

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ
FACULTAD DE MEDICINA
TRABAJO DE FIN DE GRADO EN PODOLOGÍA



**EFFECTO DE LAS AFOS SOBRE LA MARCHA EN LOS SUJETOS CON
PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.**

AUTOR: Ana María López Palacios

TUTOR: Carolina Alonso Montero

DEPARTAMENTO Y ÁREA: Patología y Cirugía. Traumatología y ortopedia.

CURSO ACADÉMICO: 2023-2024

CONVOCATORIA: Junio.

ÍNDICE

1. Resumen y abstract	pág. 2
2. Introducción	pág. 4
3. Objetivos e hipótesis.....	pág. 8
4. Material y métodos	pág. 9
5. Resultados	pág. 12
5.1. Patrones de la marcha en la parálisis cerebral	pág.15
5.2. Efectividad de las Ortesis Tobillo-pie en pacientes con Parálisis Cerebral Infantil.....	pág. 19
5.3. Como afecta a la posición de las articulaciones del miembro inferior la AFO.....	pág. 21
6. Discusión	pág. 22
7. Conclusión	pág. 25
8. Bibliografía	pág.26



ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

1. **Tabla I.** Tipos de parálisis cerebral según como afectan al control motor. Página 4.
2. **Tabla II.** Tipos de parálisis cerebral según la zona afectada. Página 5.
3. **Tabla III.** Resumen de los artículos seleccionados. Página 13.
4. **Tabla IV.** Patrón marcha hemipléjica espástica. Página 16.
5. **Tabla V.** Patrón marcha dipléjica espástica. Página 18.
6. **Figura 1.** Diagrama de flujo. Página 12.

1. RESUMEN

La parálisis cerebral infantil (PCI) es un trastorno neurológico que afecta el movimiento y la postura, resultando en limitaciones significativas en la movilidad y la calidad de vida de los niños afectados.

Objetivos: El estudio busca evaluar la mejora de la marcha en niños con PCI mediante el uso de una ortesis tobillo-pie.

Material y método: Se realizó una búsqueda exhaustiva en diversas bases de datos: PubMed, Scopus y Web of Science entre octubre de 2023 y enero de 2024, utilizando palabras clave (ortesis, pie, marcha, parálisis cerebral y niño). Además, se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión.

Resultados: Se encontró que las AFOs mejoran la función motora gruesa y la calidad de la marcha, aumentando la longitud de zancada. Se ha encontrado que reducen el coste de energía en la marcha y una disminución de la flexión plantar del tobillo. En términos cinemáticos, aumentaron la flexión dorsal de tobillo. La rigidez de la AFO principalmente afecta la cinemática del tobillo y la rodilla. En pacientes con equino, promueven una mayor flexión dorsal del tobillo en el contacto inicial, aunque pueden limitar el rango de movimiento de flexión del tobillo.

Conclusiones: El uso de ortesis tobillo-pie mejora la marcha en pacientes con parálisis cerebral, aumentando la estabilidad y la autonomía, siendo clave seleccionar adecuadamente el tipo y la rigidez para optimizar los resultados.

PALABRAS CLAVES: ortesis, pie, marcha, parálisis cerebral y niño.

ABSTRACT

Infantile cerebral palsy (CPI) is a neurological disorder that affects movement and posture, resulting in significant limitations in mobility and quality of life for affected children.

Objectives: The study seeks to evaluate the improvement of walking in children with PCI through the use of an ankle-foot orthosis.

Material and method: An exhaustive search was carried out in various databases: PubMed, Scopus and Web of Science between October 2023 and January 2024, using keywords (orthosis, foot, gait, cerebral palsy and child). In addition, the inclusion and exclusion criteria were applied.

Results: AFOs were found to improve gross motor function and gait quality by increasing stride length. They have been found to reduce the energy cost of walking and plantar flexion. In kinematic terms, they increased ankle dorsiflexion. The stiffness of the AFO mainly affects the kinematics of the ankle and knee. In equinus patients, they promote greater ankle dorsiflexion at initial contact, although they may limit ankle flexion range of motion.

Conclusions: The use of ankle-foot orthoses improves gait in patients with cerebral palsy, increasing stability and autonomy, being key to properly select the type and stiffness to optimize results.

KEYWORDS: gait, child, cerebral palsy, orthosis, foot.

2. INTRODUCCIÓN

La parálisis cerebral infantil (PCI) es una afección que se origina en el Sistema Nervioso Central (SNC), específicamente en la primera neurona o neurona motora superior. Esto significa que casi todos los niños con PCI, además de tener problemas de postura y movimiento, también experimentan otros trastornos asociados. Además, es la causa más común de discapacidad motora en la infancia (1).

Los diferentes tipos de PCI se pueden clasificar de dos maneras principales. Primero, según cómo afectan al control motor y a la coordinación del movimiento. Esto incluye aspectos como la calidad del movimiento, el tono muscular y la presencia de espasmos o rigidez (Tabla I). Segundo, según la zona anatómica afectada. Esta clasificación se basa en las partes del cuerpo que se ven impactadas, como las extremidades superiores, las extremidades inferiores o ambos lados del cuerpo (Tabla II). Estas clasificaciones ayudan a los profesionales sanitarios a identificar las necesidades específicas de cada niño y a diseñar planes de tratamiento personalizados.

TIPOS DE PARÁLISIS CEREBRAL SEGÚN COMO AFECTAN AL CONTROL MOTOR	
Espástica	Se caracteriza por rigidez muscular y movimientos involuntarios.
Discinesia	Se caracteriza por movimientos involuntarios y fluctuantes que pueden ser rápidos (corea) o lentos y sinuosos (atetosis).
Ataxia	Afecta el equilibrio y la coordinación.
Mixta	Combinación de los tipos mencionados anteriormente.
Información extraída de Banuet Martínez et al. (2).	

Tabla I. Tipos de parálisis cerebral según como afectan al control motor.

