

INFORME



INSTITUTO DE
BIOMECÁNICA
DE VALENCIA

Análisis de la influencia del calzado en los primeros pasos de la marcha infantil

Dirigido a: **International Shoes Garvalin**

En Valencia a 20/12/2021



CONTENIDO

Hoja de firmas y condiciones

1. Planteamiento del problema y objetivos
2. Introducción
3. Material y métodos
4. Resultados y discusión
5. Conclusiones

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS

La evolución del patrón de marcha en los niños es un proceso de aprendizaje que se ve influenciado por los cambios en su anatomía (factores intrínsecos) así como por factores externos, como puede ser el calzado que usen.

Los niños durante la fase de adquisición de la marcha tienen un patrón que se caracteriza por pasos cortos, apoyo del pie prácticamente plano (plantígrado) y con la punta de los pies mirando hacia fuera lo que hace ampliar su base de apoyo (Ivanenko et al., 2007). Esta marcha es necesariamente “torpe” resultado de un sistema motor y neurológico aún inmaduro y que está en pleno proceso de aprendizaje. Con el paso de los meses y de la maduración de los sistemas motores, los niños van adquiriendo mayor equilibrio y pueden caminar con los pies más juntos, dando pasos más largos acercándose hacia a un patrón de marcha “más adulto” y, por lo tanto, más estable.

En la fase de aprendizaje de la marcha, los bebés reciben numerosos estímulos sensitivos a través de la planta del pie que les ayudan a desarrollar la habilidad para caminar. El calzado, como elemento situado entre los pies y el suelo, influye en los estímulos que llegan, así como en las fuerzas que se dan entre el terreno y los pies, influyendo sobre su patrón de marcha.

Ante la existencia de una tendencia de opinión y la falta de evidencia científica sobre los efectos beneficiosos y perjudiciales del uso de diferentes tipos de calzado en niños durante la fase de adquisición de la marcha, y sobre la valoración de la marcha en estas fases, la empresa GARVALIN decidió poner en marcha un proyecto de investigación en 2021 para el que contó con la colaboración del Instituto de Biomecánica (IBV).

El objetivo del estudio fue comparar el patrón de marcha de niños en la etapa de adquisición de la marcha entre diferentes tipos de calzado y descalzo.

Es importante destacar que para poder extraer conclusiones sobre los efectos de los parámetros biomecánicos de la marcha sobre la salud del pie infantil sería necesario realizar un estudio longitudinal donde haya un uso prolongado de los diferentes tipos de calzado y un análisis de los cambios de la morfología del pie y funcionalidad de la marcha a largo plazo.



2. MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó con una muestra de edades comprendidas entre los 14 y 25 meses; los bebés llevaban al menos de 1 a 3 meses caminando de forma independiente y estable. Las tallas de calzado incorporadas en el estudio fueron entre la 19 y la 22 o equivalentes.

Para que el tipo de calzado no fuera determinante se eligieron 3 tipos diferentes de calzado que presentaban las siguientes características:

- *Biogateo*: Sin contrafuerte, con estabilizador externo flexible, y suela de espesor en el antepié menor de 1 cm.
- Calzado de características minimalistas: Con ausencia de contrafuerte o estabilizador externo y suela de espesor en el antepié en torno a 1 cm.
- Calzado convencional/estándar: Con presencia de contrafuerte rígido, suela poco flexible y de espesor en el antepié mayor a 1cm.

Se realizó un estudio biomecánico con estos 3 productos, así como descalzo, que consistió en un análisis cinemático y dinámico de la marcha.

Destacar que los estudios en los que se haya utilizado tecnología de registro biomecánico (cinético y cinemático) son muy escasos por la dificultad que conlleva utilizar esta instrumentación en niños tan pequeños.

El análisis cinemático aporta información sobre cómo se mueve el cuerpo en el espacio, es decir, se puede saber su posición, su trayectoria, los tiempos, su velocidad y su aceleración. A través del conocimiento de la posición de los segmentos corporales se obtuvieron los ángulos y rangos articulares del miembro inferior (pie, tobillo y rodilla) durante las diferentes fases de la marcha, así como las propias variables espacio-temporales como son la velocidad y aceleración de la marcha, la longitud y el ancho de paso, la duración o tiempo de apoyo y la cadencia (nº de pasos/segundo). Este análisis cinemático se llevó a cabo utilizando un sistema de captura de movimientos en 3D (Kinescan/IBV) que incorpora 9 cámaras de fotogrametría.

En el análisis dinámico se describen las fuerzas que actúan sobre un cuerpo en movimiento. En este estudio se registraron las fuerzas de reacción del suelo (frenado, propulsión y medio laterales) y los momentos articulares que experimenta el miembro inferior durante la fase de apoyo de la marcha. Para ello se utilizaron plataformas dinamométricas (Dinascan/IBV) como sistema de registro.

Adicionalmente, se utilizaron dos cámaras analógicas sincronizadas con el software empleado con el objetivo de tener grabados los ensayos para poder realizar consultas en el caso de dudas.

