

Proyecto Archibald: desarrollo de un calzado infantil innovador que aumenta la estabilidad en los primeros pasos

Beatriz Nácher, Juan C. González García, Tomás Ovejero, José Olaso
Instituto de Biomecánica de Valencia

Correspondencia:
Universidad Politécnica de Valencia. Edificio 9C.
Camino Vera s/n. 46022 Valencia

Resumen

El objetivo principal de este trabajo fue el desarrollo de un nuevo tipo de calzado para niños que comienzan a caminar basado en la estabilidad de la marcha como nuevo concepto innovador. Se llevó a cabo un exhaustivo estudio de la marcha infantil considerando la influencia del ajuste y las características de los diferentes elementos de diseño. Se desarrollaron diversos ensayos biomecánicos y se realizó un amplio estudio antropométrico en dos países: España y Holanda. Como resultado principal se desarrolló un nuevo calzado infantil innovador basado en los criterios de diseño de hormas y componentes obtenidos.

El proyecto ha contado con la participación de cuatro empresas españolas (Azorín Shoes S.L., Miró Borrás S.A., Tecnihorma S.L. y Automática & Control Numérico S.L.), dos holandesas (Piedro Footwear y Veltman BV) y una de la República Checa (Fare), y con cuatro Centros de Investigación, dos españoles (Instituto de Biomecánica de Valencia - IBV, Instituto Español del Calzado y Conexas - INESCOP) y dos holandeses (Instituto de Tecnología Industrial - TNO, Grupo de Desarrollo Perceptual y Motor de la Facultad de Movimientos Humanos de la Universidad de Vrije).

Palabras clave: Calzado infantil. Estabilidad. Marcha infantil. Ajuste. Crecimiento. Horma. Desarrollo locomotor.

Introducción

Uno de los principales logros locomotrices durante infancia es la adquisición de la marcha. El paso del

Summary

The main objective pursued with the work here shown was to develop a new shoe type for toddlers based on gait stability as a new innovative concept. A deep study was carried on children's gait taking into account both fit influence and the introduced effect when changing the characteristics of the different footwear components. Many essays were developed, on both biomechanics and on anthropometrics, in two countries: Spain and Netherlands. These essays allowed developing prototypes which were assessed to obtain new results. As main result, new innovative children footwear was developed based on the last design criteria and Shoe design criteria already obtained.

In the project there have participated four Spanish manufacturers (Azorín Shoes S.L., Miró Borrás S.A., Tecnihorma S.L. y Automática & Control Numérico S.L.), two Dutch manufacturers (Piedro Footwear y Veltman BV) and one from the Check Republic (Fare) and four Research and Development Centers, two from Spain (Instituto de Biomecánica de Valencia - IBV, Instituto Español del Calzado y Conexas - INESCOP) and two from The Netherlands (Instituto de Tecnología Industrial - TNO, Grupo de Desarrollo Perceptual y Motor de la Facultad de Movimientos Humanos de la Universidad de Vrije).

Key words: Children footwear. Stability. Children gait. Fit. Growth. Last. Locomotive development.

gateo a la marcha erguida representa un punto de inflexión en el desarrollo humano, pues permite al niño liberar sus extremidades superiores de tareas locomotrices. La **adquisición de la marcha** y su

posterior maduración han sido descritas en numerosos estudios previamente^{1,2}. Algunos investigadores apoyan que el patrón de marcha adulto se alcanza durante el primer año tras la adquisición de la marcha independiente. Otros afirman que esta etapa se alcanza en el cuarto año de vida², mientras que otros apoyan que el proceso concluye entre el séptimo y décimo año de vida¹.

Los factores que influyen en la maduración del patrón de marcha (Figura 1) del niño, entendida como una aproximación al patrón de marcha adulto, pueden dividirse en dos categorías: intrínsecos y extrínsecos. Los factores intrínsecos corresponden a cambios que tienen lugar en el cuerpo y mente del niño. Los factores extrínsecos son aquellos que no se derivan del desarrollo fisiológico y mental del niño.