TIPOS DE PARÁLISIS CEREBRAL SEGÚN LA ZONA AFECTADA	
Diplejía	Los miembros inferiores están más afectados que los superiores.
Cuadriplejía	Afectación de los cuatro miembros del cuerpo (brazos y piernas).
Hemiplejía	Parálisis de un lado del cuerpo, ya sea el lado derecho o izquierdo.
Monoparesia	Pérdida parcial de movimiento o debilidad muscular en un miembro, ya sea un brazo o una pierna.
Triplejía	Debilidad parcial o parálisis en tres de las cuatro extremidades del cuerpo.
Información extraída de Banuet Martínez et al. (2).	

Tabla II. Tipos de parálisis cerebral según la zona afectada.

La PCI es un trastorno caracterizado por la dificultad de movimiento que presentan los pacientes, además de la falta de equilibrio y la dificultad para mantener la postura debido a que se basa en un trastorno de carácter motor que con frecuencia se diagnostica en la niñez.

La dificultad motora, en numerosos casos, es consecuencia de la espasticidad muscular en las extremidades inferiores, lo cual puede provocar una marcha en aducción y agachada. Esta condición incrementa el riesgo de caídas e impide mantener el equilibrio al caminar. Los niños con esta afección experimentan limitaciones tanto funcionales como locomotoras, derivadas de la espasticidad en los miembros inferiores. Esto resulta en un pie espástico, lo que les obliga a consumir más energía para caminar en comparación con los niños con desarrollo típico, dificultando su participación en las actividades diarias (3) (4).

Se debe tener en cuenta que además de afectar la función motora de los pacientes también afecta los sentidos, la cognición y el lenguaje, reduciendo la calidad de vida de los niños afectados.

Debe considerarse que la marcha es crucial en el desarrollo de los niños, tanto para aquellos que presentan un desarrollo convencional como para los niños que presentan PCI ya que caminar requiere una gran demanda del sistema musculoesquelético al igual que correr, lo cual son gestos presentes en la vida cotidiana.

Para ayudar en la marcha, existen diversos tipos de ortesis diseñadas según la zona anatómica que necesite apoyo, la revisión se ha centrado en el efecto de las ortesis tobillo-pie (AFO, por sus siglas en inglés *Ankle Foot Orthosis*) y su función en la marcha patológica debido a que son las más utilizadas. Estas son capaces de facilitar la marcha y la carrera debido a que reducen el gasto energético, la demanda muscular y el consumo de oxígeno fomentando una mayor calidad de vida y autosuficiencia por parte del paciente (5). La mejora de la capacidad para caminar se considera uno de los objetivos principales para permitir un estilo de vida más activo e independiente (6).

Dentro de lo que conocemos como AFO podemos encontrar distintos tipos como son:

- Ortesis de pie y tobillo largas o infrapoplíteas como las AFO rígidas, algunas de ellas son el Rancho de los amigos[®] y las AFOs articuladas en tobillo como la Velocity[®] LS.
- Ortesis de pie y tobillo cortas, 1/3 inferior de la pierna como la Bebax[®] o la Denis-Brown[®].
- AFO Estándar o prefabricadas articuladas o fijas como Trulife AFOs o las Walkers.
- AFO a medida como la DAFO cascade.
- AFO podiátricas con molde previo de la pierna/tobillo como la Richie Brace[®] (7).

Las AFO tienen múltiples funciones, incluyendo la descarga del segmento afectado para prevenir dolor en los tejidos debido a la presión excesiva, la inmovilización para evitar el movimiento del tobillo y estabilizar las estructuras, y actúan como ortesis dinámicas al suplir el movimiento muscular debilitado en pacientes con parálisis cerebral. Estas ortesis también afectan la cinemática y cinética de las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo en el plano sagital (8) (9).

Se han realizado comparaciones entre diferentes tipos de ortesis para evaluar su efecto en diversos parámetros de la marcha, como la velocidad, cadencia, consumo de energía y cinemática de las articulaciones del tobillo, rodilla y cadera, así como la función motora gruesa. El uso de ortesis puede mejorar la marcha, ya que proporcionan apoyo externo para mejorar la función y estructura del sistema musculoesquelético (7).

La función motora gruesa (GMFCS, por sus siglas en inglés) es un sistema que se basa en clasificar el movimiento que realizan los propios pacientes en cinco niveles, de modo que facilita la unificación de los criterios a la hora de evaluar la afectación motora.

Clasificación según los niveles

- Nivel 1: Movilidad sin restricciones.
- Nivel 2: Movilidad con limitaciones
- Nivel 3: Movilidad utilizando un dispositivo de ayuda manual (muletas o andador)
- Nivel 4: Movilidad limitada; en muchos casos se hace uso de dispositivos de movilidad motorizados (una silla de ruedas o un scooter eléctrico).
- Nivel 5: Movilidad con dependencia de una silla de ruedas manual o utiliza un dispositivo de movilidad motorizado con apoyo para la cabeza (10).

Después de ser investigadas en varios estudios para evaluar su efectividad, se ha observado que las AFOs proporcionan una mejora notable en pacientes con espasticidad debido a la parálisis cerebral (5) (10). No obstante, se han encontrado algunos informes que indican que solo alrededor del 10% de los pacientes experimentan mejoras, mientras que entre el 82% y el 85% no perciben ningún beneficio (11).

3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Hipótesis

Mediante la ortesis tobillo-pie hay una mejoría de los parámetros de la marcha en los pacientes que presentan parálisis cerebral infantil.

PREGUNTA PICO

- **P (Población/Problema):** La población son niños con parálisis cerebral.
- **I (Intervención):** Uso de ortesis durante la marcha en niños con parálisis cerebral.
- **C (Comparación):** El no uso de ortesis durante la marcha en niños con parálisis cerebral.
- **O (Outcome/Resultado):** Mejora de la función motora y la estabilidad como resultado del uso de ortesis durante la marcha en niños con parálisis cerebral.

