica rápida y fácil de usar que no requiere equipo. Evalúa la naturaleza multisegmental de la postura del pie en los 3 planos. Cada elemento del FPI se puntúa entre -2 y +2, y los 6 elementos en total se refieren a las posiciones del antepié, el mediopié y el retropié, y los 3 planos de movimiento. La puntuación FPI puede oscilar entre -12 (muy supinada) y +12 (muy pronada). El escrutinio del FPI demuestra que es repetible y válido, con una excelente fiabilidad entre evaluadores en la evaluación del pie pediátrico⁶.

La escala de Beighton se calificará para determinar la presencia de hiper movilidad articular en la muñeca, la articulación metacarpofalángica del quinto metacarpiano, la hiperextensión del codo, hiperextensión de la rodilla (todo bilateral y sin soporte de peso) y la columna lumbosacra (flexión hacia adelante, en postura). La escala de Beighton arroja una puntuación de una calificación de 9 puntos, por lo que el corte arbitrario habitual de 5/9 o mayor indica hiper movilidad articular⁷.

El Lower Limb Assessment Scale mide la hiper movilidad articular del miembro inferior. Cada extremidad produce una puntuación final de 12 puntos, por lo que el límite de 7/12 o más indica convencionalmente hiper movilidad articular⁴.

El test de Lunge es una medida de carga del rango de dorsiflexión del tobillo (articulación talocrural) cuando la rodilla está flexionada⁴.

Diferentes pruebas diagnósticas como el FPI (coeficiente de correlación intraclase [ICC] = 0.93-0.94), la prueba de estocada con soporte de peso (ICC = 0.85-0.95), la escala de Beighton (ICC = 0.96-0.98) y el Lower Limb Assessment Scale (ICC = 0.90-0.98) han demostrado una fiabilidad aceptable dentro de la población pediátrica, así como los valores de referencia del rango articular, torsión del hueso y alineación del mismo¹.

La presente revisión tiene 2 objetivos principales: 1) identificar test de análisis biomecánico específico para niños y adolescentes; 2) evaluar la calidad metodológica y las propiedades psicométricas de estos instrumentos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño

Esta revisión se realizó de acuerdo con la declaración de elementos de notificación preferidos para revisiones sistemáticas y metanálisis (PRISMA)⁸. El protocolo de revisión se registró en el Registro internacional prospectivo de revisiones sistemáticas (PROSPERO).

Estrategia de búsqueda

Se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica en la base de datos PubMed, desde el inicio hasta marzo de 2021 con los términos booleanos "AND" y "OR". Los términos utilizados fueron: *children, tool, outcome, questionnaire, test, foot, ankle, "foot posture index" y reliability*.

Criterio de elegibilidad

Se aplicaron los siguientes criterios de elegibilidad a los artículos: niños sanos, niños y adolescentes hasta 18 años, artículos que incluyesen test de estudio biomecánico, idioma de publicación inglés o español y test que tengan fiabilidad y/o validez.

Se excluyeron los estudios de los siguientes tipos: pruebas que fuesen cuestionarios y artículos donde los niños y adolescentes presentasen anomalías congénitas, patologías neurológicas como parálisis cerebral, fracturas óseas, la enfermedad de la boca-mano-pie, problemas ungueales, artritis idiopática juvenil, cirugías, patologías cutáneas, TDA-H etc.

Extracción de datos

Los siguientes datos se extrajeron de cada estudio, utilizando una plantilla estandarizada: detalles del estudio (autor, año y país de publicación), características de los participantes del estudio (número de pacientes incluidos en la muestra, edad media, género), características de los test y estudio diseño.

