

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**PROPUESTA DE MANUAL PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA  
PRESCRIPCIÓN DE ORTESIS PARA TOBILLO-PIE, PARA LA MARCHA DE  
LOS NIÑOS CON PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL.**

Tesis sometida a la consideración de la comisión del Programa de Estudios de Posgrado en  
Medicina Física y Rehabilitación para optar al grado y título de Médico Especialista en Medicina  
Física y Rehabilitación

**DRA. RAISA ZUWOLINSKY ELGUERA**

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2020

## Dedicatoria y agradecimientos

Le agradezco a Dios y al Universo por dejarme tomar todos los caminos que me llevaron adonde estoy hoy. Le dedico la tesis a mi papá y mi mamá, les agradezco por siempre buscar lo mejor para mí, por hacerme fuerte y por siempre apoyarme en todas mis decisiones. Gracias a mi esposo por acompañarme desde el primer día, y ser un gran empuje para seguir adelante. Gracias a mis hermanos por alentarme y ayudarme incondicionalmente siempre. Y gracias a mis profesores por instruirme y corregirme; y a todos los pacientes que me enseñaron verdaderamente la manera de ayudarles como fisiatra, y que me dejaron ser parte de su rehabilitación.

Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Medicina Física y Rehabilitación de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Médico Especialista en Medicina Física y Rehabilitación

Dra. Laura Cordero Molina  
Médico Especialista en Medicina Física y Rehabilitación  
Profesora Guía

Dra. Laura Cordero Molina  
Médico Especialista en Medicina Física y Rehabilitación  
Coordinadora del Programa de Posgrado en Medicina Física y Rehabilitación

Dra. Raisa Zuwolinsky Elguera  
Sustentante

## Tabla de contenidos

<b>Resumen.....</b>	<b>vii</b>
<b>Lista de tablas.....</b>	<b>viii</b>
<b>Lista de figuras.....</b>	<b>ix</b>
<b>Lista de Abreviaturas .....</b>	<b>xi</b>
<b>Lista de apéndices.....</b>	<b>xii</b>
<b>Justificación .....</b>	<b>1</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>2</b>
<b>Metodología .....</b>	<b>2</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>3</b>
<i>Clasificación internacional del funcionamiento, discapacidad y salud .....</i>	<i>4</i>
<i>Clasificación de las deficiencias .....</i>	<i>5</i>
Anormalidades motoras .....	5
<i>Clasificación según la distribución topográfica .....</i>	<i>6</i>
<i>Clasificación para las limitaciones en actividad.....</i>	<i>7</i>
Sistema de clasificación de la Función Motora Gruesa.....	7
Escala de movilidad funcional (Functional Mobility Scale) .....	8
<b>Perspectiva histórica de las ortesis.....</b>	<b>10</b>
<b>Capítulo 1. Biomecánica y el ciclo de la marcha.....</b>	<b>12</b>
<i>Marcha .....</i>	<i>12</i>
<i>Fases de la marcha .....</i>	<i>15</i>
<i>Disfunción de marcha en PCI .....</i>	<i>19</i>
<i>Enfermedad de brazo de palanca .....</i>	<i>20</i>
<i>El acople plantarflexión-extensión de rodilla.....</i>	<i>21</i>
<b>Capítulo 2. Patrones múltiples articulares para describir la marcha en los niños con Parálisis Cerebral .....</b>	<b>25</b>
<i>Genu recurvatum .....</i>	<i>26</i>
<i>Pie caído .....</i>	<i>27</i>
<i>Equino verdadero.....</i>	<i>28</i>
<b><i>Marcha saltarina.....</i></b>	<b><i>28</i></b>
<i>Equino aparente .....</i>	<i>29</i>
<i>Marcha agazapada.....</i>	<i>29</i>
<b>Capítulo 3. Ortésica .....</b>	<b>31</b>

<b>A.</b>	<b><i>Selección del material</i></b> .....	<b>32</b>
<b>B.</b>	<b><i>Selección de los componentes</i></b> .....	<b>33</b>
<b>C.</b>	<b><i>Ortesis prefabricadas y personalizadas</i></b> .....	<b>33</b>
<b>D.</b>	<b><i>Elementos y líneas de corte para el soporte estructural</i></b> .....	<b>34</b>
<b>E.</b>	<b><i>El diseño</i></b> .....	<b>36</b>
	Ortesis University of California Biomechanics Lab -UCBL.....	36
	Ortesis supramaleolar .....	37
	Ortesis de hoja posterior o resortada .....	38
	Ortesis articuladas.....	40
	Ortesis sólida.....	42
	Ortesis de reacción al suelo (ORS).....	44
<b>F.</b>	<b><i>El proceso de confección ortésico</i></b> .....	<b>46</b>
<b>G.</b>	<b><i>El afinamiento</i></b> .....	<b>49</b>
<b>Capítulo 4. Prescripción de ortesis</b> .....		<b>56</b>
	<i>Diferentes procesos para utilizar en la prescripción de ortesis</i> .....	62
	A. Algoritmo de Elaine Owen.....	62
	B. Algoritmo de Nicholas LeCursi .....	63
	C. Guía derivada de la revisión bibliográfica realizada .....	63
<b>Conclusiones</b> .....		<b>67</b>
<b>Recomendaciones</b> .....		<b>68</b>
<b>Bibliografía</b> .....		<b>69</b>
<b>Apéndice A. Escala Modificada de Ashworth para la medición del tono muscular. Traducción de la versión publicada en el libro Measuring Walking: A Handbook of Clinical Gait Analysis, Richard Baker, 2013.</b> .....		<b>71</b>
<b>Apéndice B. Graduación de la fuerza muscular según el Medical Research Council. Traducción de la versión publicada en el libro Measuring Walking: A Handbook of Clinical Gait Analysis, Richard Baker, 2013.</b> .....		<b>72</b>
<b>Apéndice C. Clasificación de la Función Motora Gruesa Extendida y Revisada, traducida al español por el Servicio de Parálisis Cerebral y Estimulación temprana del Instituto Nacional de Rehabilitación de México.</b> .....		<b>73</b>
<b>Apéndice D. Escala de Movilidad Funcional FMS, desarrollada por The Royal Childrens Hospital, Melbourne, Australia.</b> .....		<b>78</b>
<b>Apéndice E. Algoritmo para el diseño y afinamiento de la combinación ortesis tobillo-pie con el zapato basado en la cinemática del segmento tibial, propuesto por Elaine Owen en el artículo The importance of being earnest about shank and thigh kinematics especially when using ankle-foot orthoses.</b> .....		<b>80</b>
<b>Apéndice F. Algoritmo para la prescripción ortésica propuesto por Nicholas LeCursi.</b> .....		<b>81</b>
<b>Apéndice G. Cuadro resumen de las características de los distintos patrones múltiples articulares y el diseño de ortesis tobillo-pie correspondiente para cada caso identificados en este trabajo de revisión</b> .....		<b>83</b>

**Apéndice H. Distintos diseños de ortesis tobillo-pie, características, indicación según hallazgos en el examen físico, contraindicaciones y recomendaciones en la elaboración de la indicación identificados en este trabajo de revisión..... 84**

**Apéndice I. Flujograma utilizando el Foot Posture Index para anotar las recomendaciones de elementos de soporte estructural en la elaboración de la indicación de la ortesis tobillo-pie. .... 86**

**Apéndice J. Algoritmo para la prescripción ortésica elaborado con base en este trabajo de revisión..... 87**

## Resumen

La intención de este trabajo de revisión es actualizar los conocimientos en cuanto a la variedad de ortesis para tobillo y pie existentes en la actualidad, que se utilizan para optimizar la marcha en niños con Parálisis Cerebral. Se abarcará dentro de la revisión, cuáles opciones de ortesis tobillo-pie son indicadas con mayor frecuencia, en qué tipo de alteración de la marcha se prescriben y se justificará su indicación según evidencia científica. La finalidad del trabajo es generar una guía fundamentada en la bibliografía para la prescripción de ortesis en estos niños, aplicable dentro del Sistema de Seguridad Social de Costa Rica, y así optimizar el acceso a las ortesis adecuadas para esta población, potenciando su desarrollo psicomotor, mejorando su participación e independencia, y así su calidad de vida.

## Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> Un niño con máxima independencia, con un puntaje FMS 6-6-6.	Página 9
<b>Tabla 2.</b> Un niño con dependencia total de su silla de ruedas para trasladarse tiene un puntaje FMS 1-1-1.	Página 9
<b>Tabla 3.</b> Un niño con un puntaje FMS 5-3-1	Página 10
<b>Tabla 4.</b> Los 6 factores en el examen del pie que examina el Foot Posture Index	Página 58



## Lista de figuras

- Figura 1.** Representación del sistema de palancas. La mayor masa del árbol ( $M$ ) multiplicada por la menor distancia ( $D$ ), crea un momento alrededor del fulcro equivalente al creado por la masa de la maceta ( $m$ ) multiplicado por su brazo de palanca más largo. Página 14
- Figura 2.** Fases de la marcha, prerequisites de la marcha y mecedoras del pie y el tobillo. Página 16
- Figura 3.** El acople plantarflexión-extensión de rodilla: en el apoyo medio el sóleo (puntos rojos) resiste la dorsiflexión del tobillo y enlentece el avance de la tibia, manteniendo la FRS (fuerza de reacción al suelo) frente a la rodilla. Página 21
- Figura 4.** Patrones múltiples articulares con consenso. Página 26
- Figura 5.** Líneas de corte y elementos de soporte en las ortesis tobillo-pie. Página 35
- Figura 6.** Ortesis UCBL. Página 36
- Figura 7.** Ortesis supramaleolar. Página 37
- Figura 8.** Ortesis de hoja posterior. Página 38
- Figura 9.** Ortesis articulada. Página 40
- Figura 10.** Ortesis sólida. Página 43
- Figura 11.** Ortesis de reacción al suelo. Página 44

**Figura 12.** A. Combinación OTP-Z. B. Modificación del ángulo de inclinación tibial, con la aplicación de la combinación OTP-Z y una cuña entre la ortesis y el zapato. Página 51

**Figura 13.** La estabilidad en el apoyo medio se alcanza mediante la inclinación anterior del muslo y la alineación de la FRS (fuerza de reacción al suelo) en frente del centro de rotación de la rodilla, y detrás del centro de rotación de la cadera. Página 53

**Figura 14.** Con el tobillo a  $90^\circ$ , es necesario flexionar la cadera e inclinar el tronco para mantener el balance en bípedo, manteniendo la FRS (fuerza de reacción al suelo) en el centro de la base de soporte. Página 54