Objetivos

El objetivo principal de este estudio es evaluar la mejora de la marcha en niños con PCI.

En cuanto a los objetivos secundarios son:

- Analizar la función de las ortesis tobillo-pie y su efectividad en pacientes con parálisis cerebral infantil.
- Identificar como las AFO modifican el patrón de la marcha anatómicamente.
- Examinar los distintos tipos de patrones de marcha en los sujetos con parálisis cerebral.
- Valorar el efecto de la rigidez de los materiales a las AFO.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

Para realizar este estudio se ha realizado una búsqueda bibliográfica en diversas bases de datos, teniendo en cuenta los criterios de inclusión y de exclusión.

Búsqueda del estudio

Para llegar a concluir si nuestra hipótesis es válida se ha realizado una revisión bibliográfica, la cual ha consistido en una búsqueda en las siguientes bases de datos:

- PubMed.
- Scopus.
- Web of Science.

Estrategia de la búsqueda

Se ha llevado a cabo una búsqueda en diversas bases biomédicas nombradas anteriormente haciendo uso de las palabras claves “orthosis” (ortesis), “gait” (marcha), “child brain paralysis” (parálisis cerebral infantil), “foot” (pie), “ankle” (tobillo).

La búsqueda fue realizada entre octubre de 2023 y enero de 2024.

Criterios de selección en el estudio

Criterios de inclusión:

Los artículos analizados cumplen los criterios de inclusión, para ello se tuvieron en cuenta:

- Artículos de estudios observacionales, ensayos clínicos, revisiones sistemáticas y metaanálisis.
- Artículos publicados tanto en inglés como en español.
- Artículos que estudiaran como actúan las AFO en la marcha en los pacientes con parálisis cerebral infantil.

Criterios de exclusión:

En cuanto a los criterios de exclusión se utilizaron los siguientes filtros:

- Artículos con una antigüedad máxima de 2013, es decir, con mayor antigüedad de 10 años.
- Que no fueran de acceso libre.

Selección de artículos:

- En la base de datos Web of Science.
 - En esta base de datos se efectuó la búsqueda utilizando las siguientes palabras clave: gait, child, cerebral palsy, orthosis, foot. Encontramos 178 resultados, al aplicar los criterios de inclusión encontramos 75 artículos.
- En la base de datos Scopus.
 - En esta base de datos se llevó a cabo la búsqueda con las siguientes palabras clave: gait, child, cerebral palsy, orthosis, foot encontramos 287 resultados, al añadir los criterios de inclusión encontramos 74 resultados.
- En la base de datos Pubmed.
 - En esta base de datos se hizo la búsqueda de las palabras clave: gait, child, cerebral palsy, orthosis, foot. Encontramos 33 resultados, al añadir los criterios de inclusión encontramos 16 artículos.

El método de búsqueda también podemos observarlo claramente en el diagrama de flujo (Figura 1.).