Riesgo de sesgo

En esta revisión se ha evaluado el riesgo de sesgo mediante Critical Appraisal Skill Programme español (CASPe), un con-

junto de 8 herramientas de evaluación crítica. Esta herramienta tiene listas para verificar cualquier evaluación en revisiones sistemáticas, ensayos controlados aleatorios, estudios de cohortes, estudios de casos y controles, evaluaciones económicas, estudios de diagnóstico, estudios cualitativos y reglas de predicción clínica. De las 12 preguntas, las primeras 3 son preguntas de cribado y pueden responderse rápidamente. Si la respuesta a ambas es “sí”, vale la pena continuar con las preguntas restantes. Se dan varias indicaciones en cursiva después de cada pregunta para recordar por qué la pregunta es importante y se le pide que registre un “sí”, “no” o “no puedo decir”⁹.

Los 7 artículos finalmente utilizados fueron transversales observacionales. Todos ellos muestran test de análisis biomecánico en niños, 2 de ellos del FPI, uno del Heel Rise Test, uno del índice de altura del arco con un dispositivo que mide la estructura del pie, uno la medición estática y dinámica del arco del pie mediante calibre, uno mide la prueba de caminata de 50 pies (50-FWT) y el último mide y compara una serie de test como son el test de Craig, FPI, ángulo tibiofemoral y la prueba Sit-and-Reach (Tabla I).

El riesgo de sesgo mediante CASP se evaluó en los 7 estudios. La mayoría de los estudios fueron de alta calidad, respondiendo cada uno de ellos con un “sí” a las 3 primeras preguntas, por lo que se continuó analizando el riesgo de sesgo (Tabla II).

RESULTADOS

Se identificaron 293 artículos iniciales, que se examinaron según nuestros criterios de inclusión/exclusión, utilizando los títulos, resúmenes y palabras clave, lo que dio como resultado 7 artículos que cumplieron con los criterios de inclusión. Después de la evaluación de la calidad (riesgo de sesgo de evaluación), se siguieron utilizando 7, que fueron los que quedaron en el análisis cualitativo final. La Figura 1 muestra el diagrama de flujo PRISMA para los estudios incluidos en la revisión.

DISCUSIÓN

Esta revisión sistemática tiene 2 objetivos principales: primero, analizar estudios que realicen test de análisis biomecánicos específicos del pie y el tobillo en niños y adolescentes; segundo, evaluar la calidad metodológica y las propiedades psicométricas de estos instrumentos.

Con respecto al primero de estos objetivos, nuestro análisis se centró en investigar diferentes tipos de test para niños y