## Lista de Abreviaturas

<b>PCI</b>	Parálisis Cerebral Infantil
<b>CIF</b>	Clasificación Internacional de Funcionamiento, Discapacidad y Salud
<b>GMFCS</b>	Clasificación de la Función Motora Gruesa
<b>GMFCS E&amp;R</b>	Clasificación de la Función Motora Gruesa Expandida y Revisada
<b>FMS</b>	Escala de Movilidad Funcional
<b>FRS</b>	Fuerza de reacción al suelo
<b>PF-ER</b>	Acople plantarflexión-extensión de rodilla
<b>OTP</b>	Ortesis tobillo pie
<b>OTP-Z</b>	Combinación ortesis tobillo pie con zapato
<b>CCSS</b>	Caja Costarricense del Seguro Social
<b>1MWT</b>	One Minute Walk Test
<b>mTUG</b>	Modified Timed Up and Go

## Lista de apéndices

- Apéndice A.** Escala Modificada de Ashworth para la medición del tono muscular. Página 71  
Traducción de la versión publicada en el libro *Measuring Walking: A Handbook of Clinical Gait Analysis*, Richard Baker, 2013
- Apéndice B.** Graduación de la fuerza muscular según el Medical Research Council. Página 72  
Traducción de la versión publicada en el libro *Measuring Walking: A Handbook of Clinical Gait Analysis*, Richard Baker, 2013
- Apéndice C.** Clasificación de la Función Motora Gruesa Extendida y Revisada, Página 73  
traducida al español por el Servicio de Parálisis Cerebral y Estimulación temprana del Instituto Nacional de Rehabilitación de México.
- Apéndice D.** Escala de Movilidad Funcional FMS, desarrollada por The Royal Página 78  
Childrens Hospital, Melbourne, Australia.
- Apéndice E.** Algoritmo para el diseño y afinamiento de la combinación ortesis Página 80  
tobillo-pie con el zapato basado en la cinemática del segmento tibial, propuesto por Elaine Owen en el artículo *The importance of being earnest about shank and thigh kinematics especially when using ankle-foot orthoses*.
- Apéndice F.** Algoritmo para la prescripción ortésica propuesto por Nicholas Página 81  
LeCursi.
- Apéndice G.** Cuadro resumen de las características de los distintos patrones Página 83  
múltiples articulares y el diseño de ortesis tobillo-pie correspondiente para cada caso identificados en este trabajo de revisión

<b>Apéndice H.</b> Distintos diseños de ortesis tobillo-pie, características, indicación según hallazgos en el examen físico, contraindicaciones y recomendaciones en la elaboración de la indicación identificados en este trabajo de revisión	Página 84
<b>Apéndice I.</b> Flujograma utilizando el Foot Posture Index para anotar las recomendaciones de elementos de soporte estructural en la elaboración de la indicación de la ortesis tobillo-pie.	Página 86
<b>Apéndice J.</b> Algoritmo para la prescripción ortésica elaborado con base en este trabajo de revisión.	Página 87



**Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.**

Yo, Raisa María Zuwolsky Elguera, con cédula de identidad 800840730, en mi condición de autor del TFG titulado Propuesta de Manual para la optimización de la prescripción de ortesis tobillo-pie para la marcha de los niños con Parálisis Cerebral Infantil Espástica

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. SI  NO \*

\*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: \_\_\_\_\_ año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

**INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE:**

Nombre Completo: Raisa María Zuwolsky Elguera

Número de Carné: A66380 Número de cédula: 800840730

Correo Electrónico: raizuw@gmail.com

Fecha: 28 de Julio del 2020 Número de teléfono: 70178815

Nombre del Director (a) de Tesis o Tutor (a): Dra. Laura Cordero Molina

**RAISA MARIA  
ZUWOLINSKY  
ELGUERA (FIRMA)  
FIRMA ESTUDIANTE**

Assinado de forma digital por  
RAISA MARIA ZUWOLINSKY  
ELGUERA (FIRMA)  
Datos: 2020.07.28 15:08:57

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, pueda como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.

## Propuesta de Manual para la optimización de la prescripción de ortesis para tobillo-pie, para la marcha de los niños con Parálisis Cerebral Infantil Espástica.

### Justificación

En el último Censo de Costa Rica se reporta que entre los 0 y 14 años, el porcentaje de la población que tiene discapacidad para caminar o subir gradas es de 0,46% para hombres y 0,42% para mujeres. En los datos de la Caja Costarricense del Seguro Social se presenta que, en el Centro Nacional de Rehabilitación, durante el año 2019, se atendieron 111 pacientes nuevos en la Clínica de Parálisis Cerebral Infantil y se valoraron 1 899 personas en la Consulta Especializada de Parálisis Cerebral Infantil; de estas atenciones el 49,5% de personas con PCI se encuentran entre los 5 y 14 años de edad (1); rango dentro del cual probablemente la prescripción de ortesis para la marcha sea más dinámico y frecuente. Dentro de las atenciones registradas en la consulta especializada de PCI, menos del 1% tiene como diagnóstico trastorno de la marcha, sin embargo, este dato no concuerda con la realidad de la consulta, y probablemente corresponde a un subregistro del diagnóstico. En la Clínica de PCI el 22,5% de los pacientes tienen un nivel funcional asignado en la Escala Gross Motor entre 1 y 3 niveles en los que el paciente logra caminar; mientras que el 24,3% no tienen nivel funcional asignado; para la consulta especializada de PCI no se cuenta con los datos estadísticos del nivel funcional.

La OMS estima que sólo una de cada diez personas que necesitan ayudas técnicas, tienen acceso a ellas debido a su alto costo y a la falta de conocimiento, disponibilidad, personal capacitado, políticas y financiamiento. El Colegio de Médicos y Cirujanos de Costa Rica regula la disciplina de Prótesis y Ortesis mediante la Normativa de Tecnólogos en Ciencias Médicas. Actualmente, existe

irregularidad en la prestación de servicios ortésicos y protésicos brindados a los pacientes, pues la consulta a la base de datos de dicho colegio profesional, solo muestra 6 registros de técnicos autorizados en Costa Rica, lo que evidencia la poca formalidad profesional de este grupo.

Con este trabajo de revisión se pretende actualizar los conocimientos para el manejo ortésico en los trastornos de la marcha de los pacientes con parálisis cerebral infantil, para optimizar la prescripción de férulas tobillo-pie.

## Objetivos

- Definir las alteraciones de la marcha que pueden existir en los pacientes con parálisis cerebral infantil.
- Identificar y caracterizar las férulas para tobillo-pie descritas en la literatura con mayor frecuencia para optimizar la marcha en los pacientes con parálisis cerebral infantil.
- Identificar características dentro del patrón de marcha de los pacientes con parálisis cerebral infantil que se puedan correlacionar con la indicación de un diseño ortésico.
- Generar una guía fundamentada en bibliografía para la prescripción de las ortesis de tobillo-pie para la marcha en los niños con Parálisis Cerebral infantil.

## Metodología

Trabajo de investigación tipo revisión bibliográfica:

- Se revisaron las bases de datos Dynamed, Clinical Key, EBSCO, PubMed; y las revistas electrónicas *Gait and Posture*, *Developmental Medicine and Child Neurology*, *Anal of Physical Medicine and Rehabilitation*, *International Society for Prosthetics and Orthotics*, y *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*.
- Se utilizaron las palabras clave: gait, ambulation, orthotic device, orthoses, cerebral palsy, (indications AND orthoses AND cerebral palsy).



- Se prefirieron los artículos diseñados como revisiones sistemáticas, revisiones bibliográficas, y consensos de expertos.
- Se incluyeron artículos acerca del proceso de *Fine Tunning*, además de 2 algoritmos diseñados para los ortesistas experimentados en el diseño y confección de ortesis de tobillo-pie para niños.
- Se incluyeron conocimientos adquiridos en el Taller “Un enfoque algorítmico para el diseño e implementación de AFOs pediátricos”, parte del Foro Uniendo Fronteras de la Sociedad Internacional de Ortésica y Protésica, llevado a cabo en Guatemala en el 2019.
- Se utilizó el libro *Atlas of Orthoses and Assistive Devices*, así como el libro *Measuring Walking: A handbook of clinical gait analysis*.

## Introducción

La parálisis cerebral es la causa de discapacidad más común en la niñez. Reportes recientes en Estados Unidos indican una prevalencia de 3.3-3.6 por cada 1000 niños de 8 años (2, 3). En Costa Rica el último censo de la población en el 2011 no contempla el diagnóstico de Parálisis Cerebral, pero determina que el porcentaje de la población en edades de los 0-14 años que tiene discapacidad para caminar o subir gradas es de 0,46% para hombres y 0.42% para mujeres (4). En los datos de la Caja Costarricense del Seguro Social se presenta que, en el Centro Nacional de Rehabilitación, durante el año 2019, se atendieron 111 pacientes nuevos en la Clínica de Parálisis Cerebral Infantil y se valoraron 1 899 personas en la Consulta Especializada de Parálisis Cerebral Infantil; de estas atenciones el 49,5% de personas con PCI se encuentran entre los 5 y 14 años de edad (1); rango dentro del cual probablemente la prescripción de ortesis para la marcha sea más dinámico y frecuente. Dentro de las atenciones registradas en la consulta especializada de PCI, menos del 1% tiene como diagnóstico trastorno de la marcha, sin embargo, este dato no concuerda con la realidad de la consulta, y probablemente corresponde a un subregistro del diagnóstico. En la Clínica de PCI el 22,5% de los pacientes tienen un nivel funcional asignado en la Escala Gross Motor entre 1 y 3- niveles en los que el paciente logra caminar; mientras que el 24,3%

no tienen nivel funcional asignado; para la consulta especializada de PCI no se cuenta con los datos estadísticos del nivel funcional.

La definición de la parálisis cerebral infantil ha sido muy cambiante a través de los años. En el 2004 se realizó el Taller Internacional para la Definición y Clasificación de Parálisis Cerebral en Bethesda-Maryland, Estados Unidos, debido a la necesidad de aclarar la definición y clasificación de la PC. Actualmente se define Parálisis Cerebral como: un grupo de desordenes permanentes del desarrollo del movimiento y la postura, causando limitación para la actividad, y atribuidos a una alteración no progresiva, que ocurre en un cerebro en desarrollo, ya sea en el periodo fetal o de infante (5).

En general, eventos hipóxicos llevan a tetraplejía, la leucomalacia periventricular secundaria a prematuridad causa diplejía, y eventos vasculares como infartos cerebrales producen hemiplejía (6). Las alteraciones motoras de la PCI frecuentemente se acompañan por alteraciones en sensación, percepción, cognición, comunicación, comportamiento, epilepsia y por problemas musculoesqueléticos secundarios (5, 7).