Los **factores intrínsecos** constituyen cambios en dos áreas principalmente: por un lado tienen lugar cambios anatómicos en el sistema músculo-esquelético y en el sistema nervioso y, por el otro, gracias a la acumulación de experiencias, el niño atraviesa un proceso de aprendizaje. En primer lugar, los cambios en el **tamaño y el peso del cuerpo** a medida que el niño crece afectan a su control del equilibrio^{1,3-8}. Al mismo tiempo, el **sistema músculo-esquelético** se refuerza y posibilita al niño mantener su cuerpo erguido fácilmente, lo que le permite concentrar sus esfuerzos en el mantenimiento del equilibrio. Simultáneamente, la maduración del **sistema nervioso** mejora la capacidad del niño para mantener un control efectivo sobre la postura^{1,2,4}. Finalmente, existe el llamado **factor de aprendizaje**, consistente en la adquisición de experiencia en

la marcha^{1,6,8,9,10}. Algunos investigadores han probado mediante sus experimentos que éste factor afecta en el proceso de maduración de la marcha^{4,11}.

De entre los **factores extrínsecos** al desarrollo del niño destaca el **calzado**. Cuando el niño se encuentra al inicio de la fase de adquisición de la marcha, el calzado, como interfase entre los pies y el suelo, juega dos distintos roles: por una parte **influye en los estímulos** (generalmente reduciéndolos) que llegan al niño desde el suelo y que le aportan información para mejorar su habilidad caminando, y por otra el calzado interactúa entre el niño y el entorno **modificando las fuerzas** que se dan entre el suelo y los pies, incluso en ocasiones **restringiendo el movimiento**, influyendo así el patrón de marcha. Teniendo en cuenta estas consideraciones, es posible suponer que las características del calzado que lleve el niño afectarán su evolución hacia el patrón de marcha adulto.

La influencia del calzado en el desarrollo fisiológico de los pies¹², así como en sus patologías o deformidades^{1,12-14}, ha centrado la atención de algunos estudios desarrollados previamente. Sin embargo, existen pocos estudios sobre el efecto del calzado en el patrón de marcha de niños durante los primeros meses de aprendizaje. Gould (1985) realizó un estudio¹⁵ con niños de edades comprendidas entre 11 y 36 meses, comparando las variaciones en algunas variables cinemáticas de la marcha cuando llevan zapatos y cuando llevan zapatillas deportivas. De forma similar, Kristen *et al.* (1998) llevaron a cabo otro estudio¹⁶ con niños de edades comprendidas entre 1 y 4 años comparando los patrones de presiones plantares cuando van descalzos y cuando

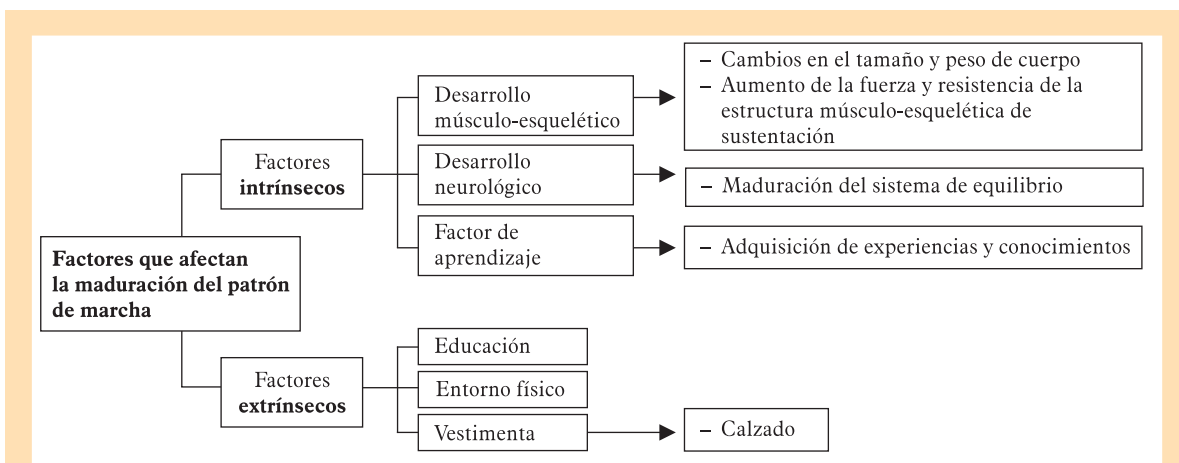


Figura 1. Esquema de los factores que afectan al niño durante la maduración de su patrón de marcha