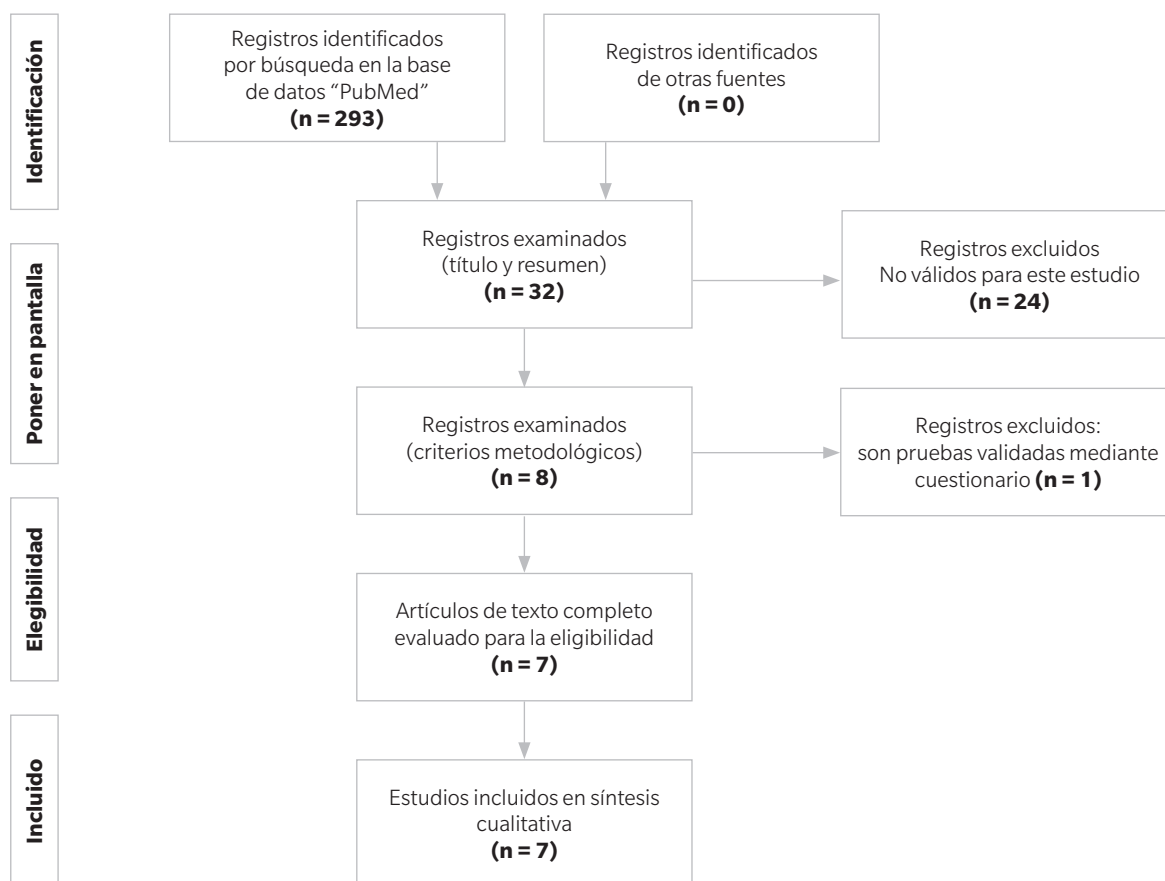


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA.

Tabla I. Resultados.

Autor/año	Número de participantes	Edad	Género	Test o herramienta utilizada	Coefficiente de correlación intraclase
Christensen y cols. ¹⁰ , 2017. Columbus, Ohio	30	6-18 años	-	Prueba de caminata de 50 pies (50-FWT)	> 0.80
Tucker y cols. ¹¹ , 2015. Orlando, Florida	50	8-12 años	-	Prueba de Craig, ángulo tibiofemoral, FPI, prueba Sit-and-Reach	0.95, 0.93-0.94, 0.93-0.94, > 0.99
Yocum y cols. ¹² , 2010. EE. UU.	91	5-12 años	-	Heel Rise Test	0.85-0.99
Defrus y cols. ¹³ , 2017. Nueva York	30	6-12 años	9 niñas, 21 niños	Índice de altura del arco con un dispositivo que mide la estructura del pie	> 0.76
Evans y cols. ¹⁴ , 2003. South Australia	89 (29 niños, 30 adolescentes, 30 adultos)	4-6 años 8-15 años 20-50 años	40 niñas/mujeres, 49 niños/hombres	FPI	0.93-0.94
Gijon-Nogueron y cols. ¹⁵ , 2016. España	1762	6-11 años	899 niñas, 863 niños	FPI	0.93-0.94
Scholz y cols. ¹⁶ , 2017. Alemania	172	5-13 años	35 niñas, 137 niños	Medición estática y dinámica del arco del pie mediante calibre	Arco estático: Posición sentada 0.80-0.90; posición de pie 0.88-0.85 Arco dinámico: 1.00

adolescentes hasta los 18 años. Estas opciones de test incluían FPI, Heel Rise Test, 50-FWT, prueba de Craig, ángulo tibiofemoral, prueba Sit-and-Reach, índice de altura del arco y medición estática y dinámica del arco del pie mediante calibre.

Nuestros hallazgos se basan en estudios transversales observacionales, que muestran que los test para estos pacientes generalmente nos dan mucha información del pie y el análisis biomecánico. Todos estos estudios utilizaron un instrumento de medida objetivo, que aportó validez, fiabilidad y capacidad de respuesta, sustentando las medidas obtenidas para las variables clínicas observadas en los pacientes tras la realización de cada test. Estos instrumentos proporcionan una evaluación clínica tanto del dolor como de la funcionalidad, y se utilizaron para formar parte del análisis biomecánico en niños y adolescentes.