El estudio concluyó con una caracterización mecánica de las muestras del calzado testado. Se midieron los siguientes parámetros: Peso, espesor de las suelas y medida de la resistencia lateral y de flexión del calzado mediante ensayos mecánicos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se resumen las principales conclusiones del presente estudio.

1. EL CALZADO MODIFICA EL PATRÓN DE MARCHA DE LOS NIÑOS CON EL PIE DESCALZO INDEPENDIENTEMENTE DEL TIPO DE CALZADO UTILIZADO.

Los resultados del estudio realizado muestran que el calzado, independientemente de sus características, modifica el patrón de la marcha de los niños respecto al pie descalzo. Esto significa que se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes calzados y el pie descalzo en varias de las variables espacio-temporales y cinemáticas antes descritas.

Los principales hallazgos relacionados con los diferentes parámetros de la marcha son los siguientes:

Los pasos de los niños calzados son más largos que los pasos con el pie descalzo independientemente del tipo de calzado utilizado.

Esto podría ser debido a que, al aumentar el peso del pie por el calzado, la inercia de la pierna es mayor durante la fase de oscilación (Oeffinger et al., 1999) o podría ser debido a la altura que añade el calzado.

El pie pasa más tiempo apoyado cuando el niño va calzado que cuando va descalzo.

Como se ha comentado previamente, a través de la planta del pie llegan estímulos sensitivos que, si el pie va calzado, la suela podría interferir en la llegada de esta información. Considerando este hecho, el niño calzado necesitaría que su pie estuviese apoyado en el suelo más tiempo para adquirir tanta información sensitiva como lo haría si éste estuviese descalzo (Buckland et al., 2014). Por lo tanto, es de suponer que un calzado con una suela más fina y flexible permite que el pie reciba más estímulos del entorno en menos tiempo, lo que concuerda con los resultados obtenidos: la duración del apoyo es menor con los calzados *Biogateo* y *Minimalista* respecto al calzado Convencional. Los dos primeros calzados presentan menores espesores de suela y son más flexibles que el calzado Convencional (según los resultados de los ensayos mecánicos).

Los niños con calzado caminan con los pies más juntos que cuando van descalzos. Factor que indica una mayor estabilidad en el paso.

Como se ha comentado antes, los niños durante la fase de adquisición de la marcha caminan con los pies más separados y con la punta de los pies hacia fuera (toe-out) (Ivanenko et al., 2007). Esto ayuda al niño a mantener la estabilidad en estas fases iniciales donde la marcha es aún poco estable; el hecho de que con calzado caminen con los pies más juntos puede ser indicativo de que el calzado les aporta mejor equilibrio y seguridad. Existen estudios que postulan que la marcha con los pies menos separados es indicativa de una marcha más estable (Buckland et al., 2014).

El rango de flexo-extensión de la articulación del tobillo y de la rodilla con todos los calzados es mayor que cuando los niños van descalzos.

El pie descalzo contacta con el suelo prácticamente plano (apoyo plantígrado), el niño va dejando caer su peso alternando sobre cada pierna. Cuando el niño va calzado, el contacto con el pie plano

disminuye siendo el talón el primero en contactar con el suelo. En la fase de despegue también se observa que en el pie calzado se produce una mayor flexión plantar que en el pie descalzo. De estos resultados se puede concluir que la presencia de calzado no limita los movimientos de la rodilla ni del tobillo comparada con la condición de descalzo.

Todos los calzados reducen la prono-supinación o movimiento medio-lateral del tobillo con respecto a ir descalzo.

Durante la fase de contacto inicial y la fase de apoyo del pie todos los calzados reducen la prono-supinación o movimiento medio-lateral del tobillo con respecto a ir descalzo. Esta reducción es mayor en el calzado Biogateo y Convencional con respecto al calzado Minimalista. Esto puede ser debido a la presencia del estabilizador lateral en el caso de Biogateo y del contrafuerte en el caso del calzado convencional, los cuales aportan mayor control del retropié en el contacto inicial. Los ensayos mecánicos realizados confirman este resultado.

Todos los calzados reducen la movilidad de la articulación metatarsofalángica (MTF) respecto al pie descalzo.

Durante la fase de despegue de la marcha todos los calzados reducen la movilidad de la articulación metatarsofalángica (MTF) respecto al pie descalzo. Esta reducción se asocia a la presencia de la suela y el corte del calzado, que limitan la movilidad del pie al requerir un esfuerzo que no aparece con el pie descalzo. El calzado Convencional es el menos flexible, según indican los resultados de los ensayos mecánicos.

En el momento anterior al contacto de talón, la velocidad vertical es significativamente mayor llevando calzado respecto a ir descalzo.

El pie calzado ejerce un apoyo de talón más controlado.

Durante la marcha con el pie calzado el talón frena antes de contactar con el suelo, mientras que descalzo no se observa este mecanismo de control. En el pie descalzo el talón se acelera justo antes de contactar con el suelo. Esto podría ser un mecanismo de control asociado al empleo del calzado para reducir o amortiguar el impacto entre el talón y el suelo (Bobbert et al., 1992).