van calzados. En 1999 Oeffinger et al. Analizó¹⁷ en niños de entre 7 y 10 años, las diferencias en variables cinemáticas y dinámicas, cuando los niños caminan descalzos y cuando lo hacen con zapatos. Aunque es de gran importancia el efecto del calzado en el patrón de marcha, no existen demasiados trabajos que exploren las diferencias en los patrones de marcha (con datos cinemáticos y dinámicos) de niños calzados y descalzos de entre 1 y 4 años, siendo de vital importancia esta edad pues es cuando se produce la adquisición de la marcha. Más aún, se puede afirmar que existe una falta de estudios centrados en la influencia que tienen las diferentes propiedades de las componentes del calzado en el patrón de marcha de niños.

El **propósito de este estudio** es, en primer lugar, identificar las diferencias en patrones de marcha del niño de entre 1 y 4 años cuando camina descalzo y cuando lo hace calzado con zapatos de diferentes características y, en segundo lugar, explorar la influencia de las características del zapato en el patrón de marcha del niño.

En el **proyecto ARCHIBALD** "A Research on Children Balance Development" han participado un total de siete empresas (Tabla 1), cuatro de ellas españolas, y cuatro Centros de Investigación (Tabla 1). El proyecto ARCHIBALD, ya finalizado, ha tenido

una duración de dos años (2002-2004). Con un presupuesto de 1.274.583 Euros ha sido financiado en un 50% por la Comisión Europea en la modalidad CRAFT, al amparo del programa "Crecimiento Competitivo y Sostenible" (GROWTH) del V Programa Marco.

Material y métodos

El trabajo desarrollado en el proyecto se enmarca en **dos grandes fases** (Figura 2): una primera fase de investigación y experimentación biomecánica, y una segunda fase de desarrollo de prototipos y generación de criterios de diseño de calzado infantil. La **etapa de investigación y experimentación** biomecánica permitió la obtención del conocimiento necesario para el posterior desarrollo de prototipos y generación de criterios de diseño de calzado infantil. El estudio de la marcha infantil, la generación de criterios de ajuste del calzado y el estudio de la estabilidad del calzado son las principales tareas realizadas en esta fase.

Estudio de la marcha infantil

Con el objetivo de conocer la influencia del calzado en la marcha infantil y en la habilidad para reali-

Tabla 1. Socios participantes en el proyecto

Entidad	Nacionalidad	Actividad
Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV)	España (Valencia)	Instituto de investigación
Instituto Español del Calzado y Conexas (INESCOP)	España (Alicante)	Instituto de investigación
Instituto de Tecnología Industrial (TNO)	Holanda	Instituto de investigación
Grupo de Desarrollo Perceptual y Motor de la Facultad de Movimientos Humanos de la Universidad de Vrije	Holanda	Instituto de investigación
Azorín Shoes S.L.	España (Villena)	Fabricante de calzado infantil
Miró Borrás S.A.	España (Villena)	Fabricante de componentes para calzado tales como contrafuertes, palmillas y topes, con sede en Alcoy
Tecnihorma S.L.	España (Villena)	Fabricante de hormas especialista en calzado infantil situada en Villena
Automática & Control Numérico S.L. (A&CN)	España (Elda)	Fabricante de automatismos y máquinas de control numérico
Piedro Footwear	Holanda	Fabricante de calzado infantil
Veltman BV	Holanda	Fabricante de componentes para calzado
Fare	República Checa	Fabricante de calzado

zar diferentes actividades, se llevó a cabo la medición de diversos parámetros biomecánicos relacionados con la marcha infantil en una muestra de niños españoles y holandeses. Para ello, y con el fin de conocer la influencia de las características de diferentes elementos constituyentes del calzado, tales como la rigidez de la suela, la flexibilidad del contrafuerte y de la palmilla, y el ajuste del zapato tanto en los dedos como en el talón, las empresas fabricantes de calzado infantil participantes fabricaron una serie de prototipos preliminares empleando diversos elementos suministrados por las empresas de componentes involucradas en el proyecto.