El Heel Rise Test es un test utilizado para evaluar la flexibilidad del pie. Durante esta prueba se evalúan el arco y el retro-pié. Varios estudios han descrito el pie planoalvo basado en análisis 3D de la marcha y la bipedestación. Sin embargo, ningún estudio ha evaluado la flexibilidad del pie durante la elevación del talón utilizando un análisis 3D objetivo. En el estudio de Krautwurst y cols.¹⁷ se realizó un análisis 3D del pie durante la prueba de elevación del talón. Todos los pies mostraron movimientos dinámicos del arco medial y el retro-pié desde la posición en valgo a varo durante la elevación del talón. No se encontraron diferencias significativas entre los grupos doloroso e indoloro. Sin embargo, la cinemática del grupo de dolor pareció diferir más de la del grupo de referencia que la cinemática del grupo indoloro. Esta prueba es una evaluación nueva, muy práctica para la evaluación de la flexibilidad del pie¹⁷.

Yocum y cols.¹⁸ desarrollaron un protocolo estandarizado para dicho test donde se informa la confiabilidad y validez. Cincuenta y siete niños con desarrollo típico y 34 niños con debilidad en flexión plantar realizaron 3 pruebas: elevación unilateral del talón, salto vertical y medición de la fuerza mediante dinamometría manual. Hubo una variación del 41 % en el número de repeticiones de talones que fue explicada con la edad, proporcionando evidencia de validez convergente la correlación entre las 3 pruebas. Por ello, los resultados indican que el protocolo estandarizado es confiable y válido para su uso en niños de 5 a 12 años, con y sin debilidad en flexión plantar¹⁸.

Por otro lado, Maurer y cols.¹⁹ exponen la fuerza y resistencia del flexor plantar mediante el Heel Rise Test con una sola pierna. Destacan que aún no se han determinado valores de referencia para niños. Noventa y cinco niños realizaron elevaciones de talón a una sola pierna hasta la fatiga, teniendo limitación funcional aquellos que realizan 13 o menos elevaciones del talón; estos deben repetir la prueba posteriormente y realizar otras pruebas para confirmar el deterioro de la fuerza-resistencia de los músculos en flexión plantar; sin este procedimiento no se podrá iniciar un programa de intervención, sería anticipado¹⁹.

En los 3 artículos analizados los resultados coinciden en que el Heel Rise Test es un test confiable y válido, muy práctico para la evaluación de la flexibilidad del pie y la fuerza-resistencia del flexor plantar.

Otro test muy común es el FPI, que se desarrolló en respuesta a una necesidad comúnmente expresada de mejores medidas para los pies debido a la ausencia de un método ampliamente aceptado o adecuadamente validado para

Tabla II. Evaluación del riesgo de sesgo mediante la herramienta CAS.												
	¿Hay una pregunta clara que aborde el estudio?	¿Hay una comparación con una referencia estándar apropiada?	¿Todos los pacientes recibieron la prueba de diagnóstico y el estándar de referencia?	¿Los resultados de la prueba podrían haber sido influenciados por los resultados del estándar de referencia?	¿Se describe claramente el estado de la enfermedad de la población analizada?	¿Se describieron con suficiente detalle los métodos para realizar la prueba?	¿Cuáles son los resultados?	¿Cómo de seguros estamos de los resultados? ¿Consecuencias y costo de las alternativas realizadas?	¿Se pueden aplicar los resultados a sus pacientes / población de interés?	¿Se puede aplicar la prueba a su paciente o población de interés?	¿Se consideraron todos los resultados importantes para el individuo o la población?	¿Cuál sería el impacto de usar esta prueba en sus pacientes / población?
CASP	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Excelente confiabilidad entre evaluadores y validez concurrente	Los resultados son fiables, no han ocurrido por casualidad	Sí	Sí	Sí	Muy bajo impacto
Tuckery cols. ¹¹ , 2015. Orlando, Florida	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	La confiabilidad intraevaluador de todas las medidas en ambos grupos fue alta. La medición de la alineación de las extremidades inferiores entre los niños con obesidad fue más reproducible que entre los niños que no eran obesos. La confiabilidad del ángulo tibiofemoral y FPI fue de moderada a sustancial	Los resultados son fiables, no han ocurrido por casualidad	Sí	Sí	Sí	Muy bajo impacto
Yocum y cols. ¹² , 2010. EE. UU.	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	El protocolo estandarizado es confiable y válido para su uso en niños de 5 a 12 años con y sin debilidad en flexión plantar	Los resultados son fiables, no han ocurrido por casualidad	Sí	Sí	Sí	Muy bajo impacto
Defrusy cols. ¹³ , 2017. Nueva York	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	El índice de altura del arco es una medida confiable para evaluar la estructura del pie en niños. El valor medio de altura del arco fue de 0.36 ± 0.02 sentado y de 0.32 ± 0.02 de pie	Los resultados son fiables, no han ocurrido por casualidad	Sí	Sí	Sí	Muy bajo impacto