Al no haber cura inminente para esta patología, la discapacidad motora persiste a través de la vida e interfiere con el proceso de desarrollo y envejecimiento normal. El manejo de la patología motora en la PCI consiste en terapia física regular, asociado a múltiples intervenciones médicas, entre las cuales se encuentra la prescripción de ortesis, y en ocasiones intervenciones quirúrgicas (3, 6, 8).

## Clasificación internacional del funcionamiento, discapacidad y salud

En el 2001 la Organización Mundial de la Salud publicó la Clasificación Internacional de Funcionamiento, Discapacidad y Salud, para que sus estados miembros utilicen un idioma estandarizado al referirse a datos de discapacidad. La CIF describe la discapacidad como la disfunción en 1 o más de 3 áreas: deficiencia de estructuras corporales o funciones, limitación en

actividad y restricción en la participación (9). Actualmente, existen esquemas de clasificación para la PCI en las áreas de deficiencia y limitación de la actividad, pero no en el área de restricción de participación (10).

## Clasificación de las deficiencias

### Anormalidades motoras

Se estima que aproximadamente 80% de los niños con PCI tienen algún tipo de alteración del movimiento (10). Usualmente, se clasifica la PCI como espástica, disquinética o atáxica (2, 11). Actualmente, la clasificación más utilizada es la propuesta en el 2003 por el *Task Force on Childhood Motor Disorder* que pretende mejorar la comunicación entre clínicos e investigadores; se establecen definiciones de desordenes de movimiento hipertónico e hiperkinéticos, así como signos motores negativos en niños (10).

#### a. **Hipertono** (5)

Se define como la resistencia al movimiento anormalmente aumentada, en una articulación; puede ser causada por espasticidad, distonía o rigidez. Es un signo positivo.

-Espasticidad: hipertono en que la resistencia al movimiento pasivo aumenta conforme se aumenta la velocidad del movimiento. Cuantificado con la escala modificada de Ashworth.

-Distonía: desorden del movimiento en que contracciones musculares involuntarias sostenidas o intermitentes causan movimientos repetitivos, posturas anormales, o ambas. Valorado por medio de la escala de distonía Barry Albright.

#### b. **Movimientos hiperkinéticos** (5)

Se definen como cualquier exceso de movimiento no deseado, realizado voluntaria o involuntariamente por el paciente. Los más comúnmente vistos en PCI son distonía, corea, atetosis y tremor. También son signos positivos.

c. **Signos negativos** (13)

Incluye debilidad, activación muscular insuficiente, pobre control motor selectivo, ataxia, apraxia o dispraxia (incapacidad para activar el grupo correcto de músculos para llevar a cabo una tarea específica, ya sea por pérdida de la habilidad o falta de adquisición de esta).

## Clasificación según la distribución topográfica

Tradicionalmente, se clasifica la distribución topográfica para la forma hipertónica de la PCI: hemiplejía, diplejía, y cuadriplejía/tetraplejía (5, 10). Algunos expertos recomiendan abandonar esta clasificación, pues en muchas ocasiones los pacientes no pueden ser clasificados con exactitud bajo estas divisiones. Se recomienda entonces utilizar clasificaciones más simples, por ejemplo afectación unilateral o bilateral, agregando alguna medida de función de miembro superior o inferior (10).

Las anomalías primarias -pérdida de control motor selectivo, dependencia de reflejos primitivos, tono muscular anormal, desequilibrio entre agonistas y antagonistas a través de articulaciones, reacciones de equilibrio deficientes y debilidad- causan secundariamente desórdenes en el crecimiento del sistema musculoesquelético, pues están presentes durante el desarrollo y crecimiento (6).

El crecimiento óseo normal ocurre cuando hay estrés sobre los huesos, los niños que no caminan y corren a la edad esperada muy probablemente desarrollarán deformidades óseas y articulares. El crecimiento del músculo depende del estiramiento, el cual probablemente ocurre en el periodo en que el niño duerme y luego se despierta para jugar y correr (6, 7). En los pacientes con PCI los músculos y tendones se acortan y producen contracturas, el músculo antagonista al músculo acortado puede alargarse en respuesta; las fuerzas anormales sobre huesos y articulaciones pueden causar anomalías torsionales en los huesos en crecimiento (7). Estos cambios, algunos dinámicos y otros ya establecidos llevan a anomalías en la marcha.

La disfunción de la marcha en pacientes con PCI es causada por la suma de los efectos primarios relacionados al daño cerebral, las deformidades secundarias causadas por crecimiento óseo y muscular anormal y las compensaciones terciarias, que son las respuestas compensatorias individuales para minimizar las alteraciones causadas por las anomalías primarias y secundarias (6, 7).

## Clasificación para las limitaciones en actividad

### Sistema de clasificación de la Función Motora Gruesa

Inicialmente, este sistema de clasificación se propuso en 1997, pero posteriormente se hizo una nueva clasificación expandida y revisada, que incluye niños hasta los 18 años e incorpora aspectos de la Clasificación Internacional del Funcionamiento, Discapacidad y Salud (10, 14). El objetivo de la Clasificación de la Función Motora Gruesa Expandida y Revisada (GMFCS E&R) es determinar cuál nivel representa mejor las habilidades y limitaciones del niño/joven sobre su funcionamiento motor grueso. El énfasis de esta clasificación se basa en el desempeño habitual que tiene el niño/joven en el hogar, la escuela y lugares en la comunidad, en lugar de hacerlo en lo que se supone que niños/jóvenes lograrían realizar al máximo de sus capacidades o habilidades (14). Esta escala clasifica la función motora gruesa en una escala de 5 puntos, con una descripción de habilidades para 5 grupos etarios: menos de 2 años, de 2 a 4 años, de 4 a 6 años, de 6 a 12 años y de 12 a 18 años (10,14).

A grandes rasgos los niveles se describen como (14):

**Nivel I:** camina sin limitaciones.

**Nivel II:** camina con limitaciones.

**Nivel III:** camina con un aditamento.

**Nivel IV:** auto movilidad con limitaciones, puede utilizar una silla de ruedas eléctrica.

**Nivel V:** transportado en silla de ruedas, por otra persona.

Múltiples estudios validan la confiabilidad de esta clasificación. Se ha utilizado la GMFCS para documentar la edad a la que se espera el mayor desarrollo de la función motora gruesa para cada nivel funcional: 5 años para el nivel I y II, 8 años para el nivel III, y 7 años para niveles IV y V. También se describe que tener marcha independiente a los 12 años, en niveles I y II, brinda un 88% de probabilidad de tener el mismo estado funcional en la adultez. Estos datos son muy importantes al planear las intervenciones durante el desarrollo de estos pacientes (10).

### Escala de movilidad funcional (Functional Mobility Scale)

Esta escala es diseñada como una medida de la capacidad para realizar marcha en niños con parálisis cerebral. Es la única escala funcional que considera que los niños pueden demostrar diferentes habilidades y utilizar diferentes ayudas técnicas para caminar diferentes distancias; es útil para clasificar las habilidades para la marcha (10, 15).

La escala se administra mediante una entrevista al paciente y a su familiar o cuidador, y categoriza la asistencia necesaria para que un niño camine 3 distancias diferentes: 5, 50, o 500 metros. Las distancias no tienen que ser medidas con exactitud, sino que son respuestas de la entrevista que representan cómo el niño se desplaza dentro de la casa, en la escuela y en la comunidad (15).

Las preguntas más apropiadas para determinar el nivel de funcionalidad serán:

1. ¿Cómo se traslada su niño en cortas distancias dentro de la casa? – representa 5 metros.
2. ¿Cómo se traslada su niño en el recreo, en la escuela? – representa 50 metros.
3. ¿Cómo se traslada su niño en largas distancias, por ejemplo, en el centro comercial? – representa 500 metros.

Se clasifica entonces según la categoría de cada distancia:

- 1- Utiliza silla de ruedas
- 2- Utiliza andadera

- 3- Utiliza muletas
- 4- Utiliza bastón
- 5- Independiente en terreno plano
- 6- Independiente en todos los terrenos

Si el niño gatea, se clasifica como G; si el niño no se puede desplazar en ninguna distancia se clasifica como N (10, 15).

Entonces, para un niño que es totalmente independiente: marcha independiente en su casa, en la escuela y en la comunidad, tendría una clasificación FMS 6,6,6; y un niño que camina independiente en su casa donde el terreno es plano, utiliza muletas en la escuela, y silla de ruedas para ir al centro comercial, tendría una clasificación FMS 5,3, 1.

Otros ejemplos de la aplicación de esta clasificación:

Distancia	Nivel de Asistencia	Clasificación
5m -dentro de la casa	Independiente	6
50m – en la escuela	Independiente	6
500m – en la comunidad	Independiente	6

Tabla 1. Un niño con máxima independencia, con un puntaje FMS 6-6-6.

Distancia	Nivel de Asistencia	Clasificación
5m -dentro de la casa	Silla de Ruedas	1
50m – en la escuela	Silla de Ruedas	1
500m – en la comunidad	Silla de Ruedas	1

Tabla 2. Un niño con dependencia total de su silla de ruedas para trasladarse tiene un puntaje FMS 1-1-1.

Distancia	Nivel de Asistencia	Clasificación
5m -dentro de la casa	Independiente	5
50m – en la escuela	Muletas	3
500m – en la comunidad	Silla de Ruedas	1

Tabla 3. Un niño con un puntaje FMS 5-3-1

## Perspectiva histórica de las ortesis

Ambrose Paré describió las modificaciones en zapatos para el manejo del *talipes equinovarus* en el Siglo XVI. Winthrop Morgan Phelps, tuvo particular interés en el manejo de los pacientes con PC en el Siglo XX; él abogó por utilizar ortesis en estos pacientes antes de realizar una cirugía como método primario para el manejo de deformidades del pie en PCI. Los aparatos ortésicos eran contruidos principalmente de metales y cuero antes de la Segunda Guerra Mundial, con la aparición de los termoplásticos inicia una revolución en la fabricación de ortesis (6).

### Utilización de las ortesis

Las ortesis son dispositivos de aplicación externa que se utilizan para modificar las características estructurales y funcionales de los sistemas neuromuscular y esquelético (6, 7, 16). Ellas pueden ayudar a que las personas que tienen deficiencias físicas o limitaciones funcionales lleven una vida sana, productiva, independiente y digna, y participen en la educación, el mercado de trabajo y la vida social. El uso de ortesis puede reducir la necesidad de atención formal de la salud, servicios de apoyo, cuidados a largo plazo y cuidadores (16).

La Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad establece que los estados miembros deben adoptar medidas efectivas para asegurar que las personas con discapacidad gocen de movilidad personal con la mayor independencia posible (16).