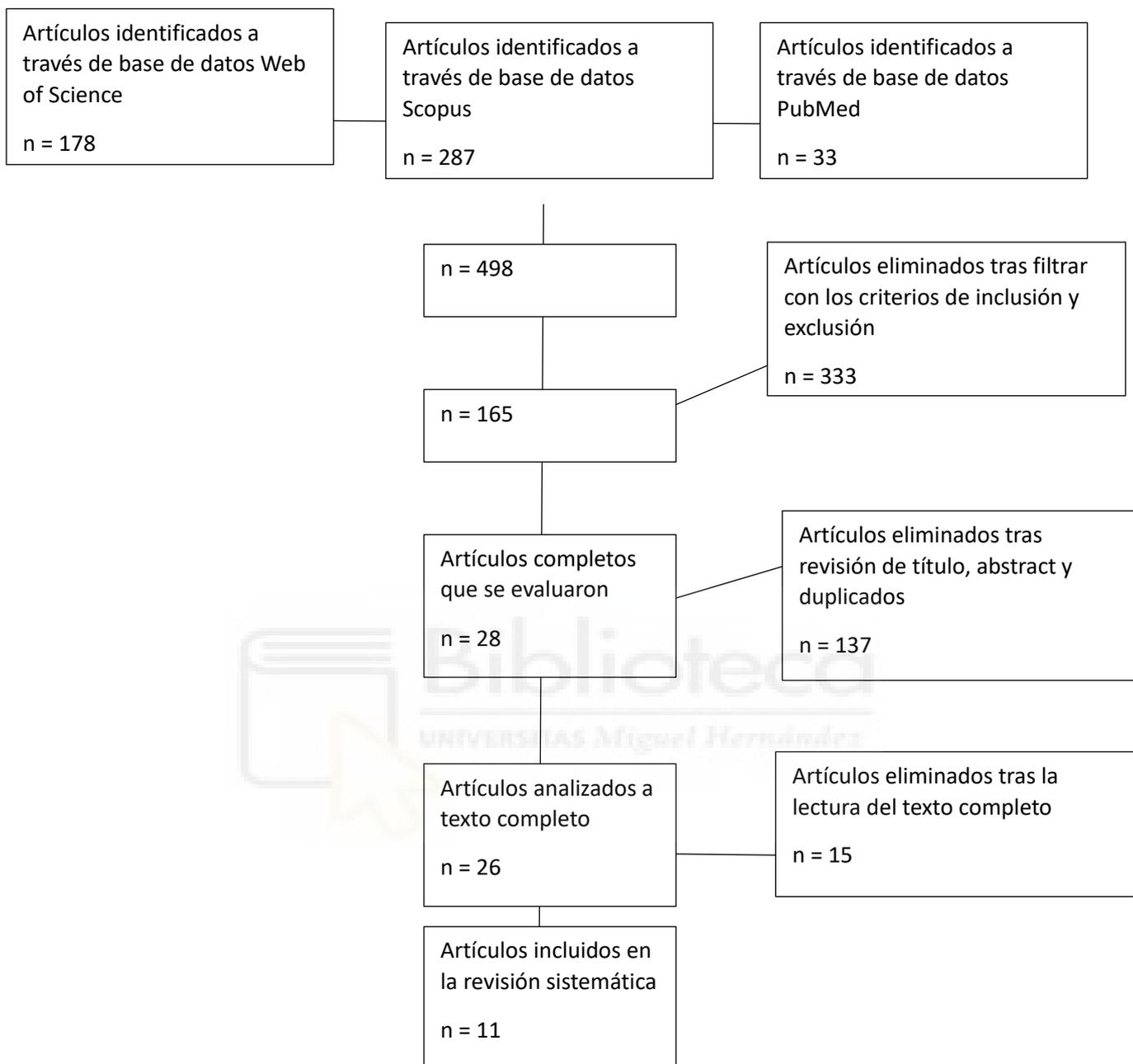


Figura 1. Diagrama de flujo de la búsqueda bibliográfica.

5. RESULTADOS

Para esta revisión bibliográfica, se realizó una búsqueda exhaustiva en PubMed, Scopus y Web of Science entre octubre de 2023 y enero de 2024. Se utilizaron palabras clave como ortesis, pie, marcha, parálisis cerebral y niño.

Tras la búsqueda bibliográfica encontramos 3 revisiones bibliográficas, 4 estudios observacionales, 3 estudios retrospectivos y 1 estudio de casos y controles.

Este proceso permitió obtener una muestra relevante y actualizada de la literatura científica, utilizada para el análisis y las conclusiones del estudio, como se muestra en la Tabla III.

AUTOR	TIPO DE ESTUDIO	NÚMERO DE MUESTRA	QUÉ EVALÚA	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Lintanf et al. (5)	Revisión bibliográfica	32 artículos, correspondientes a 56 en los cuales participaron 884 niños.	Estudio sobre cómo afecta la AFO sobre la marcha, el equilibrio, la función motora gruesa y las actividades diarias.	La AFO aumenta la longitud de zancada y la velocidad de la marcha. Disminuye la cadencia. La FMG mejoró.	Las AFO mejoran la velocidad de la marcha considerablemente y la función motora gruesa en menor medida.
Totaha et al. (12)	Revisión bibliográfica	25 artículos	Estudia cómo afecta la rigidez a las AFO	La mayor rigidez da como resultado una reducción de la flexión plantar máxima de tobillo, dorsiflexión y el rango de movimiento, aumento de FD en el apoyo inicial. En rodilla una mayor flexión en apoyo inicial y una disminución de	Dependiendo de la rigidez el efecto de una AFO puede variar, sin embargo, se necesitan muestras más grandes y diversas de población.

				extensión máxima y aumento de flexión. No afecto a la cadera.	
Camuncoli et al. (8)	Estudio observacional y transversal.	18 niños con hemiplejía espástica.	Observar si el uso de AFO mejora las actividades motoras como caminar o correr.	Reducen la cadencia y el tiempo de apoyo, aumenta la longitud de paso y zancada.	Cambio en los parámetros cinemáticos y cinéticos, a la posición del pie y redujo la potencia que genera y absorbe el tobillo.
Kerkum et al. (13)	Estudio observacional.	15 niños con parálisis cerebral espástica	Los efectos de la variación de la rigidez de AFO sobre la biomecánica y la eficacia en la marcha.	La velocidad de la marcha y el coste energético mejoraron.	La rigidez de la AFO maximiza la eficiencia de la marcha por su efecto sobre la cinemática y la cinética.
Vidal Ruiz et al. (14)	Revisión bibliográfica.	18 artículos.	Estudia cómo afecta la parálisis cerebral a la marcha.	Se comentan los distintos tipos de marcha que podemos encontrar.	La parálisis cerebral afecta al patrón de la marcha de acuerdo con la variante topográfica específica de la lesión.
Tsitlakidis et al. (10)	Estudio retrospectivo	89 pacientes.	Analiza la prevalencia de los patrones de la marcha, así como la relación con la GMFCS.	Se ha encontrado una modificación de la GMFCS en los pacientes con parálisis cerebral además de una marcha de rodilla.	Es necesario el uso combinado de varios métodos para clasificar correctamente los patrones de la marcha.

Ortiz Agurto et al. (15)	Estudio observacional y transversal.	79 pacientes.	Se utilizó la cinemática articular de cada paciente para clasificar los patrones de marcha.	En el grupo de hemiparesia espástica, en los niveles GMFCS I y II prevaleció el patrón de marcha Tipo 1. En el grupo de diparesia espástica, el nivel GMFCS I no presentó patrón prevalente, en el nivel GMFCS II predominó el patrón equino aparente. En el nivel GMFCS III prevalecieron en igual proporción los patrones marcha agazapada y marcha en salto.	Los patrones de marcha de los pacientes analizados variaron en los diferentes niveles de compromiso motor y no siempre pudieron ser clasificados.
Hassani et al. (16)	Estudio observacional.	16 niños	Se estudio el empleo de movimiento cuantitativo en el análisis del mmii para observar la rehabilitación con ortesis.	Se encontraron mejoras en cuando a la dorsiflexión máxima de tobillo y la flexión máxima en la oscilación de la rodilla, en la postura de la cadera y la flexión plantar máxima del tobillo.	Mejora de las medidas cinemáticas y cinéticas.
Danino et al. (9)	Estudio retrospectivo	97 niños con parálisis cerebral espástica	Estudio de la marcha tanto descalzos como con la ortesis	Las AFO mejoran la marcha según los parámetros temporales, pero aumentaron la rotación interna de los	Los niños con PCI dipléjica que usan AFO camina con FPA internos aumentados.

				pies en el caso de la diplejía.	
Rosenberg et al. (3)	Casos y controles	3 niños con desarrollo típico y nueve con parálisis cerebral dipléjica y marcha agachada.	Estudio de las AFO pasivas y motorizadas en la demanda muscular.	Reducción de la demanda muscular con el uso de una AFO motorizada.	Hay una reducción de la demanda muscular tanto de los músculos flexores del tobillo como de los gastrocnemios.
White et al. (11)	Estudio retrospectivo	124 niños.	Analizar si hay cambios significativos en la función motora gruesa con el uso de las AFO.	Los sujetos presentaron un aumento de la longitud de la zancada y la marcha. Sin embargo, se observó una disminución de la cadencia.	Las AFO mejoraron la función motora gruesa.