No se han detectado diferencias estadísticamente significativas entre los tres calzados analizados e ir descalzo en las variables cadencia y desplazamiento lateral del sacro.

No se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en las variables dinámicas entre la marcha con el pie descalzo y los tres calzados analizados.

Como se ha demostrado en este estudio, las características de la marcha del pie descalzo no pueden igualarse con ninguno de los calzados testados en este estudio. Por lo tanto, se recomienda que los niños, en la fase de adquisición de la marcha, estando en entornos controlados, experimenten la marcha descalzos como oportunidad de entrada de estímulos sensitivos a través de la planta de sus pies para el desarrollo normal de los mismos.

2. RESULTADOS QUE DEPENDEN DEL TIPO DE CALZADO UTILIZADO:

El tipo de calzado utilizado influye en la seguridad: varía la estabilidad del niño y los tropiezos y caídas.

De la revisión bibliográfica realizada puede extraerse que no se han encontrado evidencias que muestren que el aporte de estabilidad a través del calzado sea perjudicial para la salud futura de los pies.

La mayor variabilidad en la longitud de la zancada respecto a ir descalzo es la del calzado Minimalista.

A través de la variabilidad de la longitud de la zancada se sabe si el niño va variando entre pasos cortos y largos.

Según los resultados, el calzado de tipo Minimalista aumenta la variabilidad con respecto a ir descalzo, no encontrándose diferencias en el caso del calzado *Biogateo* y el tipo Convencional. A pesar de que los niños en la fase de adquisición de la marcha presentan una marcha en sí misma más variable (Hausdorff et al., 1999), estas diferencias encontradas entre el calzado Minimalista frente a ir descalzo podrían interpretarse como una influencia de este calzado sobre la estabilidad y el riesgo de caídas. Algunos estudios en otros grupos poblacionales, asocian esta variable a una marcha más inestable y a un mayor riesgo de caídas (Katz-Leurer et al., 2008), (Hausdorff et al., 2001), (Maki, 1997).

Se producen más caídas con el calzado tipo minimalista que caminando descalzo o con los otros tipos de calzado.

Con el único calzado de la muestra que se produjeron caídas fue con el minimalista. Con el resto de calzados y en la condición descalzo, no se produjeron caídas.

En la bibliografía se han encontrado estudios similares donde se considera el número de caídas como un parámetro indicativo de la estabilidad de la marcha en niños en fase de aprendizaje (Buckland et al., 2014)

El tipo de calzado utilizado influye en la velocidad de la marcha. Factor que se asocia a la madurez de la marcha.

Los niños con calzado *Biogateo* y Minimalista caminan más rápido con respecto al niño descalzo. Este aumento de velocidad podría deberse a la protección del pie que proporciona el calzado. Con el calzado Convencional, la velocidad de la marcha no aumenta significativamente con respecto al pie descalzo, lo que podría deberse a la mayor rigidez y peso de este calzado y al mayor tiempo que pasa el pie en apoyo con este tipo de calzado. Cabe destacar que el aumento de la velocidad es un parámetro que diversos estudios lo asocian a una marcha más madura (Samson et al., 2011) y (Ivanenko et al., 2007).

4. CONCLUSIONES

Todos los calzados alteran el patrón de marcha descalzo.

Se producen más caídas con el calzado tipo minimalista que caminando descalzo. El hecho de ir calzado supone una extensión artificial del miembro inferior que el niño ha de gestionar durante el desarrollo de la marcha. Si, además, este calzado no presenta una estructura funcional mínima, el niño tendrá que realizar un esfuerzo extra que se traducen en una mayor modificación del patrón de marcha y un menor control que se traduce en un aumento de tropiezos y caídas.

La opinión del IBV

El personal del IBV es un equipo multidisciplinar integrado por especialistas en biomecánica del pie y de la marcha, con formación en Podología, Fisioterapia, Traumatología e Ingeniería, entre otras, y con amplia experiencia en investigación.

La opinión del IBV es que el calzado debe proteger al pie del niño del frío y del entorno cuando no es seguro. Además, debe permitir desarrollar su actividad sin limitarla y no aportar inestabilidad en entornos no controlados.

Por tanto, el calzado más adecuado para esta etapa es aquel que tiene una estructura funcional mínima adecuada para permitir la movilidad del pie sin aumentar el riesgo de caídas.

	DESCALZO	MINIMALISTA	CONVENCIONAL	BIOGATEO
Patrón de marcha	Pasos cortos / marcha lenta	Pasos largos / marcha rápida	Pasos largos / marcha lenta	Pasos largos / marcha rápida
Movilidad medio lateral	No limitada	Control bajo	Control alto	Control alto
Estabilidad	Caídas 0%	Caídas 7,5%	Caídas 0%	Caídas 0%
Repetibilidad	Longitud paso más repetible	Longitud paso más variable	Longitud paso más repetible	Longitud paso más repetible
Flexibilidad MTF	Flexibilidad total	Muy flexible	Poco flexible	Flexible
Movilidad articular tobillo	No limitada	Aumentada	Aumentada	Aumentada



Innovación al
cuidado de las
personas

Centro tecnológico concertado por:



ibv.org