La OMS estima que sólo una de cada diez personas que necesitan ayudas técnicas, tienen acceso a ellos, debido a su alto costo y a la falta de conocimiento, disponibilidad, personal capacitado, políticas y financiamiento (16).

Las ortesis para extremidad inferior son parte importante de los programas de rehabilitación, pues permiten que los pacientes puedan caminar con mayor estabilidad y confianza. Además, permiten que los pacientes con PC desarrollen nuevas habilidades y actividades que requieren estar de pie o caminar. Las ortesis se pueden diseñar con el propósito de dar soporte y alineación, prevenir o corregir deformidad, sustituir función y para ayudar en el manejo del dolor (8).

En la actualidad, se reconoce que para alcanzar el mayor beneficio de las terapias de rehabilitación, el paciente debe estar involucrado física y mentalmente en la actividad. Las ortesis se deben utilizar para mejorar anomalías específicas de la marcha, y no para limitar las funciones de músculos que puedan activarse para corregir el desbalance (6, 7).

Con este trabajo de revisión se pretende actualizar los conocimientos para el manejo ortésico en los trastornos de la marcha en los pacientes con parálisis cerebral infantil espástica. El beneficio será para la prescripción adecuada de ortesis para tobillo-pie, según las alteraciones biomecánicas presentes en estos niños.

# Capítulo 1. Biomecánica y el ciclo de la marcha

Se toman las mejores decisiones y se observan los mejores resultados cuando el médico a cargo del paciente con parálisis cerebral tiene un entendimiento de la biomecánica del pie y el tobillo durante la marcha normal, así como de la patofisiología y patomecánica de las alteraciones de la marcha en niños con PCI; y además conoce acerca de las características biomecánicas del efecto de diferentes tipos de ortesis, su terminología, materiales y componentes.

Al iniciar el manejo ortésico en los pacientes con parálisis cerebral, es necesario realizar una valoración de la marcha; típicamente se realiza un análisis visual de la marcha. Usualmente, en otros países, el método típico de estudio es el análisis tridimensional instrumentado de la marcha; éste brinda información acerca de los ángulos, momentos y poder de las articulaciones. El resultado de estos análisis es muy valioso para la toma de decisiones con respecto al tratamiento de estos pacientes.

Indicar una férula subóptima, basada en malas decisiones clínicas, puede empeorar el patrón de marcha, comprometer la participación del niño y llevar a frustración del niño, de la familia y del equipo tratante (17).

## Marcha

Una persona camina mediante una secuencia integrada de movimientos articulares, que avanzan el cuerpo en una línea de progresión y mantienen la estabilidad mientras hay carga de peso (18). Fundamentalmente, el ciclo de la marcha es un patrón de movimiento en el cual los pies se mueven hacia delante de manera alternante, mientras el resto del cuerpo se mueve sobre ellos. La longitud de zancada es la distancia entre el contacto inicial de un pie, y el contacto inicial del mismo pie; por convención universal, un ciclo de la marcha inicia con el contacto inicial del pie con

el suelo y termina con el siguiente contacto con el suelo del mismo pie. La longitud del paso es la distancia lineal medida desde el contacto inicial de una extremidad, hasta el mismo evento de la extremidad contraria; en algunas investigaciones se toma como la mitad de la zancada. Estos son conocidos como parámetros espaciales (18).

El tiempo de zancada es la duración de un ciclo de marcha. Es más común valorar la cadencia, que se refiere al número de ciclos que ocurren durante un tiempo específico. La velocidad de la marcha, en función de la distancia recorrida en un tiempo determinado, se relaciona con la cadencia y la longitud de la zancada. Estos son algunos de los parámetros temporales que se pueden evaluar dentro del ciclo de la marcha (18).

Una palanca es una maquina simple que utiliza una estructura rígida para convertir fuerzas en rotaciones alrededor de un fulcro, produciendo un momento. Las palancas permiten el movimiento energéticamente eficiente de una carga a través de la aplicación de una fuerza (7).

La magnitud del momento es el producto de la fuerza multiplicado por la longitud del brazo de palanca (6). Un brazo de palanca se puede definir como la distancia desde un punto hasta una fuerza, que es perpendicular a la línea de acción de esa fuerza. La fuerza multiplicada por la longitud del brazo de palanca es igual al momento que actúa alrededor del centro de rotación (6, 7). En el cuerpo los huesos actúan como brazos de palanca, las articulaciones como fulcros y las inserciones tendinosas son la aplicación de la fuerza (6, 7).

Para que la función del sistema de palancas sea eficiente, el brazo de palanca debe ser rígido y actuar alrededor de un fulcro estable. Debe tener una longitud suficiente para brindar una ventaja mecánica y estar en la posición correcta. En el cuerpo humano pueden haber problemas con respecto al punto de aplicación, el brazo de palanca en sí mismo y el fulcro alrededor del que rota la palanca (6, 7).

Para entender la producción de los momentos se puede pensar en un subibaja en que la masa del objeto más grande multiplicado por su distancia al fulcro (más corta) es igual a la del objeto más pequeño multiplicado por su distancia al fulcro (más larga), y así se alcanza un balance (6).

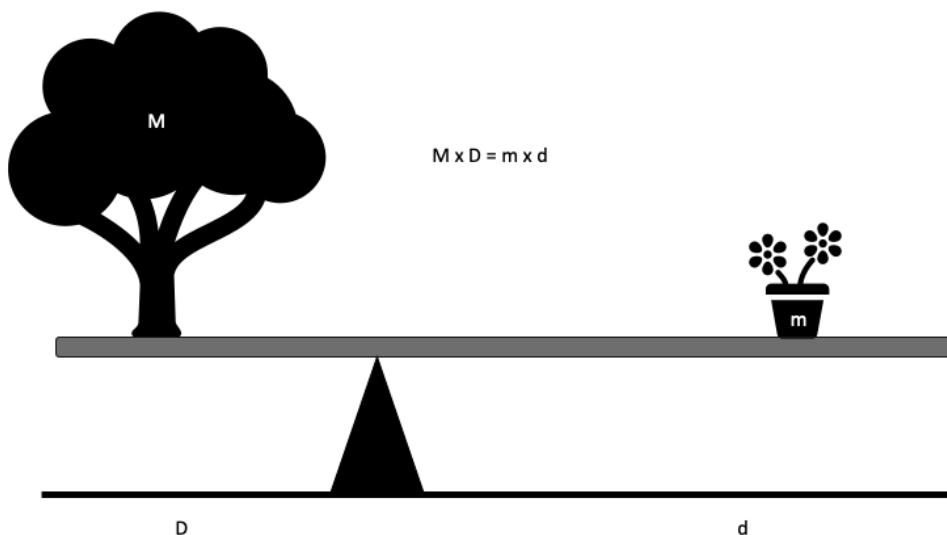


Figura 1. Representación del sistema de palancas. La mayor masa del árbol (M) multiplicada por la menor distancia (D), crea un momento alrededor del fulcro equivalente al creado por la masa de la maceta (m) multiplicado por su brazo de palanca más largo

La fuerza de reacción al suelo es igual y opuesta al efecto gravitacional de la masa del paciente. Tiene un punto de aplicación (la parte del pie que carga la mayoría del peso), una dirección (la línea desde este punto hasta el centro de masa del paciente) y una magnitud (proporcional al peso del paciente), y por esto se describe como un vector. La FRS puede pasar anterior, posterior, medial o lateral a las articulaciones de los miembros inferiores, y generar momentos alrededor de ellas (7).

Al caminar, momentos externos producidos por la fuerza de reacción al suelo y las fuerzas de la inercia, sumado al peso de los segmentos de la extremidad inferior, son resistidos por momentos internos producidos por la acción de músculos, tendones y ligamentos, para mantener un balance (6, 7).

Existen 5 prerequisites de la marcha normal (6, 8):

1. En la fase de apoyo la extremidad debe estar estable.
2. En la fase de balanceo el pie debe dejar por completo el suelo, y no arrastrarse por el piso.
3. El pie debe ser pre-posicionado correctamente, para el contacto inicial.
4. Se debe alcanzar una longitud del paso adecuada, para que la marcha sea funcional y útil.
5. La marcha debe ser energéticamente eficiente.

Es importante saber las fases de la marcha, pero es más útil entender estos conceptos esenciales, para luego observar y describir el caminar, prestando atención a los prerequisites de la marcha normal.

### Fases de la marcha

Para describir los procesos que ocurren durante la marcha es útil dividir el ciclo en varias fases. La división más simple es nombrando a la fase de apoyo, cuando la extremidad está en contacto con el suelo, y la fase de balanceo, cuando la extremidad no está en contacto con el suelo; el punto en que la fase de apoyo termina es cuando el pie deja por completo el suelo. La fase de apoyo inicia con el contacto inicial del pie contra el suelo, se subdivide luego en respuesta a la carga, apoyo medio, apoyo final y prebalanceo. La fase de balanceo inicia cuando el pie deja por completo el suelo, se divide luego en balanceo inicial, balanceo medio y balanceo final (18).