(Continúa en la página siguiente)

Tabla II (Cont.). Evaluación del riesgo de sesgo mediante la herramienta CAS.

	¿Hay una pregunta clara que aborde el estudio?	¿Hay una comparación con una referencia estándar apropiada?	¿Todos los pacientes recibieron la prueba de diagnóstico y el estándar de referencia?	¿Los resultados de la prueba podrían haber sido influenciados por los resultados del estándar de referencia?	¿Se describe claramente el estado de la enfermedad de la población analizada?	¿Se describieron con suficiente detalle los métodos para realizar la prueba?	¿Cuáles son los resultados?	¿Cómo de seguros estamos de los resultados? ¿Consecuencias y costo de las alternativas realizadas?	¿Se pueden aplicar los resultados a sus pacientes / población de interés?	¿Se puede aplicar la prueba a su paciente o población de interés?	¿Se consideraron todos los resultados importantes para el individuo o la población?	¿Cuál sería el impacto de usar esta prueba en sus pacientes / población?
CASP	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Ninguna de las medidas probadas mostró una confiabilidad adecuada en niños pequeños y con una confiabilidad poco deseable se demostró que la mayoría de las medidas deben interpretarse en consecuencia cuando se trata de medidas repetidas. El FPI fue el único que mostró una confiabilidad moderada entre evaluadores	Los resultados son fiables, no han ocurrido por casualidad	Sí	Sí	Sí	Muy bajo impacto
Evans y cols. ¹⁴ , 2003. South Australia	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Los resultados muestran valores medios de 3.74 puntos para el pie derecho y 3.83 para el pie izquierdo. El percentil 85 representa el límite entre el pie normal y el pie en pronación	Los resultados son fiables, no han ocurrido por casualidad	Sí	Sí	Sí	Muy bajo impacto
Gijón-Nogueron y cols. ¹⁵ , 2016. España	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Confiabilidad excelente para el índice de altura del arco estático en posición sentada y para el índice de arco dinámico. Poca correlación para el arco longitudinal medial	Los resultados son fiables, no han ocurrido por casualidad	Sí	Sí	Sí	Muy bajo impacto
Scholzy cols. ¹⁶ , 2017. Alemania	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí			Sí	Sí	Sí	Muy bajo impacto

cuantificar la variación en la postura del pie en el entorno clínico. El FPI consiste en una serie de observaciones basadas en criterios que se combinan para proporcionar una cuantificación de la variación postural en 3 regiones principales del pie (retropié, mediopié, antepié) en los 3 planos corporales cardinales¹⁴.