Empleando dichos prototipos preliminares, y tras la definición de los protocolos de medida necesarios y la realización de un estudio piloto previo, se llevó a cabo la medición de los parámetros de la marcha de 200 niños (100 en España y 100 en Holanda) con edades comprendidas entre 1 y 4 años. El Instituto de Biomecánica en España, y el Grupo de Desarrollo Perceptual y Motor de la Facultad de Ciencias del Movimiento Humano de la Universidad de Vrije fueron los encargados de realizar la experimentación biomecánica con niños y la medición de parámetros de la marcha infantil, empleando para ello diversas técnicas biomecánicas tales como:

- Técnicas de circuitos de habilidad con el fin de evaluar la influencia del calzado en la estabilidad de los niños y en su habilidad locomotora realizando diferentes actividades (caminar sobre terrenos diversos, subir rampas, superar obstáculos, etc.). En estos circuitos la variable medida fue el nº de errores cometidos y el tipo según su gravedad.
- Plataformas dinamométricas mediante las cuales se registraron tanto las fuerzas de reacción mediante el empleo del sistema DINASCAN/IBV, como el desplazamiento del centro de presiones originados durante la marcha de los niños con los distintos prototipos de calzado. Adicionalmente se registraron medidas de equilibrio estático en bipedestación mediante el empleo de dichas plataformas.
- Medidas de parámetros espacio-temporales como la longitud y la anchura de paso y la velocidad de la marcha con los distintos prototipos.
- Medición de la actividad muscular mediante el empleo de electromiografía.

Generación de criterios de ajuste de calzado infantil

Otra importante información de partida, imprescindible para la obtención de criterios de diseño de

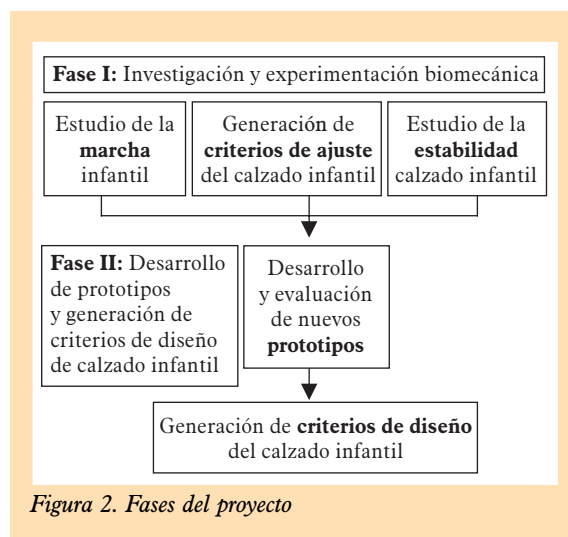


Figura 2. Fases del proyecto

calzado infantil, es la relacionada con el ajuste del calzado, resultado de la interacción de la antropometría de los pies de los niños con la forma de las hormas empleadas en la fabricación de calzado infantil. Mediante equipos de escaneo tridimensional, tanto el IBV en España como el TNO en Holanda se obtuvo la forma completa de 2000 pies (1000 en cada país). Tras la realización de un estudio piloto con el que se evaluaron diversos equipos existentes en el mercado y la elaboración de un protocolo de escaneo empleando dichos sistemas, se procedió a la realización de las medidas antropométricas, empleando un escáner láser de pies (en España: se utilizó el escáner *Infotit* de la empresa *I-ware*, y en Holanda el escáner *Fotofit* de la empresa *Shoemaster*). Seguidamente se procedió a la realización de un exhaustivo análisis de las medidas antropométricas, obteniendo entre otros resultados, patrones de crecimiento, diferencias entre sexos y diferencias antropométricas entre países.

Por otra parte, tras la definición de las medidas de horma más importantes, tarea en la que contribuyó de manera importante la empresa fabricante de hormas *Tecnihorma* con una amplia experiencia en hormas infantiles, se llevó a cabo la digitalización de una muestra representativa de hormas pertenecientes a las empresas fabricantes de calzado infantil participantes en el proyecto. Mediante el estudio de ambas fuentes de información (pies y hormas), y empleando técnicas de CAD, se transformaron los datos de las medidas y formas tridimensionales de pies y hormas en criterios de diseño de hormas para conseguir un ajuste adecuado.

Estudio de la estabilidad del calzado infantil

Tras la definición de los principales factores del calzado que determinan la estabilidad de la marcha infantil, se elaboró un protocolo de ensayo para la medición de la estabilidad funcional del calzado mediante la simulación de la marcha infantil. A partir de dicho protocolo, la empresa española A&CN desarrolló y fabricó una máquina de ensayo, que fue validada mediante la realización de un estudio piloto. Además, se consideró los aspectos biomecánicos más importantes del calzado infantil, tales como peso, fricción, flexibilidad, absorción de impactos, etc., realizándose una revisión y adaptación de los protocolos y ensayos existentes para la caracterización mecánica del calzado infantil para los primeros pasos.