Tabla III. Resumen de los artículos seleccionados.

5.1. Patrones de la marcha en la parálisis cerebral.

Patrones en la marcha hemipléjica espástica (Tabla IV)

Estos patrones de marcha se pueden clasificar en varios tipos, cada uno con características y tratamientos específicos:

- Tipo 1. Consiste en la flexión plantar del tobillo debido a la hipotonía del tibial anterior, extensor común de los dedos y extensor del hallux, es conocida como pie caído. Se trata mediante fisioterapia y uso de ortesis tobillo-pie.
- Tipo 2A. Espasticidad provocada por el acortamiento del tríceps sural y/o del tibial posterior, con una rodilla rígida y la cadera en extensión, llamado pie equino (14).
- Tipo 2B. A diferencia del anterior presenta una rodilla en hiperextensión junto con recurvatum. El tratamiento puede incluir el uso de toxina botulínica en los músculos

espásticos, fisioterapia, órtesis tipo AFO y en algunos casos el alargamiento quirúrgico del tendón aquileano y otras tenotomías (15).

- Tipo 3. Pie en equino, rodilla en recurvatum y espasticidad y contractura del tríceps sural. El manejo consiste en el uso de toxina botulínica, transferencia del recto femoral al vientre del gracilis o del semitendinoso tenotomías, alargamiento quirúrgico de tendón aquiliano, terapia física y órtesis tipo AFO (14).
- Tipo 4. La cadera está en flexión, aducción y rotación interna, la rodilla flexionada y el pie en equino. El tratamiento incluye uso de toxina botulínica, cirugía como los alargamientos tendinosos, transposiciones musculares, fisioterapia y uso de órtesis tipo AFO (15).

Tipo	Características	Tratamiento
1	<ul style="list-style-type: none"> • Flexión plantar del tobillo, hipotonía del tibial anterior. 	Fisioterapia, ortesis tobillo-pie.
2 A	<ul style="list-style-type: none"> • Cadera y rodilla en extensión normal. • Espasticidad. • Acortamiento del tríceps sural y/o tibial posterior. • Pie equino. 	Fisioterapia, ortesis tobillo-pie.
2 B	<ul style="list-style-type: none"> • Cadera en extensión normal. • Espasticidad. • Acortamiento del tríceps sural y/o tibial posterior. • Rodilla en hiperextensión y recurvatum. • Pie equino. 	Toxina botulínica, fisioterapia, ortesis tipo AFO, alargamiento quirúrgico del tendón aquiliano.

3	<ul style="list-style-type: none"> • Cadera en flexión. • Rodilla en recurvatum y disminuida. • Pie en equino. 	Toxina botulínica, transferencia del recto femoral, tenotomías, alargamiento quirúrgico, fisioterapia, ortesis tipo AFO.
4	<ul style="list-style-type: none"> • Pelvis en retracción/anteversión. • Cadera en flexión, aducción y rotación interna. • Rodilla rígida en flexión. • Pie equino. 	Toxina botulínica, cirugía multinivel (alargamientos tendinosos, transposiciones musculares), fisioterapia, ortesis tipo AFO.
Información obtenida de Ortiz Agurto et al. (15) y Vidal Ruiz et al. (14)		

Tabla IV. Patrón marcha hemipléjica espástica.

Patrones en la marcha dipléjica espástica (Tabla V).

La dipléjica espástica es una forma de parálisis cerebral que afecta principalmente a los miembros inferiores, causando diversos patrones de marcha anormales. Estos patrones son el resultado de la espasticidad muscular y la contractura, y pueden variar significativamente entre los individuos.

A continuación, se describen los principales patrones de marcha en la dipléjica espástica:

- **Marcha con pie equino:** Se caracteriza por la espasticidad en los músculos gastrocnemios y soleos, lo que lleva a caminar sobre las puntas de los pies. La rodilla puede estar totalmente extendida o en recurvatum. El tratamiento quirúrgico específico incluye tenotomía de gastrocnemio o aquiliano, entre otras intervenciones (15).
- **Marcha en salto:** En este patrón, los pies están en posición equina, con cadera y rodillas flexionadas, primer pico de flexión de la rodilla en el apoyo $>30^\circ$ seguido de una mínima flexión en el apoyo unilateral de $10-20^\circ$ (10). El tobillo inicia la fase de apoyo en equino, y tanto la rodilla como la cadera experimentan flexión excesiva sin llegar a extenderse por completo durante el ciclo de la marcha. La pelvis puede estar en una posición normal o en anteversión. Este patrón es causado por espasticidad en los isquiotibiales y flexores de cadera y rodilla (15).

- Marcha en equino aparente: El tobillo tiene una posición normal, pero el talón no toca el suelo. La pelvis se encuentra en posición neutra o en anteversión. Y la cadera y la rodilla en una flexión excesiva.
- Marcha agachada o agazapada: Se caracteriza por una gran dorsiflexión del tobillo, flexión de rodillas y cadera. Encontramos un déficit para la extensión de la rodilla $>30^\circ$ en el apoyo medio (15). La pelvis puede estar dentro del rango normal o con retroversión.
- Marcha asimétrica: Puede presentarse un patrón de marcha diferente en cada miembro inferior (15).