Evans y cols.¹⁴ estudian la confiabilidad de dicho test mediante un estudio de confiabilidad realizado en 3 grupos de sujetos, 29 niños, 30 adolescentes y 30 adultos, donde las medidas clínicas examinadas fueron el FPI y una selección de medidas tradicionales de la posición del pie. Como conclusión, se mostró una fiabilidad moderada en los 3 grupos de edad estudiados. La puntuación total del FPI demostró una mayor fiabilidad que la mayoría de las otras medidas, aunque intrínsecamente es potencialmente ambiguo, pudiendo limitar su utilidad como herramienta de investigación¹⁴. En ello también están de acuerdo Tucker y cols.¹¹, que determinan la confiabilidad de las medidas comunes de alineación de las extremidades inferiores en niños con obesidad; entre ellas están el test de Craig, el ángulo tibiofemoral, la prueba de sentarse y estirarse y el FPI. La confiabilidad para el FPI fue de moderada a sustancial¹¹.

El siguiente estudio de Gijon-Nogueron y cols.¹⁵ establece los valores normativos de dicho test para la población pediátrica en concreto, realizándolo en 1762 escolares, siendo los valores de la población muestral de 3.74 en pie derecho y 3.83 en pie izquierdo. En este estudio se recomienda el percentil 50 como valor normativo en los niños de 6 años, descendiendo hasta los 3 puntos de FPI para los de 11 años; este percentil 50 fue de 4 puntos para ambos sexos y para ambos pies. Sin embargo, el percentil 85 para pronación y el 4 para supinación pueden considerarse límite patológico¹⁵.

Keenan y cols.²⁰ investigaron la validez de constructo interno del índice de postura del pie, concretamente las versiones FPI-8 y FPI-6. Este estudio se hizo en 143 pacientes de 8-65 años, por lo que no es específico de validez en niños. Como conclusión de dicha investigación, el FPI-8 mostró un desajuste significativo con el modelo, donde se identificaron 2 ítems problemáticos que desajustaban el modelo de Rasch. Sin embargo, este análisis proporciona más evidencia de la validez del FPI-6 como un instrumento clínico para su uso en estudios de detección y muestra que tiene el potencial de ser analizado utilizando estrategias paramétricas²⁰.

En relación con la altura del arco, para medirlo existen otras herramientas diferentes al FPI. Scholz y cols.¹⁶ estudian la fiabilidad de la medición estática y dinámica del arco del pie en 86 niños donde se demostró que estas mediciones son confiables para la evaluación del arco del pie longitudinal medial en niños¹⁶. Drefus y cols.¹³ también determinan la confiabilidad de la altura del arco. La fiabilidad tuvo un coeficiente de correlación intraclase de 0.76 o más, tanto en posición sentada como de pie. El valor medio del arco fue de 0.36 ± 0.02 de pie¹³.

Para valorar la marcha idiopática de puntillas podemos utilizar además la prueba de marcha de 50 pies. Presenta una

excelente confiabilidad entre evaluadores y validez concurrente, pudiendo utilizarse para obtener un porcentaje de marcha de puntillas en niños de 6 a 13 años con caminata idiopática de puntillas (ITW)¹⁰.

Los autores no han encontrado referencias/estudios en los que se utilice la escala de Beighton en niños, pero sí que se desarrolló una nueva prueba relacionada con dicha escala, que juzga la altura del talón y es utilizada para medir la agudeza propioceptiva estando de pie, utilizando cuñas de varias alturas para juzgar la discriminación de la altura de talón en niños pequeños con hiperlaxitud articular generalizada. Los niños con hiperlaxitud articular generalizada (escala de Beighton > 5) se compararon con niños con una puntuación de Beighton de 4 o menos. Como resultados, los niños con hiperlaxitud articular generalizada se desempeñaron mejor que los controles, lo que indica mejores habilidades propioceptivas cuando se evaluaron en condiciones de carga²¹.

El objetivo de muchas intervenciones fisiológicas es mejorar la eficiencia de la marcha biomecánica, siendo útil una herramienta que ayude a evaluar esta eficiencia. Para ello, Kerrigan y cols.²² proponen y prueban una herramienta potencial, el cociente de eficiencia biomecánica, que utiliza de variables la longitud de zancada promedio, el desplazamiento vertical del tronco al caminar y la altura del sacro al estar de pie. El cociente de eficiencia biomecánica puede ser útil para evaluar específicamente el efecto sobre la eficiencia biomecánica de las intervenciones fisiológicas, a pesar de los factores no biomecánicos variables²².