La segunda fase de Desarrollo de prototipos y generación de criterios de diseño de calzado infantil fue constituida por dos etapas principales: la primera de ellas comprendió el diseño y la fabricación de prototipos a partir del conocimiento extraído de la fase anterior, así como su experimentación; la segunda etapa englobó las actividades que conducirán a la generación de recomendaciones finales de diseño.

Fabricación y ensayo de prototipos

Empleando los conocimientos adquiridos en la fase de investigación previa, las empresas fabricantes de calzado infantil participantes diseñaron y fabricaron una serie de prototipos empleando componentes de las empresas suministradoras, así como hormas específicas para cada población infantil (espa-

ñola y holandesa) diseñadas por la empresa de hormas española.

Con el fin de aumentar el conocimiento sobre la influencia de las características de los componentes del calzado infantil en la estabilidad y el patrón de marcha de los niños, se analizaron otros elementos distintos a los evaluados en la fase anterior, tales como la rigidez y el material de acolchado del contrafuerte, la altura de tacón y el peso del zapato. Los prototipos fabricados fueron evaluados posteriormente mediante experimentación biomecánica con niños y caracterizados mecánicamente.

Criterios de diseño

El objetivo de esta última etapa era definir la influencia de las características del calzado infantil en el grado de madurez y estabilidad de la marcha de los niños. Este objetivo fue llevado a cabo mediante la evaluación y el análisis de los resultados obtenidos en las diversas experimentaciones y ensayos realizados a lo largo del proyecto.

Técnicas Estadísticas empleadas

Fueron utilizadas diferentes técnicas estadísticas (Tabla 2) para el tratamiento de los datos. En una primera aproximación se llevó a cabo un análisis descriptivo de los datos para detectar casos anómalos que fueron eliminados del estudio. A continuación se realizó un análisis factorial para reducir el nº de variables hacer así más manejable la información. Finalmente se aplicaron ANOVAS y análisis de Kuskal-Wallis para contrastar las diversas hipótesis que se plantearon.

Tabla 2. Resumen de las técnicas estadísticas empleadas en el análisis de datos

Técnicas estadísticas	Datos tratados
Análisis descriptivo de los datos	<ul style="list-style-type: none"> – Parámetros cinemáticos – Parámetros dinámicos – nº de errores en los circuitos de habilidad
Análisis Factorial y Análisis de correlaciones para la reducción de variables	<ul style="list-style-type: none"> – Parámetros cinemáticos – Parámetros dinámicos – nº de errores en los circuitos de habilidad
Análisis de la Varianza (ANOVA) usando como factores: <ul style="list-style-type: none"> – grupo de experiencia en la marcha – rigidez del contrafuerte – rigidez de la palmilla – ajuste delantero – ajuste trasero 	<ul style="list-style-type: none"> – Parámetros cinemáticos – Parámetros dinámicos – nº de errores en los circuitos de habilidad
Análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis	<ul style="list-style-type: none"> – nº de errores en los circuitos de habilidad

Resultados

Los resultados obtenidos del estudio se pueden dividir en tres grupos:

- Antropometría de las poblaciones estudiadas
- Maduración del patrón de marcha: resultados cinemáticos y resultados dinámicos
- Efecto del calzado en el patrón de marcha: resultados cinemáticos, resultados dinámicos y efecto de las diferencias en las características del calzado.

Como resultados del estudio antropométrico, se obtuvieron los pies en 3D y sus medidas para las poblaciones de España y Holanda en función de la edad de los niños. Se observaron diferencias significativas en las dimensiones de los pies entre ambas poblaciones. Así, aunque para la misma talla las anchuras y perímetros en las diferentes secciones del pie (talón, talón-cuñas, empeine, metatarsos, dedos) (Figura 3) son claramente mayores para los niños españoles que para los holandeses (Figuras 4 y 5), en la longitud de los pies no se obtuvieron diferencias significativas entre ambas poblaciones para la misma edad (Figura 6).