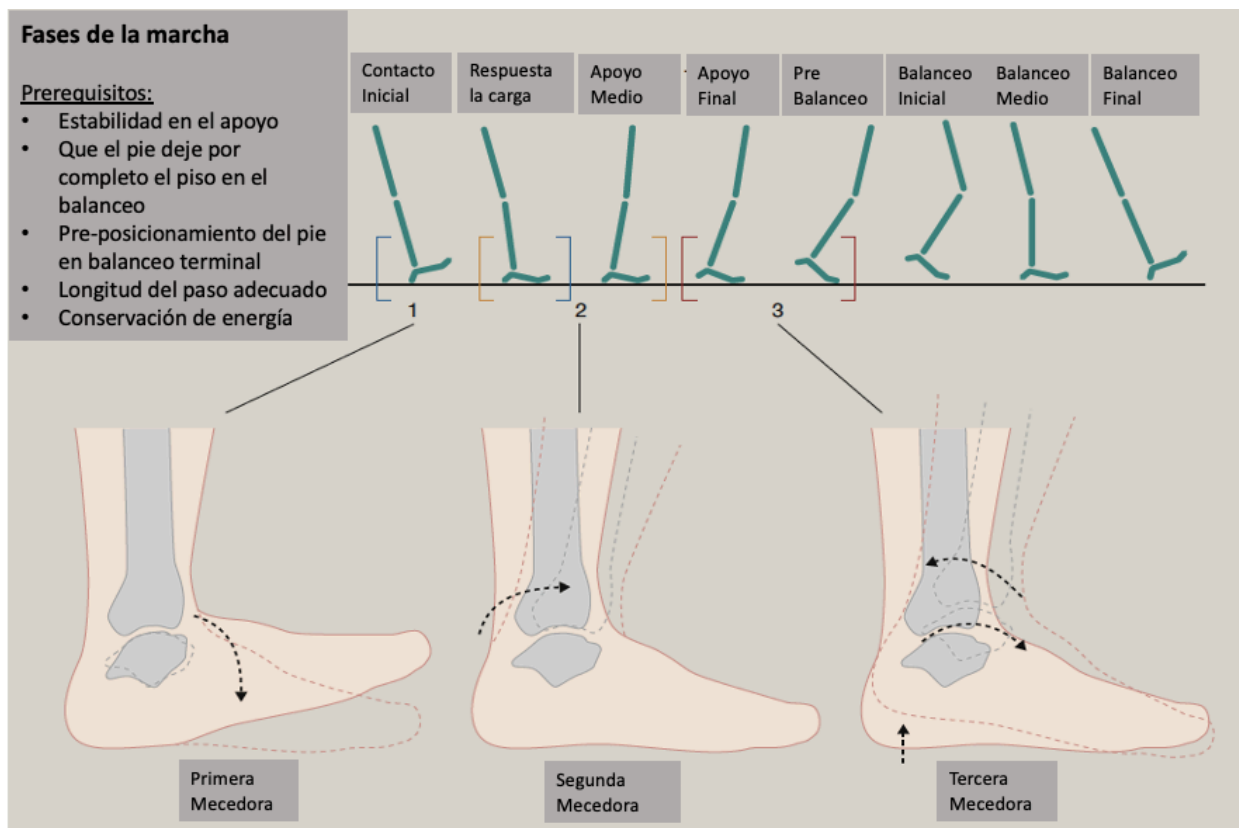


Figura 2. Fases de la marcha, prerrequisitos de la marcha y mecedoras del pie y el tobillo.

Las funciones básicas más importantes de la marcha son absorber el *shock* y la propulsión. La propulsión hace que el cuerpo viaje en el espacio, y es el fin último de la marcha (7). En la fase de apoyo de un ciclo normal de marcha, el pie y el tobillo proveen absorción del *shock* durante la respuesta a la carga (en la primera mecedora), estabilidad durante el apoyo medio (en la segunda mecedora) y sirve como una palanca rígida durante el apoyo terminal (en la tercera mecedora) (17).

La primera mecedora se caracteriza por el choque de talón en el contacto inicial y la subsecuente flexión plantar del tobillo. La segunda mecedora se caracteriza por el avance de la tibia sobre el pie estable, esto se logra mediante la dorsiflexión controlada del tobillo, la tercera mecedora es caracterizada por el levantamiento del talón, la dorsiflexión del antepié y la flexión plantar del tobillo (17).

Durante el ciclo de la marcha los miembros inferiores alternan sutilmente entre pronación y supinación. Cuando se acepta la masa en el contacto inicial de la marcha normal, las articulaciones del mediopié y la subtalar se mueven y la rodilla se flexiona: se produce el momento conocido como respuesta a la carga (7, 17). En este instante, el segmento tibial rota internamente y el tobillo hace plantarflexión, causando eversión y abducción del retropié en la articulación subtalar. La pronación del retropié hace que el talo haga una flexión plantar forzada, desbloqueando las articulaciones del medio pie, las cuales luego hacen pronación. Un pie en pronación es flexible e ideal para absorción del shock y la adaptación del pie al terreno, que se necesitan en la respuesta a la carga. El movimiento acoplado del retropié con el mediopié le brinda una flexibilidad máxima al pie, permitiendo que sus articulaciones contribuyan a la absorción del shock (17, 19). Si no existiese una respuesta a la carga, pasaría fuerza excesiva a través de las articulaciones, llevando a la degeneración prematura de las mismas (7).

En el apoyo medio, el segmento tibial rota externamente y el tobillo hace una dorsiflexión, causando una inversión y aducción del retropié en la articulación subtalar. La supinación del retropié fuerza al talo a la dorsiflexión, esto bloquea las articulaciones del mediopié, las cuales se supinan. El movimiento acoplado entre el retropié y el mediopié produce que el arco longitudinal del pie se restaure y el pie tenga rigidez máxima, aumentando la estabilidad necesaria en esta fase (17, 19).

En el apoyo terminal, el segmento tibial sigue con rotación externa y el tobillo continúa su dorsiflexión. Conforme el cuerpo progresa hacia adelante, el centro de masa bajo el pie avanza distalmente hacia el antepié. En este momento, los segmentos del pie están alineados en su conformación de máxima rigidez, y el antepié es estable conforme se hace la descarga del peso. Esta rigidez de los segmentos del pie hace que funcione como un brazo de palanca óptimo para los músculos plantarflexores durante el apoyo terminal (17).

En el prebalanceo y el balanceo inicial, el segmento tibial rota externamente y el tobillo hace plantarflexión. Los segmentos del pie están desbloqueados mientras se quita la carga de la extremidad (17).

En el balanceo medio, el segmento tibial rota internamente y el tobillo hace dorsiflexión; el acople de estos movimientos sirve para acortar funcionalmente la extremidad y promover que el pie deje por completo el suelo (17).

En el balanceo final, este acople continúa, manteniendo el pie en plantígrado, perpendicular al eje anatómico del segmento tibial. Este pre-posicionamiento del pie en el balanceo terminal resulta en el choque de talón en el contacto inicial, que es conocido como la alineación óptima para el pie y el tobillo conforme entran a la siguiente fase, de apoyo, en la respuesta a la carga (17).

La alineación adecuada del pie y del tobillo, además de la actividad de los músculos plantarflexores determinan la situación en que la fuerza de reacción al suelo pasa respecto a la rodilla en el apoyo medio y final, influenciando importantemente su alineación (17).

La contracción excéntrica es utilizada para manipular la FRS. Este tipo de contracción muscular es más eficiente en consumo de energía, comparada con la concéntrica, y se usa preferentemente cuando es posible. Idealmente, la FRS se dirige de manera que el momento resultante en la articulación permita estabilidad y pueda alcanzarse un movimiento hacia delante a través de los elementos de restricción articular, en lugar de más contracción muscular (7). La eficiencia metabólica se mantiene cuando la acción muscular es sustituida por el *momentum* cuando es posible, y cuando el desplazamiento del centro de masa en la línea de progresión es mínimo (8).

Durante la fase de apoyo, para mantener la rodilla extendida los plantarflexores se contraen excéntricamente, enlenteciendo la progresión de la tibia y manteniendo la FRS anterior a la rodilla. El momento extensor creado significa que no es necesario contraer activamente el cuádriceps, para mantener la extensión de la rodilla (7).



Cuando el vector pasa exactamente a través del centro del tobillo, la rodilla y la cadera, no se generan momentos. Un paciente con una inclinación anterior del tronco condicionará a que la FRS pase anterior a la rodilla, produciendo un momento extensor externo. Si no existiesen fuerzas opuestas, la rodilla entraría a una hiperextensión, pero en este caso la capsula articular posterior de la rodilla se opone a la FRS, impidiendo la hiperextensión sin mayor gasto de energía (7).

En general, la flexión plantar se asocia con extensión de rodilla, pues la FRS pasa anterior al centro de rotación de la rodilla, generando un momento extensor; y la dorsiflexión se asocia con flexión de rodilla, donde la FRS está más posterior al centro de rotación de la rodilla, generando un momento flexor (17).

### Disfunción de marcha en PCI

La disfunción de la marcha en los pacientes con PC es resultado de anomalías primarias (relacionadas a la lesión del sistema nervioso central), deformidades secundarias (causadas por el crecimiento anormal del hueso y del músculo) y compensaciones terciarias (las respuestas del individuo para minimizar la ineficiencia de la marcha, resultado de las alteraciones primarias y secundarias). Las anomalías terciarias son respuestas para compensar atributos necesarios para la marcha normal (6).

Las extremidades inferiores deben brindar una base estable de soporte en la fase de apoyo, permitir la progresión hacia delante de la masa corporal sobre los segmentos distales de las extremidades, mantener el costo energético al mínimo y emplear mecanismos apropiados para absorber el *shock* y disipar las fuerzas y producir momentos suficientes para el balanceo. Al realizar un análisis visual de la marcha en los pacientes con PCI, se debe analizar si estos requisitos se cumplen, y determinar si las alteraciones presentes podrían ser compensadas mediante una ortesis tobillo-pie, si es necesario hacer alguna otra intervención fisiátrica u ortopédica sobre otras alteraciones, o ambas.

La disfunción causada por las condiciones neurológicas presenta mayor severidad en las estructuras más distales. El pie inestable produce anomalías adicionales en la alineación de la cadera y la rodilla, por esto el manejo ortésico se enfoca principalmente en compensar la disfunción del pie y del tobillo, para mejorar la función de la marcha (6).

### Enfermedad de brazo de palanca

La disfunción del brazo de palanca es un término para describir las alteraciones particulares en la alineación que aparecen en un niño con parálisis cerebral que camina (6, 7). Se refiere al remodelamiento óseo que produce la subluxación de caderas, las deformidades torsionales y angulares de los huesos largos y las deformidades del pie (6).

Conforme la FRS aumenta en magnitud con el crecimiento del niño, y su dirección se vuelve más anormal, hay un mayor estímulo para guiar un desarrollo esquelético anormal. Eventualmente, las fuerzas anormales que actúan en las articulaciones pueden llevar al fallo de las estructuras de soporte articular, y llevar a subluxación y dislocación (7).

Los músculos y la fuerza de reacción al suelo deben actuar por medio de palancas esqueléticas para la locomoción; y las anomalías en estos sistemas de brazos de palanca interfieren en la marcha de estos niños. Los niños con parálisis cerebral frecuentemente tienen pobre control motor, alteración en la alineación causadas por contracturas articulares, sumados a las anomalías óseas de las palancas, todas estas características contribuyen al desarrollo de una marcha patológica e ineficiente.

Para que una OTP mejore el patrón de marcha, debe promover la normalización de la alineación de la fuerza de reacción al suelo relativa a las articulaciones durante el ciclo de la marcha. Acercar la fuerza de reacción al suelo a la articulación reduce el gasto energético de los músculos del tren inferior (19).

## El acople plantarflexión-extensión de rodilla

Para mantener una postura antigraedad, la cadera, la rodilla y el tobillo son estabilizados primariamente por los extensores de rodilla, los vastos y el gastro-sóleo. La estabilización en la fase de apoyo es necesaria, pues las articulaciones por sí mismas son inestables, si dejamos por fuera los ligamentos y la función muscular. Se ha demostrado que el gastro-sóleo es el encargado de producir hasta el 50% del momento para mantener la postura bípeda (6).