Patrón de marcha	Características
Marcha con pie equino	<ul style="list-style-type: none"> - Cadera en extensión. - Recurvatum de rodilla. - Deambulación sobre las puntas de los pies.
Marcha en salto	<ul style="list-style-type: none"> - Pelvis normal o en anteversión. - Cadera y rodillas en flexión. - Pies en equino.
Marcha en equino aparente	<ul style="list-style-type: none"> - Pelvis normal o en anteversión. - Cadera y rodilla en flexión. - Tobillo normal.
Marcha agachada o agazapada	<ul style="list-style-type: none"> - Pelvis normal o en retroversión. - Cadera y rodillas en flexión. - Tobillo en flexión dorsal.
Marcha asimétrica	<ul style="list-style-type: none"> - Diferentes patrones dependiendo del miembro.
Información obtenida de Ortiz Agurto et al. (15) y Tsitlakidis et al. (10)	

Tabla V. Patrón marcha dipléjica espástica.

5.2. Efectividad de las Ortesis Tobillo-pie en pacientes con Parálisis Cerebral Infantil

Tras evaluar el uso de las ortesis pie-tobillo con bisagras o sólidas se descubrió que presentaban mejoría con respecto a la función motora gruesa y la calidad de la marcha. Además, el 77% de los pacientes demostraron una mayor longitud de zancada según White et al. (11).

5.2.1. Cambios en la cinemática de la marcha.

En lo que respecta a los datos cinemáticos no se han encontrado diferencias significativas entre caminar con una AFO y caminar descalzo en la rotación de la pelvis ni en la de la cadera o rodilla (9).

Se han encontrado diferencias significativas en la flexión dorsal de tobillo debido a que en los pacientes con equino el uso de las AFOs aumenta la FD en la fase de contacto inicial, en la flexión de tobillo, en la flexión máxima de rodilla y de la cadera durante la oscilación (16).

Además, encontramos una disminución de la actividad muscular del tibial anterior en el contacto inicial usando la ortesis. También disminuyó el consumo de oxígeno en niños con parálisis cerebral bilateral. Sin embargo, se ha encontrado una reducción de la cadencia en los pacientes hemipléjicos y un aumento del ángulo flexión plantar y mayor anteversión femoral en los sujetos dipléjicos (9) (5).

La articulación más afectada por las AFO es el tobillo, debido a que durante la marcha y la carrera se ve fuertemente afectada. Es posible observar una reducción tanto en el ángulo de la flexión plantar durante la fase de balanceo como en la absorción y la generación de energía en comparación con la condición descalzo (8). Con respecto al equino causado en multitud de casos por la parálisis cerebral la AFO es eficaz debido a que mejora el contacto inicial.

Además, se considera beneficioso incorporar rehabilitación de modo que se pueda llegar a fomentar el paso reactivo en la extremidad afectada mientras se hace uso de la AFO debido a que de este modo se combate la desgana causada por el paciente (17).

5.2.2. Cambios en los datos temporales

Se ha encontrado un aumento en la velocidad de los sujetos, acompañado por un incremento en la longitud del paso y de la zancada. Estos cambios indican una mejora en la eficiencia y en la dinámica de la marcha de los pacientes. Estudios previos han documentado estos hallazgos, mostrando que la intervención adecuada puede llevar a mejoras notables en estos parámetros (5).

Estos beneficios se han registrado tanto en pacientes con dipléjica espástica como en aquellos con hemiplejía espástica, sugiriendo que la ortesis pie-tobillo es una herramienta efectiva para mejorar la movilidad en diversas manifestaciones de la parálisis cerebral (8). Esta mejora de la función de la marcha con el uso de ortesis puede ser atribuida a la estabilización del tobillo y la corrección de las desviaciones biomecánicas, lo que permite una marcha más natural y eficiente.

5.2.3. Rigidez de la AFO

En cuanto a la rigidez de la AFO la literatura sugiere que esta característica principalmente afecta la cinemática de la articulación del tobillo y rodilla. Concretamente, una AFO rígida limita la flexión dorsal y plantar, reduciendo así el rango de movimiento de estas articulaciones. Las ortesis rígidas se recetan comúnmente para contrarrestar la flexión excesiva de la rodilla durante la fase de postura de la marcha (13). La flexión dorsal contrarresta las consecuencias del pie equino por espasticidad, y promueve un contacto inicial con el talón. Sin embargo, una AFO demasiado rígida puede llegar a causar una rotación hacia delante de la tibia en el contacto inicial, lo que podría afectar negativamente a la biomecánica de la marcha (12).

Pese a estas observaciones, no se ha encontrado evidencia de que la rigidez de la AFO afecte a la cadera ni a la velocidad de la marcha, lo que sugiere que los efectos de la rigidez se concentran principalmente en las articulaciones del tobillo y la rodilla.

5.3. Como afecta a la posición de las articulaciones del miembro inferior la AFO.

En pacientes con equino, el uso de AFO promueve una mayor flexión dorsal del tobillo en la fase inicial de contacto, pero puede disminuir el rango de movimiento de flexión del tobillo. Además, mejora la flexión máxima de la rodilla durante la oscilación y la flexión máxima de la cadera durante la oscilación (5).



6. DISCUSIÓN

El tratamiento de la parálisis cerebral (PC) implica un estudio exhaustivo de los patrones de marcha y la función motora gruesa, así como el uso adecuado de ortesis para mejorar la movilidad y la calidad de vida de los pacientes. Durante la investigación se exponen los diferentes patrones de marcha observados en la PC, al igual que se presenta como modifican las AFOs la marcha en los sujetos.

El empleo de ortesis de tobillo-pie en niños con parálisis cerebral mejora la eficiencia de su marcha al favorecer un aumento en el ángulo de dorsiflexión. Este aumento facilita zancadas más amplias y un patrón de marcha más eficaz. También se debe tener en cuenta que aumentaron la velocidad de la marcha, la longitud de paso y la de la zancada tanto en pacientes dipléjicos como hemipléjicos (9)(11) (8).

La efectividad de las ortesis tobillo-pie varía dependiendo del tipo y diseño de la ortesis utilizada, así como de la severidad y características específicas de la PC en cada paciente.