Por otra parte, quedó patente el proceso de maduración de la marcha (Tabla 3), detectándose tendencias en los datos con el aumento de la edad y la adquisición de experiencia en la marcha. Por su parte, el *nº de errores en los circuitos de habilidad*, disminuye claramente a medida que aumenta la edad y la experiencia en la marcha, siendo muy bajo a los 3 años de iniciada la marcha. Respecto a

parámetros CINEMÁTICOS, la *longitud y duración de paso* van en aumento con la adquisición de experiencia, al igual que la *velocidad de marcha* y *nº de centros de estabilización de las trayectorias (NCET)*. El NCET es una medida de la estabilidad, extraída a partir de la trayectoria del centro de masas (COP) del sujeto, que representa la cantidad de posiciones



Figura 3. Secciones del pie

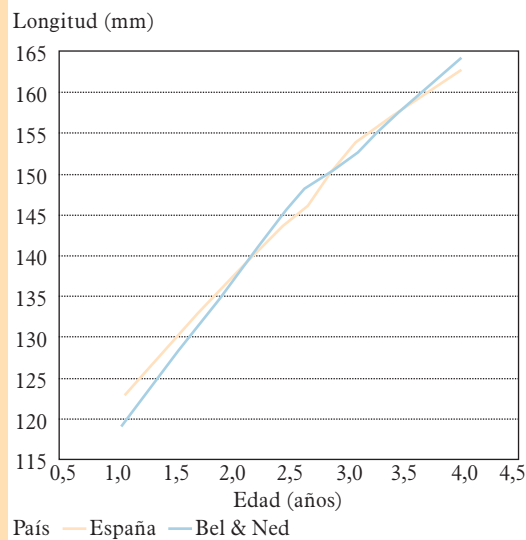


Figura 4. Evolución con la edad del perímetro de la sección de los metatarsos en España y Holanda

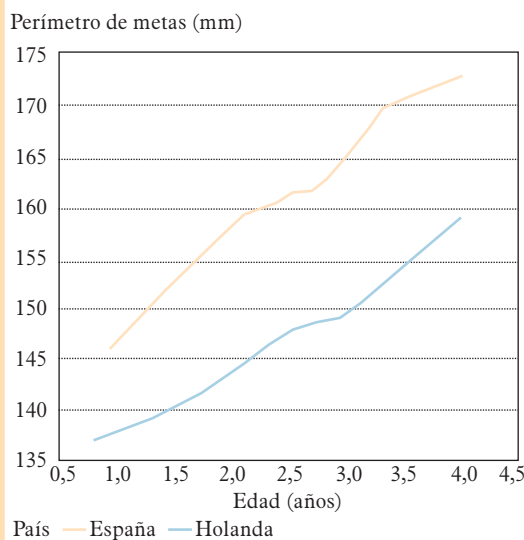


Figura 5. Evolución con la edad de la anchura de talón en España y Holanda

de equilibrio estable que adquiere el sujeto durante toda la trayectoria del COP. Por su parte, *la anchura de paso* disminuye con la edad. En cuanto a los resultados DINÁMICOS, se observó que con la adquisición de experiencia disminuyen la *fuerza vertical* y la *horizontal* normalizadas por el peso del sujeto, aunque esta última de forma más acusada. Finalmente, se estudiaron las **diferencias entre la marcha calzados y la marcha descalzos**, para lo cual se dividieron los sujetos en grupos de experiencia (GE), establecidos cada uno con un rango de 6 meses y abarcando juntos desde el inicio de la marcha erguida hasta los 36 meses después de ini-

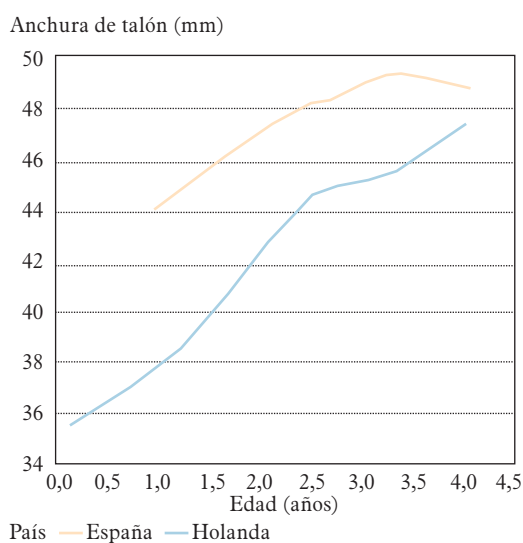


Figura 6. Evolución con la edad de la longitud máxima del pie en España y Holanda