Con el pie plantígrado en la segunda mecedora, el gastro-sóleo esta activo y trabaja excéntricamente para restringir el avance de la tibia; por esto trabaja como un extensor de rodilla (6). En este momento, durante la segunda mitad de la fase de apoyo, la estabilidad de la rodilla es mantenida sin la acción del cuádriceps, mediante el mecanismo llamado acople plantarflexión-extensión de rodilla (PF-ER) (6, 7).

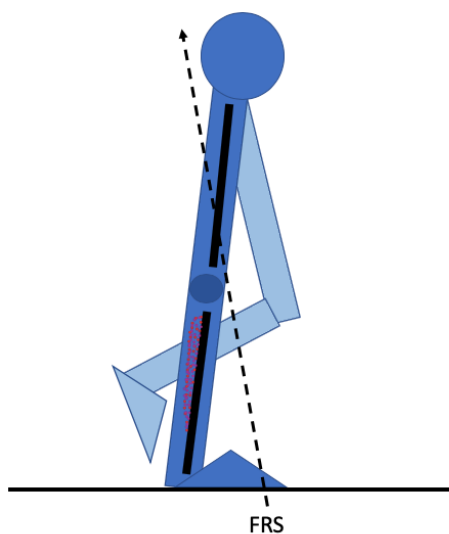


Figura 3. El acople plantarflexión-extensión de rodilla: en el apoyo medio el sóleo (puntos rojos) resiste la dorsiflexión del tobillo y enlentece el avance de la tibia, manteniendo la FRS (fuerza de reacción al suelo) frente a la rodilla.

El sóleo restringe el movimiento excesivo de la tibia conforme el tobillo hace dorsiflexión durante esta fase, manteniendo la fuerza de reacción al suelo en frente de la rodilla (6, 19). Con esto, la FRS que actúa en el brazo de palanca del antepié produce un momento de extensión en la rodilla, manteniendo la articulación en extensión sin necesidad de la contracción del cuádriceps (6).

La efectividad de este acople va a depender de 3 elementos (6, 19):

1. Función de los músculos flexores plantares: determinado por su fuerza, activación en la temporalidad adecuada, tono, longitud.
2. Integridad estructural de los huesos y ligamentos del pie: correspondiente a la integridad de los brazos de palanca y su alineación.
3. Dirección de la progresión del pie durante la marcha: identificado en el ángulo de progresión del pie.

Cuando hay alteración de alguno de estos elementos, se altera también la estabilización de la rodilla por los músculos flexores plantares. En estos casos, el niño puede utilizar patrones de actividad muscular que no son eficientes energéticamente, como la actividad continua del cuádriceps en el apoyo para mantener la extensión de rodilla (19). El centro de masa del niño, el tono proximal, las contracturas y la generación de poder influyen los requerimientos del acople PF-ER, y así su efectividad.

El acople plantarflexión-extensión de rodilla puede ser deficiente o excesivo. La rodilla puede ser llevada a hiperextensión en el apoyo medio de haber espasticidad o contractura del gastro-sóleo, considerándose un acople excesivo; cuando los plantarflexores no cumplen su función adecuadamente en el apoyo medio, se produce una dorsiflexión excesiva, acompañada por flexión de rodilla excesiva, o marcha agazapada, en este caso el acople es insuficiente. Cuando el gastrocnemio no produce suficiente poder para el despegue, se produce una disminución de la longitud del paso, en la velocidad de marcha y de cuánto el pie deja por completo el suelo en el balanceo. La disfunción de plantarflexores lleva a deficiencias en la fase de apoyo y en la fase de balanceo, pues la propulsión será deficiente también (6).

Es frecuente que los niños con PCI desarrollen deformidades en el pie que alteren el funcionamiento normal del movimiento de la articulación subtalar y sus beneficios. El pie equino y equino-plano-valgo son comunes en el paciente con PC. El equino es el resultado del

acortamiento de los músculos gastrocnemios y sóleo, produciendo plantarflexión del calcáneo. Esto crea un acople excesivo PF-ER (19).

El equino en el PC bilateral comúnmente evolucionará a equino-plano-valgo con plantarflexión/eversión del calcáneo, asociado con pronación excesiva del mediopié. La rotación interna de la extremidad, como resultado de la anteversión femoral persistente, favorece la pronación persistente del pie, que eventualmente progresa hacia el pie equino-plano-valgo. El compromiso del mediopié produce un debilitamiento importante del acople PF-ER (19).

La deformidad en equino-plano-valgo es problemática pues, aunque la eversión del calcáneo con pronación de la articulación subtalar es normal en la respuesta a la carga, el pie debe recuperarse suficientemente hacia una postura supinada para responder a la fuerza plantar-flexora efectivamente. El no supinar adecuadamente compromete la rigidez del pie necesaria para que el acople PF-ER sea efectivo (19).

Esto se amplifica durante el apoyo terminal cuando se genera la fuerza de propulsión. La fuerza propulsora del gastro-sóleo en un pie flexible y pronado produce estrés en las estructuras ligamentosas y óseas del medio pie medial, las cuales con el tiempo se alargan y deforman (19).

El gastro-sóleo contracturado o tenso limita la dorsiflexión del tobillo y mantiene el calcáneo en una postura de plantar flexión y eversión. En la segunda mecedora la dorsiflexión se convierte en un movimiento compartido entre el tobillo y el pie, la acción del gastro-sóleo fuerza que este movimiento se produzca en el mediopié. Se desarrolla un segundo tobillo en el medio pie, pues el medio pie se encuentra en una dorsiflexión y abducción excesiva, y esto es conocido como la fragmentación del medio pie (19).

La meta principal del manejo ortésico en el paciente con PC será de abajo hacia arriba: disminuir el compromiso progresivo del acople PF-ER en apoyo-producto del tono proximal, el declive de la fuerza y la progresión de la disfunción del brazo de palanca. Esta meta puede quedarse sin cumplir

si únicamente pensamos en una ortesis, por lo que un manejo apropiado se alcanzará mediante otras intervenciones complementarias, cuando así lo amerite el paciente.

## Capítulo 2. Patrones múltiples articulares para describir la marcha en los niños con Parálisis Cerebral

Los sistemas de clasificación de marcha son propuestos para ayudar a clínicos e investigadores a separar la marcha patológica en diferentes categorías, para mejorar la comunicación entre médicos, como base para planear tratamientos y permitir la valoración de los cambios en el tiempo. Papageorgiou et al (20) realiza una revisión sistemática de la literatura respectiva en el 2019 para identificar los patrones múltiples articulares más utilizados al describir la marcha de los niños con parálisis cerebral, y realiza un consenso de sus definiciones.

Dentro de esta revisión se expone que la calidad metodológica de este tipo de estudios ha mejorado, lo que alienta a utilizar estas clasificaciones de marcha en la práctica clínica. Al ser el fisiatra un especialista en la biomecánica y en detectar alteraciones de la marcha, podría ser útil lograr determinar cual tipo de férula sería la más indicada, según el patrón múltiple articular que se detecte.

Se llega al consenso para 6 patrones articulares: *genu recurvatum*, pie caído, equino verdadero, marcha saltarina, equino aparente y marcha agazapada. Estos patrones se han probado para validez y fiabilidad, y frecuentemente son utilizados dentro de diferentes sistemas de clasificación para la marcha (20).

Muchos de los sistemas de clasificación de marcha fueron descritos inicialmente para ser aplicados en una población específica, ya sea en hemiplejía o en diplejía. Basado en esta revisión impresiona que los patrones de múltiples articulaciones donde existe el consenso de investigadores, se observan en ambas poblaciones, por lo que se puede extrapolar el uso de estos patrones en cualquiera de estas (20).

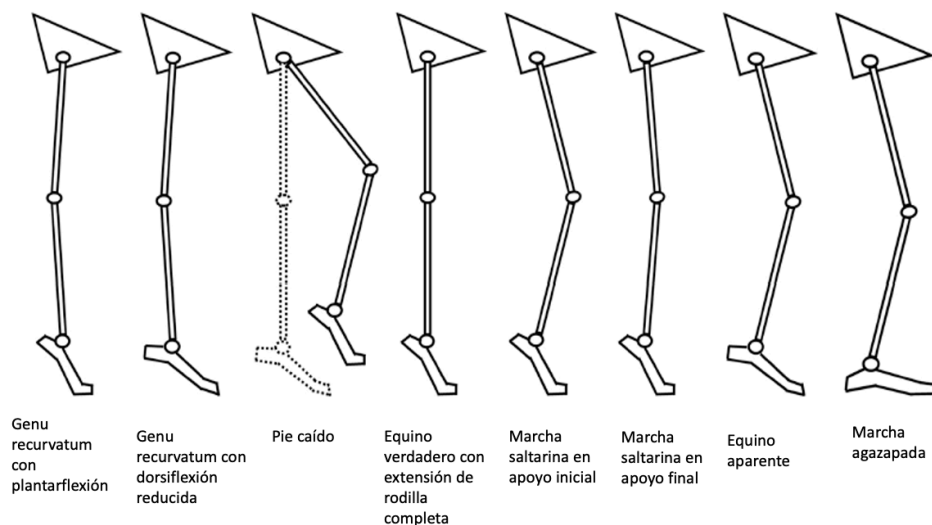


Figura 4. Patrones múltiples articulares con consenso.

### *Genu recurvatum*

Se caracteriza por presentar una extensión completa de la rodilla o hiperextensión durante la fase de apoyo, con el movimiento de la cadera cercano a lo normal en esta fase, y con alteración del control motor del tobillo, que resulta en plantarflexión o disminución de la dorsiflexión (20).

Las alteraciones de la marcha en estos niños se tratan con una OTP sólida. Esta es diseñada para prevenir el movimiento del tobillo durante la fase de apoyo, dando soporte indirecto y mejorando el control de la articulación de la rodilla (19), controlando efectivamente la flexión plantar excesiva en apoyo medio, corrigiendo la hiperextensión de rodilla (17). También controla la flexión plantar excesiva en el balanceo por la función inefectiva de dorsiflexores (17). Está indicada cuando es necesario controlar la deformidad triplanar del medio pie, pues abarca la mayor superficie de la extremidad (17, 19). El déficit funcional es tan severo que el movimiento del tobillo no se puede permitir, pues sacrificaría la estabilidad (6).

La posición del tobillo dentro de la férula es determinante para controlar el *recurvatum*. Para esto, la férula sólida debe acomodar la flexión plantar a través de la colocación de cuñas, creando una



alineación favorable para corregir el *recurvatum*. Esto también mejora el control del medio pie dentro de la ortesis, previniendo la formación de callosidades, incomodidad y dolor durante la descarga de peso (19).