Las ortesis juegan un papel relevante en el tratamiento de la PC al proporcionar soporte, corrección y estabilización de las articulaciones afectadas. Se ha advertido que las ortesis tobillo-pie son especialmente efectivas en mejorar la función motora gruesa y la calidad de la marcha en pacientes con PC (5)(11). Sin embargo, es importante tener en cuenta que no todos los pacientes responden de la misma manera al tratamiento con ortesis, y pueden existir diferencias significativas en los resultados entre los individuos.

Se debe tener en cuenta la marcha que presenta el paciente antes de seleccionar el tipo de AFO. En cuanto a la marcha hemipléjica espástica podemos encontrar cuatro patrones diferentes: el tipo 1 con flexión plantar de tobillo por hipotonía del tibial anterior; el tipo 2A por espasticidad del tríceps sural y/o tibial posterior; tipo 2 B la cual añade la hiperextensión y el recurvatum de rodilla; el tipo 3 con pie en equino, rodilla en recurvatum y espasticidad del tríceps sural; y el tipo 4 con la cadera en flexión, aducción y rotación interna, en cuanto a la cadera observamos una flexión excesiva y el pie en equino (14)(15).

En el caso de presentar una marcha dipléjica espástica se pueden identificar diversos patrones como son la marcha con pie equino, la cual tiene como principal característica la espasticidad de los músculos gastrocnemio y soleo; la marcha en salto donde podemos encontrar un equino debido a la espasticidad; la marcha en equino aparente en la cual el talón no llega a contactar con el suelo y observamos una excesiva flexión tanto de rodilla como de cadera; la marcha agachada en la cual observamos una flexión dorsal excesiva de tobillo, y flexión tanto de cadera como de rodilla e incluso en algunos casos encontramos una marcha asimétrica que consiste que cada miembro inferior presenta un patrón distinto. (10)(15)(14)

El uso de las AFOs presenta un impacto en la posición de diversas articulaciones del miembro inferior. Con relación a la articulación de tobillo las AFOs fomentan la flexión dorsal de modo que corrige la flexión plantar creando un soporte estructural. Esto es fundamental en la fase de contacto inicial para presentar un mejor apoyo del pie, el inconveniente es la reducción del rango de movimiento.(16)

Con respecto a la articulación de la rodilla observamos una mayor seguridad y control durante la marcha evitando una flexión excesiva. En cuanto a la articulación de la cadera también localizamos una mayor estabilidad gracias a la alineación con la rodilla y el pie permitiendo una flexión máxima de cadera durante la fase de oscilación (5) (16).

Con respecto al efecto que produce la rigidez de los materiales en la fabricación y uso de las AFO, es fundamental tener en cuenta que dicha característica influye en la cinemática de la articulación tanto del tobillo como de la rodilla. Debido a que las AFOs rígidas están diseñadas para crear una limitación tanto de la flexión dorsal como de la plantar del tobillo, generando una disminución del rango de movimiento. Gracias a esta limitación se produce una estabilidad en la marcha de modo que los pacientes que presentan parálisis cerebral puedan caminar evitando las caídas (13).

Además, encontramos un gran beneficio al aumentar la rigidez de la AFO con respecto a la capacidad que presenta para generar una flexión dorsal correcta. Las AFO rígidas son de gran

importancia también en la estabilidad de la rodilla para evitar una excesiva flexión de esta, ya que generalmente disminuye con el aumento de la rigidez (12).

En cuanto a las limitaciones del estudio es posible que se hayan omitido artículos debido a que solamente se seleccionaron los de origen español e inglés. En general, ha sido difícil realizar comparaciones entre los estudios debido a que no hay especificación de los materiales con los cuales se realiza la AFO ni de sus características ya que en la mayoría no especifican el tipo de ortesis.

Se debería de fomentar el uso de sistemas avanzados para la evaluación de la marcha de modo que se puedan comparar los resultados de la misma forma entre estudios.



7. CONCLUSIÓN

La hipótesis que sostiene que el uso de la ortesis tobillo-pie produce una mejora en los parámetros de la marcha en pacientes con parálisis cerebral infantil se considera correcta. Se plantea que la aplicación de la ortesis tobillo-pie contribuye a la estabilización y alineación del pie y el tobillo durante la marcha, lo que mejora la movilidad y eficiencia en el desplazamiento. Esta intervención terapéutica resulta valiosa en el tratamiento y rehabilitación, mejorando la calidad de vida al proporcionar mayor independencia y capacidad de movimiento a los pacientes.

Por lo que las AFOs son imprescindibles en el tratamiento de la parálisis cerebral ya que mejoran la eficiencia de la marcha aumentando la flexión dorsal de tobillo de los sujetos, proporcionando una mayor estabilidad sobre la articulación al caminar de forma que mejora la calidad de vida y la independencia de estos. También se debe tener en cuenta que aumentaron la velocidad de la marcha, la longitud de paso y la de la zancada.

La selección de la ortesis depende del tipo de patrón que presenta el sujeto y de la severidad de la parálisis cerebral ya que podemos encontrar variaciones notables entre la marcha hemipléjica y la dipléjica espástica.

Al igual que se debe tener en cuenta el tipo de patrón también se debe valorar la rigidez que va a presentar la AFO, debido a que cuanto mayor es la rigidez más va a influir en la cinemática de la articulación de tobillo y rodilla, mejorando la estabilidad durante la marcha y evitando de esta forma las caídas.