La presente revisión sistemática presenta numerosas fortalezas: a nuestro entender, esta es la primera revisión de este tipo que se centra en los test de estudio biomecánico en niños y adolescentes en la que se aplican herramientas de revisión específicas para analizar el riesgo de sesgo, la población de estudio y la aplicación de un riguroso proceso metodológico. Además, nuestra revisión se basa en una búsqueda bibliográfica sin limitación de tiempo. Sin embargo, también está sujeto a ciertas limitaciones. La primera es el pequeño número de artículos donde los test se centren específicamente en niños; además, el tamaño muestral en el que se realiza el test es pequeño en la mayoría de los artículos encontrados, estando solamente 7 de los encontrados validados. Por ello, la prospectiva sería realizar más estudios de validación de test específicos para niños. En la búsqueda no solo hemos encontrado test, sino también muchos cuestionarios centrados en la exploración pediátrica, por lo que la siguiente línea de investigación será realizar una revisión sistematizada centrada en cuestionarios autoadministrados.

En conclusión, el presente artículo muestra que existe inconsistencia en la recopilación y evaluación de datos que puede generar confusión entre los podólogos, por lo que las medidas de resultado pediátricas específicas que evalúan la eficacia del tratamiento en niños y adolescentes son cada vez más importantes y están cada vez más disponibles. Los test de estudio biomecánico en niños logran poder realizar un análisis del pie y extremidades inferiores, sin embargo, no hay

evidencia suficiente de que algún test sea más efectivo que otro. Los test más comunes son el Heel Rise Test y el FPI, muy útiles para realizar en clínica, aunque no son aceptables para un protocolo riguroso, y siendo utilizados es recomendable interpretar los resultados con la debida precaución. La investigación futura en este campo debe garantizar la homogeneidad en el tamaño y la composición de los grupos de estudio.

CONFLICTOS DE INTERESES

Todos los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses derivado de los resultados de este estudio.