### Pie caído

Se presenta con el pie caído durante la fase de balanceo, causado por una flexión plantar aumentada o pérdida de dorsiflexión, pero con el arco de movilidad de dorsiflexión adecuado. Hay un aumento de flexión de rodilla en el balanceo terminal, contacto inicial y en respuesta a la carga. Durante el balanceo hay hiperflexión de cadera, y se presenta con aumento de la lordosis durante todo el ciclo de marcha (20).

Si se alcanza una longitud adecuada del gastrocnemio, y no hay alteración en el arco de movilidad del tobillo, se indica una ortésis que puede permitir la dorsiflexión durante el apoyo (19). Permitir el movimiento en el tobillo cuando el rango gastro-sóleo esta limitado causará la fragmentación del mediopié, y consecuentemente afectará la estabilidad en la fase de apoyo (19).

La principal indicación de la OTP de hoja posterior es prevenir el pie caído en la fase de balanceo, controlando la plantarflexión excesiva causada por dorsiflexores débiles o con activación inefectiva, y asegurando el preposicionamiento adecuado del pie para que el contacto inicial sea con el talón. También permite la dorsiflexión en el apoyo medio durante la segunda mecedora, y brinda un efecto dinámico, como un resorte en el apoyo terminal y prebalanceo, aumentando la tercer mecedora (6, 17, 19, 21).

La OTP articulada con freno a la plantarflexión usualmente se prescribe para los niños más jóvenes (19). Es una ortesis para controlar el pie en la fase de apoyo y en la fase de balanceo. Está indicada para controlar la plantarflexión excesiva en el balanceo (pie caído), producida por dorsiflexores débiles o inefectivos (6, 21).

## Equino verdadero

La principal desviación en este caso es el arco de movilidad del tobillo en equino. El tobillo se encuentra en equino durante la fase de apoyo, la rodilla está en completa extensión (su movimiento es normal), la cadera completa su extensión, y la pelvis se presenta con un arco de movilidad normal o con basculación anterior (20).

En este caso, una ortesis sólida que controle la plantarflexión en el apoyo será lo indicado.

## Marcha saltarina

Se caracteriza por presentar el tobillo en equino durante el apoyo, principalmente en el apoyo final. La rodilla y la cadera están en hiperflexión en apoyo inicial, seguido por una extensión variable en el apoyo final. La pelvis tiene arco de movilidad normal o basculación anterior (19, 20). El acople FP-ER es insuficiente para extender completamente estas articulaciones, contra músculos proximales débiles y endurecidos (19). Se debe priorizar la corrección de la deformidad del pie y el tobillo, y la estabilización del tobillo en el plano sagital, por encima de permitir el movimiento del tobillo en esta fase (19).

El manejo ortésico debe enfocarse en reestablecer la función del pie como una palanca rígida, al acomodar la contractura del gastrocnemios y dar soporte al mediopié. Esto optimiza la capacidad de la ortesis para dar soporte a una extensión de rodilla apropiada durante el apoyo (19).

Para los niños más pequeños, con menor grado de flexión de rodilla y cadera en la marcha, es apropiada una férula sólida que sea suficientemente rígida para dar soporte al peso del cuerpo durante el apoyo en una extremidad (19). Esta ortesis controla la plantarflexión excesiva en el apoyo medio y final secundaria a la espasticidad del gastro-sóleo (17).

Conforme el niño crece, y la flexión de rodilla en la fase de apoyo aumenta, una férula de reacción al suelo puede brindar mayor soporte en la rodilla (19). El panel rígido anterior ayuda a resistir la

flexión excesiva de rodilla, al actuar sinérgicamente con la pieza del pie rígida más distal (19). Dirige al vector de la FRS anterior a la rodilla al controlar la progresión de la tibia sobre el pie plantígrado, brindando un momento extensor en la rodilla y reduciendo la demanda del cuádriceps (17, 21).

### Equino aparente

El tobillo se encuentra en equino durante la fase de apoyo, pero en este caso el arco de movilidad del tobillo es normal. La rodilla y la cadera están en hiperflexión durante la fase de apoyo, y la pelvis tiene un arco de movilidad normal o basculación anterior (20).

Para los niños más pequeños y de mayor funcionalidad que se presenten con esta marcha y con menor severidad de la flexión de rodilla y de cadera, una férula sólida (19) o una articulada con bloqueo a 90° es adecuada, pues controlan el equino en el balanceo y el apoyo. Conforme el niño crece una ortesis de reacción al suelo será lo más indicado (19).

Estos 2 diseños dan soporte al medio pie, mejoran la alineación y mejoran el acople FP-ER, siempre y cuando el ángulo del tobillo en la ortesis acomode las contracturas existentes (19).

### Marcha agazapada

Se presenta con el tobillo en dorsiflexión excesiva durante la fase de apoyo, con la cadera y la rodilla en hiperflexión (17, 19, 20). La pelvis tiene un arco de movimiento normal o basculación anterior o posterior (20); y se asocia frecuentemente a una deformidades rotacionales (19). Este tipo de marcha es la máxima expresión de compromiso del acople FP-ER (19).

La meta principal de ortesar estos niños es reestablecer el acople FP-ER, y aumentar la extensión de rodilla (19). La férula de reacción al suelo tiene el máximo potencial para restaurar el acople plantarflexión-extensión de rodilla (6, 17, 19, 21), siendo efectiva en controlar la dorsiflexión excesiva en apoyo medio y en corregir la hiperflexión de rodilla que la acompaña como resultado del no acople plantarflexión-extensión de rodilla (17, 21).

Esta marcha lleva a un aumento en el momento interno de extensión de rodilla, lo que causa una sobrecarga patelofemoral (17). Conforme el niño crece, la sobrecarga extensora aumenta, resultando en mayor flexión de rodilla, lo que empeora más esta sobrecarga. La marcha agazapada es progresiva y con el tiempo existe el riesgo de perder la capacidad de caminar con este patrón, careciendo de capacidad de marcha en adolescencia o adultez (17).

Estos pacientes deben ser valorados por ortopedia pues frecuentemente ameritan intervenciones multinivel (6, 17, 19). Limitaciones proximales en el arco de movilidad de cadera y de rodilla y el ángulo de progresión externo relacionado a la torsión tibial deben ser intervenidos primero para que el beneficio de la aplicación de ortesis sea máximo (6, 17, 19, 21). El manejo quirúrgico puede mejorar la efectividad de las ortesis, disminuyendo su complejidad, el riesgo de complicaciones ortésicas, e inclusive eliminando la necesidad de ortesis (6).

Existe evidencia que el uso de férulas luego de una cirugía multinivel brinda mayor mejoría en parámetros de la marcha, en comparación con la cirugía únicamente, indicando que ambas intervenciones son muy importantes para alcanzar una mejor postura (22).

Podemos entonces distinguir dentro de las desviaciones de la marcha de los pacientes con parálisis cerebral, estos patrones múltiples articulares y utilizarlos para describir la marcha patológica. Es importante también dividir las alteraciones entre eventos que ocurren en la fase de apoyo y la fase de balanceo, recordando cuáles son los requisitos biomecánicos para mantener la eficiencia de la marcha.

## Capítulo 3. Ortésica

Las ortesis para tobillo-pie (OTP) abarcan la articulación del tobillo y todo o parte del pie (19, 23). Representan parte importante de un programa integral de rehabilitación, pues permiten que muchos pacientes caminen con mayor estabilidad y confianza, permitiéndoles volver a actividades que realizaban previamente o desarrollar nuevas habilidades.

Las ortesis dan control directo a la articulación que envuelven y brindan control indirecto a la próxima articulación (17, 24). La OTP brinda control directo sobre el tobillo y control indirecto sobre la rodilla; se puede aumentar o disminuir el efecto de una OTP en el movimiento de la rodilla al ajustar la cantidad de control que tiene sobre el movimiento de la articulación del tobillo (6, 17, 19, 24). La combinación del control articular directo e indirecto puede reducir los retos neurobiomecánicos que tiene el paciente, mejorando su movilidad (24).

La magnitud de la influencia de la ortesis se alcanza mediante la selección de los materiales, las líneas de corte y los diferentes tipos de los componentes mecánicos de la articulación de tobillo (8, 19, 23).

Las ortesis o férulas se prescriben para minimizar el impacto negativo de las alteraciones mecánicas de las extremidades inferiores que puedan influenciar el caminar; mejorando la estabilidad, preservando el rango de movimiento articular y modulando las fuerzas deformantes comunes en la parálisis cerebral infantil (19).

Se puede indicar una ortesis para aplicarse en 1 o más de las siguientes situaciones (8, 19):

- A. Dar soporte y alineación.
- B. Controlar el movimiento.
- C. Prevenir o corregir deformidad.
- D. Sustituir una función, como compensación de la debilidad dorsiflexora.
- E. Tratamiento del dolor e incomodidad.

## A. Selección del material

La selección del material adecuado para la ortesis se determina durante la evaluación del equipo rehabilitador. El diseño ortésico individual debe considerar los efectos del cambio de volumen, los movimientos normales y anormales en los diferentes planos, el peso, la talla y el nivel de actividad del paciente; así como otros factores que también son importantes y afectan la selección del material como la durabilidad y la facilidad para colocarlo y retirarlo.

Existen diferentes materiales en los que se puede confeccionar la ortesis:

- **Diseños en cuero y metal:** son beneficiosos cuando hay grandes cambios de volumen en la extremidad del paciente, y es necesario el control biplanar de la misma (8).
- **Termoplástico:** da control triplanar, con menor peso del aditamento y mejor aspecto estético (8). Son ventajosas pues permiten el moldeo personalizado, creando un contacto íntimo con el pie y el tobillo del paciente.
  - El polipropileno es un plástico relativamente rígido que brinda soporte estructural sólido. Es de larga duración, pero más difícil de moldear que otros plásticos. Es más apropiado en niños con tono muy aumentado, de mayor tamaño y peso y con contracturas más significativas y estructuradas (17).
  - El polietileno, de menor densidad, es menos rígido, más flexible y fácil de moldear; permitiendo un ajuste más íntimo del tobillo y el pie. Es el material más apropiado en niños con menor tono, más pequeños y con contracturas leves y dinámicas (17).
  - El copolímero es una mezcla de polipropileno y polietileno, se puede usar cuando se necesitan ortesis moldeadas además de niveles intermedios de rigidez estructural. Para aumentar rigidez dentro de este material se pueden encapsular tiras de fibras de carbono u otros materiales que aumenten la rigidez del termoplástico (17).
- En diplejía las férulas de plástico son más beneficiosas en el consumo de oxígeno comparado con férulas de metal y cuero (21).

- **Las Fibras laminadas:** generalmente de fibra de carbono, producen una ortesis fuerte y liviana, con rigidez aumentada para las deformidades triplanares y pacientes más activos (8).
- Los **diseños híbridos** ofrecen opciones combinadas de termoplásticos y fibras laminadas, además de articulaciones de metal o de plástico (8).