En conclusión, las ortesis tobillo-pie mejoran la marcha en pacientes con parálisis cerebral, aumentando estabilidad y autonomía. Además, se debe tener en cuenta la selección precisa de la ortesis ya que es esencial para optimizar los resultados.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Gómez-López S, Hugo Jaimes V, Margarita Palencia Gutiérrez C, Hernández M, Guerrero A. Parálisis cerebral infantil. Arch Venez Pueric Pediatr [Internet]. 2023 [citado 22 de mayo de 2024];76(1):30-9. Disponible en: <https://ve.scielo.org/pdf/avpp/v76n1/art08.pdf>
2. Banuet Martínez T. Escalada terapéutica como intervención en rehabilitación de marcha en niños y niñas con parálisis cerebral [Internet]. [Barcelona]: Universidad Autónoma de Barcelona; 2019. Disponible en: <https://siidon.guttmann.com/es/registro/escalada-terapeutica-como-intervencion-rehabilitacion-marcha-ninos-ninas-paralisis-cerebral>
3. Rosenberg M, Steele KM. Simulated impacts of ankle foot orthoses on muscle demand and recruitment in typically developing children and children with cerebral palsy and crouch gait. PLoS One [Internet]. 1 de julio de 2017 [citado 22 de mayo de 2024];12(7). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28704464/>
4. Chang WD, Chang NJ, Lin HY, Lai PT. Changes of plantar pressure and gait parameters in children with mild cerebral palsy who used a customized external strap orthosis: A crossover study. Biomed Res Int [Internet]. 2015 [citado 22 de mayo de 2024];2015. Disponible en: <https://pubmed-ncbi-nlm-nih-gov.translate.google/26640796/>
5. Lintanf M, Bourseul JS, Houx L, Lempereur M, Brochard S, Pons C. Effect of ankle-foot orthoses on gait, balance and gross motor function in children with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis [Internet]. Clinical Rehabilitation. 2018 [citado 22 de mayo de 2024]; 32: 1175-88. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29714066/#:~:text=Conclusion%3A%20In%20children%20with%20spastic,effect%20on%20gross%20motor%20function.>
6. Bayón C, Hoorn M van, Barrientos A, Rocon E, Trost JP, Asseldonk EHF van. Perspectives on ankle-foot technology for improving gait performance of children with Cerebral Palsy in daily-life: requirements, needs and wishes. J Neuroeng Rehabil [Internet]. 1 de diciembre de 2023 [citado 22 de mayo de 2024];20(1). Disponible en: <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12984-023-01162-3>
7. Cortés Barragán JM. Definiciones terminología y clasificación. Revista Española de Podología [Internet]. 2012 [citado 22 de mayo de 2024]; XXIII (5) :184-94. Disponible en: <https://www.revesppod.com/Documentos/ArticulosNew/X0210123812502815-2.pdf>
8. Camuncoi F, Barbonetti A, Piccinini L, Di Stanislao E, Corbetta C, Dell'Orto G, et al. Analysis of Running Gait in Children with Cerebral Palsy: Barefoot vs. a New Ankle Foot Orthosis. Int J Environ Res Public Health [Internet]. 1 de noviembre de 2022 [citado 22 de mayo de 2024];19(21). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9654245/#:~:text=Wearing%20the%20orthoses%2C%20the%20children%20were%20found%20to%20increase%20step,an%20increase%20of%20swing%20phase.>
9. Danino B, Erel S, Kfir M, Khamis S, Batt R, Hemo Y, et al. Influence of orthosis on the foot progression angle in children with spastic cerebral palsy. Gait Posture [Internet]. 1 de octubre de 2015 [citado 22 de mayo de 2024];42(4):518-22. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26371829/>

10. Tsitlakidis S, Horsch A, Schaefer F, Westhauser F, Goetze M, Hagmann S, et al. Gait classification in unilateral cerebral palsy. *J Clin Med* [Internet]. 1 de octubre de 2019 [citado 22 de mayo de 2024];8(10). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31614496/>
11. White H, Barney B, Augsburger S, Miller E, Iwinski H. AFOs Improve Stride Length and Gait Velocity but Not Motor Function for Most with Mild Cerebral Palsy. *Sensors* [Internet]. 1 de enero de 2023 [citado 22 de mayo de 2024];23(2). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36679366/>
12. Totaha D, Menon M, Jones-Hershinow C, Barton K, Gates DH. The impact of ankle-foot orthosis stiffness on gait: A systematic literature review [Internet]. *Gait and Posture*. Elsevier B.V.; 2019 [citado 22 de mayo de 2024];69:101-11. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30708092/>
13. Kerkum YL, Buizer AI, Van Den Noort JC, Becher JG, Harlaar J, Brehm MA. The effects of varying ankle foot orthosis stiffness on gait in children with spastic cerebral palsy who walk with excessive knee flexion. *PLoS One* [Internet]. 1 de noviembre de 2015 [citado 22 de mayo de 2024];10(11). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26600039/>
14. Vidal Ruiz CA, Calzada Vázquez Vela C, Morales Pirela MG, Iturbide Siles P. Tratamiento en pacientes con parálisis cerebral infantil de acuerdo con el análisis clínico de la marcha y la postura. *Revista Mexicana de ortopedia pediátrica* [Internet]. 2016;18:46-50. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/opediatria>
15. Agurto NO, Arosemena Miranda E, Barakat VR, Guerrero IR. Patrones de marcha en pacientes con parálisis cerebral según su función motora gruesa Gait patterns in patients with cerebral palsy according to their gross motor function. *Rev Col Med Fis Rehab* [Internet]. 2021 [citado 22 de mayo de 2024];31(2):109-19. Disponible en: <https://revistacmfr.org/index.php/rcmfr/article/view/302>
16. S. Hassani, J. Roh, M. Ferdjallah, K. Reiners, K. Kuo, P. Smith, et al. Rehabilitative orthotics evaluation in children with diplegic cerebral palsy kinematics and kinetics. *Proceedings of the 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS* [Internet]. [citado 22 de mayo de 2024]; Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17271404/>
17. Twohy KE, Jackson K, Kinney A, Bigelow KE. Impact of an ankle foot orthosis on reactive stepping in young adults. *Gait Posture* [Internet]. 1 de mayo de 2021 [citado 22 de mayo de 2024];86:58-63. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33684616/>