FINANCIACIÓN

Este estudio no ha recibido ninguna financiación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cranage S, Banwell H, Williams CM. Gait and lower limb observation of paediatrics (GALLOP): development of a consensus based paediatric podiatry and physiotherapy standardised recording proforma. *J Foot Ankle Res.* 2016;9(8):1-10. DOI: 10.1186/s13047-016-0139-4.
2. Bunney PE, Zink AN, Holm AA, Billington CJ, Kotz CM. Orexin activation counteracts decreases in nonexercise activity thermogenesis (NEAT) caused by high-fat diet. *Physiol Behav.* 2017;176:139-48. DOI: 10.1016/j.physbeh.2017.03.040.
3. Cimolin V, Cau N, Sartorio A, Capodaglio P, Galli M, Tringali G, et al. Symmetry of gait in underweight, normal and overweight children and adolescents. *Sensors (Basel).* 2019;19(9):2054. DOI: 10.3390/s19092054.
4. Hawke F, Rome K, Evans AM. The relationship between foot posture, body mass, age and ankle, lower-limb and whole-body flexibility in healthy children aged 7 to 15 years. *J Foot Ankle Res.* 2016;9:14. DOI: 10.1186/s13047-016-0144-7.
5. Rerucha CM, Dickison C, Baird DC. Lower extremity abnormalities in children. *Am Fam Physician.* 2017;96(4):226-33.
6. Gijon-Nogueron G, Martinez-Nova A, Alfageme-Garcia P, Montes-Alguacil J, Evans AM. International normative data for paediatric foot posture assessment: a cross-sectional investigation. *BMJ Open.* 2019;9(4):e023341. DOI: 10.1136/bmjopen-2018-023341.
7. Van der Giessen LJ, Liekens D, Rutgers KJM, Hartman A, Mulder PGH, Oranje AP. Validation of beighton score and prevalence of connective tissue signs in 773 Dutch children. *J Rheumatol.* 2001;28(12):2726-30.
8. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JPA, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *J Clin Epidemiol.* 2009;62(10):e1-34. DOI: 10.1016/j.jclinepi.2009.06.006.
9. Critical Appraisal Skills Programme - CASP CHECKLISTS (2019) [Internet]. Available at: <https://casp-uk.net/referencing/>
10. Christensen C, Haddad A, Maus E. Reliability and validity of the 50-ft Walk Test for idiopathic toe walking. *Pediatr Phys Ther.* 2017;29(3):238-43. DOI: 10.1097/PEP.0000000000000399.
11. Tucker J, Moore M, Rooy J, Wright A, Rothschild C, Werk LN. Reliability of common lower extremity biomechanical measures of children with and without obesity. *Pediatr Phys Ther.* 2015;27(3):250-6. DOI: 10.1097/PEP.0000000000000152.
12. Yocum A, McCoy SW, Bjornson KF, Mullens P, Burton GN. Reliability and validity of the standing heel-rise test. *Phys Occup Ther Pediatr.* 2010;30(3):190-204. DOI: 10.3109/01942631003761380.
13. Drefus LC, Kedem P, Mangan SM, Scher DM, Hillstrom HJ. Reliability of the arch height index as a measure of foot structure in children. *Pediatr Phys Ther.* 2017;29(1):83-8. DOI: 10.1097/PEP.0000000000000337.
14. Evans AM, Copper AW, Scharfbillig RW, Scutter SD, Williams MT. Reliability of the foot posture index and traditional measures of foot position. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2003;93(3):203-13. DOI: 10.7547/87507315-93-3-203.
15. Gijon-Nogueron G, Montes-Alguacil J, Alfageme-Garcia P, Cervera-Marin JA, Morales-Asencio JM, Martinez-Nova A. Establishing normative foot posture index values for the paediatric population: a cross-sectional study. *J Foot Ankle Res.* 2016;9:4. DOI: 10.1186/s13047-016-0156-3.
16. Scholz T, Zech A, Wegscheider K, Lezius S, Braumann KM, Sehner S, et al. Reliability and correlation of static and dynamic foot arch measurement in a healthy pediatric population. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2017;107(5):419-27. DOI: 10.7547/16-133.
17. Krautwurst BK, Wolf SI, Dreher T. Three-dimensional evaluation of heel raise test in pediatric planovalgus feet and normal feet. *Gait Posture.* 2016;48:146-51. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2016.05.003.
18. Yocum A, McCoy SW, Bjornson KF, Mullens P, Burton GN. Reliability and validity of the standing heel-rise test. *Phys Occup Ther Pediatr.* 2010;30(3):190-204. DOI: 10.3109/01942631003761380.
19. Maurer C, Finley A, Martel J, Ulewicz C, Larson CA. Ankle plantarflexor strength and endurance in 7-9 year old children as measured by the standing single leg heel-rise test. *Phys Occup Ther Pediatr.* 2007;27(3):37-54.
20. Keenan AM, Redmond AC, Horton M, Conaghan PG, Tennant A. The Foot Posture Index: rasch analysis of a novel, foot-specific outcome measure. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88(1):88-93. DOI: 10.1016/j.apmr.2006.10.005.
21. Oluwakemi Adebukola I, Smits-Engelsman B, Ferguson G, Duysens J. Judging heel height: a new test for proprioception while standing reveals that young hypermobile children perform better than controls. *Gait Posture.* 2020;75:8-13. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2019.09.012.
22. Kerrigan DC, Thirunarayan MA, Sheffler LR, Ribaldo TA, Corcoran PJ. A tool to assess biomechanical gait efficiency: a preliminary clinical study. *Am J Phys Med Rehabil.* 1996;75(1):3-8. DOI: 10.1097/00002060-199601000-00003.