ciada ésta (Tabla 3). Para poder llevar a cabo comparaciones entre los diferentes grupos, los parámetros fueron normalizados¹⁸. Se obtuvo, para los parámetros CINEMÁTICOS, que la *longitud de paso* es significativamente mayor un 15% usando calzado. La *velocidad de marcha* es mayor usando calzado en todos los GE, aunque no de forma significativa. La *duración del paso* es mayor cuando van calzados pero sólo significativamente en los dos últimos GE (24-30 y 30-36 meses), mientras que la *anchura de paso* disminuye al calzarse, aunque sólo de forma significativa en los dos primeros GE. A partir de la trayectoria del centro de masas se obtuvo que el *NCET* es significativamente menor usando calzado. En lo que respecta a los parámetros DINÁMICOS, la *fuerza horizontal*, que representa el coeficiente de fricción medio, es significativamente mayor cuando van descalzos, al igual que la *fuerza vertical*, aunque esta última no con todos los prototipos ensayados.

Finalmente, referente a la *influencia de los componentes del calzado en la marcha*, se obtuvieron algunas diferencias significativas dependiendo de las características de los componentes. Se puede destacar la mejora obtenida en el patrón de marcha en los prototipos que presentaban un mayor ajuste en los dedos.

Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos se extraen una serie de consideraciones. En primer lugar, las **diferencias antropométricas** encontradas entre las poblaciones de España y Holanda deberían tenerse en cuenta a la hora de diseñar hormas para proveer de

Tabla 3. Resumen de los resultados de los parámetros medidos

	Grupos de experiencia desde el inicio de la marcha (meses)						Tendencia
	0-6	6-12	12-18	18-24	24-30	30-36	
Longitud de paso	C*	C*	C*	C*	C*	C*	+
Anchura de paso	D*	D*	C	D	D	D	--
Tiempo de paso	C	C	C	C	C*	C*	+
Velocidad de marcha	C	C	C	C	C	C	+ +
Nº Centros de estabilización	C*	C*	C*	C*	C*	C*	+
Fuerza horizontal	D*	D*	D*	D*	D*	D*	--
Fuerza vertical	D*	D*	D*	D*	D*	D*	-
Aceleración vertical	C*	C*	C*	C*	C*	C*	

D: descalzo>calzado; C: calzado>descalzo; *: indica significatividad estadística ($P<0,05$) + +: creciente acusada; +: creciente; -: decreciente; --: decreciente acusada

un ajuste correcto a ambas poblaciones, debiendo ser las hormas holandesas más estilizadas que las hormas españolas. En segundo lugar, se han identificado diversos parámetros, tanto cinéticos como cinemáticos, relacionados con el **proceso de maduración de la marcha**. De forma general, la mejora del control locomotriz del niño se manifiesta la disminución del nº de errores en los circuitos de habilidad, los cuales presentaban diversas dificultades preparadas para testar las diversas habilidades locomotrices de los niños. La maduración del patrón de marcha es un proceso dinámico en el que todos los parámetros están relacionados entre sí: a medida que se van produciendo mejoras en un parámetro, estas repercuten en el resto de ellos. De esta forma, la seguridad que obtiene el niño a medida que adquiere destreza en el control del equilibrio (patente en el aumento del NCET), le permite, por una parte, reducir su base de apoyo mediante una disminución de la anchura de paso, y por otra, aumentar su velocidad de marcha. Así mismo, tiene lugar una reducción de las fuerzas de reacción verticales que sugiere una optimización en el control de las fuerzas que entran en juego durante la marcha.

Finalmente, el **uso de calzado** tiene un efecto de maduración del patrón de marcha, de forma que, los parámetros medidos en niños calzados son más maduros que los que correspondería si se tomaran las medidas descalzos: caminar calzados aumenta la velocidad de marcha, aumenta la duración del paso y disminuye la anchura de paso, lo cual concuerda con la evolución seguida por los diversos parámetros durante la maduración del patrón de marcha.

De forma general, la labor de investigación y experimentación desarrollada ha permitido generar conocimientos que suponen un gran paso en el diseño ergonómico del calzado infantil. Así, el proyecto ARCHIBALD ha permitido:

- Desarrollar nuevas **técnicas y metodologías para la caracterización biomecánica del calzado infantil** desde el punto de vista de su estabilidad.
- **Caracterizar la evolución de la marcha infantil** tanto en función de las características de los componentes del calzado, como en función del grado de madurez y crecimiento de los niños.
- Elaborar la primera **base de datos de pies** de la población infantil en 3D, conteniendo las formas tridimensionales de los pies de los niños, así como sus principales secciones y medidas.
- Establecer las **diferencias morfológicas encontradas entre los dos países** objetivo del proyecto, siendo los pies de los niños holandeses más esbeltos y delgados que los pies de los niños españoles;
- Generar **criterios de diseño de hormas** para conseguir un ajuste adecuado.
- Generar **criterios de diseño de calzado infantil** teniendo en consideración la mejora de la marcha infantil y de la estabilidad de los niños durante sus primeros pasos.

La incorporación de estos conceptos dotará de un gran valor añadido a los productos desarrollados, pero sobre todo, serán los consumidores, en este caso los niños, los más beneficiados por el uso de un calzado que optimiza su desarrollo motor, disminuye el riesgo de caídas y previene problemas podológicos que pueden surgir a largo plazo.

Agradecimientos

A la Comisión Europea por su apoyo en el marco del programa "Competitive and Sustainable Growth" (Growth) 2000, Proyecto nº G1ST-CT-2002-50191. Coordinador: Pedro Footwear - Holanda.

Bibliografía

1. Adolph KE, Vereijken B, Shroul PE. What changes in Infant walking and why? *Child development* 2003;74(2)475-97.
2. Sutherland D. The development of mature gait. (1988).
3. Adolph KE; Babies' steps make giant strides toward a science of development. *Infant behaviour & Development* 2002;(25)86-90.
4. Adolph KE; Learning to keep balance. *Adv Child Dev Behav* 2002;30:1-40.
5. Adolph KE, Avolio AM; Walking Infants Adapt Locomotion to Changing Body Dimensions. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 2000;26(3): 1148-66.
6. Adolph KE, Weise I, Marin L. *Motor development*. New York University (2)475-497.

7. Ledebt A, Breniere Y; Dynamical implication of anatomical and mechanical parameters in gait initiation process in children. *Human Movement Science* 1994;13(6):801-15.
8. Vereijken B, Thelen E; Training infant treadmill stepping: The role of individual pattern stability. *Dev Psychobiol* 1997;30(2):89-102.
9. Adolph KE, Eppler MA. Flexibility and specificity in Infant motor acquisition. J. Fagan (Ed.), *Progress in Infancy Research*, 2, 121-167. Mahwah, NJ: Erlbaum.
10. Adolph KE, Eppler MA, Gibson EJ.; Crawling versus Walking infant's perception of affordances for locomotion over sloped surfaces. *Child Dev* 1993;64(4):1158-74.
11. Vereijken B, Thelen E.; Training infant treadmill stepping: the role of individual pattern stability. *Dev Psychobiol* 1997;30(2):89-102.
12. Staheli LT; Shoes for children: A review. *Pediatrics* 1991;88(2):371-5.
13. Kirkeide KR, Damiano DL, Abel MF, Granata KP; Effect of Ankle Foot Orthoses on Plantar Dynamics in Spastic Cerebral Palsy. *Gait & Clinical Movement Analysis Annual Meeting*.
14. Wenger DR, Mauldin D, Speck G, Morgan D, Lieber RL; Corrective shoes and inserts as treatment for flexible flatfoot in infants and children. *The Journal of Bone and Joint Surgery* Vol 71, Issue1989;(6)800-10.
15. Gould N; Shoes Versus Sneakers in Toddler Ambulation. *Foot Ankle* 1985;6(2):105-7.
16. Kristen KH, Kastner J, Holzreiter S, Wagner P, Engel A. Functional evaluation of shoes for children based on gait analysis of children in the learning to walk stage. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 1998;136(5):457-62.
17. Oeffinger D, Brauch B, Cranfill S, Hisle C, Wynn C, Hicks R, Augsburg S. Comparison of gait with and without shoes in children. *Gait Posture* 1999;9(2):95-100.