## B. Selección de los componentes

Las articulaciones mecánicas pueden presentarse en aluminio, acero inoxidable o plásticos temperados; su función puede ser limitar o aumentar el rango disponible de la articulación, y controlar el plano en el que el movimiento ocurre al caminar (8).

La selección de la articulación se basa en el control mecánico deseado, los niveles de actividad actuales y los esperados, y el control neuromuscular actual y el esperado para el paciente (8, 25).

## C. Ortesis prefabricadas y personalizadas

Las ortesis prefabricadas existen en muchos estilos y materiales. Son de bajo costo y se utilizan en un escenario de evaluación o temporal (8). Este tipo de ortesis puede llevar un proceso de ajuste personalizado, y así se pueden utilizar temporal o definitivamente, dependiendo de la necesidad del paciente. Este proceso aumenta el costo de la ayuda técnica, pues es necesario un proceso de ajuste detallado por parte del ortesista, para maximizar la función y acomodo (8).

Las ortesis personalizadas son un modelo único, cada una se hace desde un molde del paciente respectivo, son las que conocemos como moldeadas. Estas se utilizan de manera permanente, para los pacientes con perfiles difíciles de ajustar; el costo es comparable con las de ajuste personalizado, pero el talle y su función son superiores a las prefabricadas o de ajuste personalizado (8).

#### D. Elementos y líneas de corte para el soporte estructural

En la confección de las OTP es importante identificar los elementos y las líneas de corte que resisten la supinación, así como los que resisten la pronación. Estos se aplican en la confección de la ortesis para controlar las desviaciones del pie en el plano frontal (25). Es necesario recalcar que estos elementos se llevan a cabo durante la fabricación de la ortesis, tomando el molde de la manera adecuada, devolviéndole la alineación al pie, y haciendo presión en los sitios donde se indica el soporte.

Los elementos que resisten la supinación lo conforman el soporte supramaleolar, un elemento del retropié que resiste el varo de calcáneo, asociado a los elementos del medio pie que resisten la depresión del arco y la aducción del mediopié, repartiendo la carga: el soporte del arco longitudinal medial, las líneas de corte que resisten aducción de mediopié y la cuña lateral en antepié que compensa el valgo del antepié. Las líneas de corte en este caso serán: en la parte medial anterior a línea media lateral del tobillo, siguiendo el dorso del primer metatarso, hasta el surco de los ortejos o distal al primer ortejo; y en la parte lateral siguiendo el aspecto dorsal del 1er metatarso y hasta la mitad de la diáfisis del 5to metatarso (25).

Los elementos que resisten la pronación se conforman con los elementos del retropie que dan soporte al valgo, el soporte de *Sustentaculum Tali* y el soporte supramaleolar; junto con los elementos del mediopié que resisten la depresión del arco y la abducción del mediopié- el soporte del arco medial longitudinal, las líneas de corte para pronación que resisten la abducción y la cuña medial en el antepié que compensa el varo del antepié. Las líneas de corte en este caso se realizan en la parte medial anterior a línea media medial del tobillo, Siguiendo el dorso del 1er metatarso y hasta proximal a la cabeza del 1er metatarso; en la parte lateral será siguiendo el aspecto dorsal del 5to metatarso y hasta el surco lateral del pie (25).



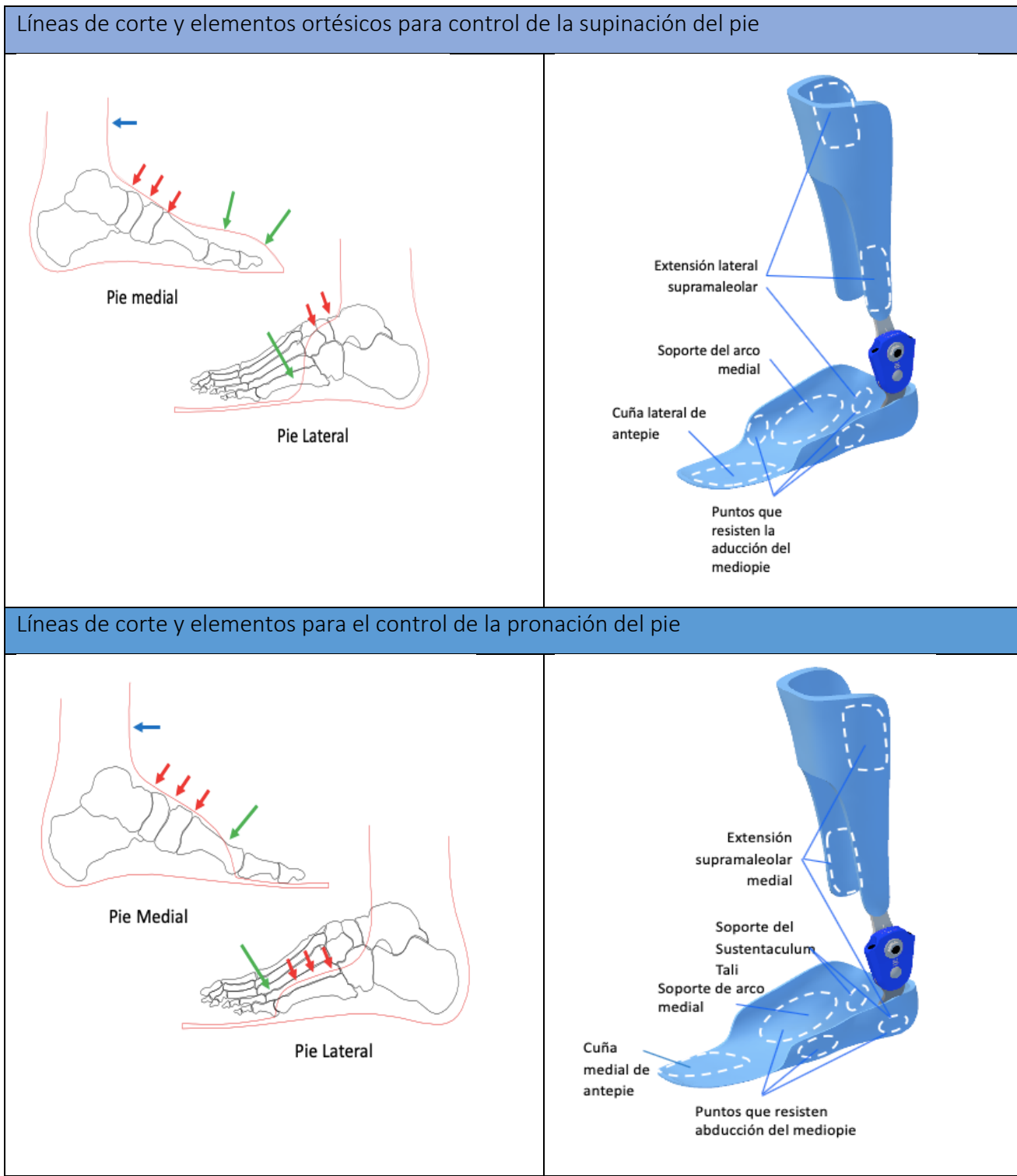


Figura 5. Líneas de corte y elementos de soporte en las ortesis tobillo-pie

## E. El diseño

En los pacientes con PC con niveles GMF I, II y III, la prescripción de ortesis tiene como meta mejorar y mantener una marcha eficiente, así como prevenir la deformidad (24). La magnitud de la respuesta de la ortesis se alcanza seleccionando adecuadamente los materiales, el diseño, las líneas de corte y los componentes mecánicos de la articulación de tobillo (8, 19, 23). El diseño será particular para alcanzar efectos positivos específicos en la marcha. La calidad de los estudios en los que se evalúan los efectos de las ortesis en los niños con PC es muy variada, y es difícil determinar exactamente la eficacia de las férulas en la marcha. En el 2017 Aboutorabi et al (21) realizaron una revisión sistemática de la literatura para determinar el efecto de las férulas en la marcha de estos niños. Esta sección tiene como complemento los resultados de esta investigación.

### Ortesis University of California Biomechanics Lab -UCBL

La ortesis UCBL puede controlar deformidades en varo o en valgo del retropié y compensar las deformidades del antepié (6). Contacta toda la superficie plantar del pie y tiene líneas de corte bajas lateral y medialmente.

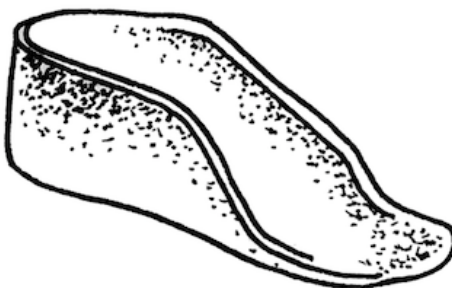


Figura 6. Ortesis UCBL

Es diseñada para controlar el alineamiento segmentario del pie, brindando un arco relativamente rígido para dar soporte a la porción medial del mediopié (6, 17).

Es indicada únicamente en el manejo de deformidades del pie aisladas, que todavía son corregibles pasivamente, no tiene ningún papel en el manejo de las desviaciones de la marcha en niños con PC (17).

### Ortesis supramaleolar

Esta ortesis contacta toda la superficie plantar del pie, con líneas de corte que se extienden sobre el maléolo medial y el lateral, puede controlar deformidades en varo o en valgo del retropié y compensar las deformidades del antepié (6).



Figura 7. Ortesis supramaleolar

Es diseñada para mejorar la alineación segmentaria del pie al capturar y controlar el retropié. En el pie flexible con un acople normal entre los segmentos del pie, la alineación del mediopié y el antepié deben también mejorar. Las líneas de corte proximales van de manera que no restringen la dorsiflexión ni la plantarflexión en el tobillo (17). El brazo de palanca más largo de la SMO permite que se pueda utilizar con deformidades del retropié y del mediopié más severas, brinda soporte al arco longitudinal del pie, así como control en varo o valgo del retropié (6).

Es indicada en el manejo de deformidades del pie leves o corregibles pasivamente, en pacientes sin espasticidad significativa, no tiene ningún papel en el manejo de alteraciones de marcha en los niños con PC (17).

### Ortesis de hoja posterior o resortada

Es una férula que tiene una abrazadera a la pantorrilla unida a una pieza longitudinal -que puede ser de diferentes medidas y flexibilidad detrás del tobillo (la hoja)- se ensancha para envolver al talón, y luego se extiende hasta la punta de los ortejos (6). La parte posterior se adelgaza desde el tercio distal del segmento de la tibial hacia el margen proximal del retropié, permitiendo que la ortesis se doble para acomodar la dorsiflexión del tobillo (17). En el sistema de salud costarricense se conoce como ortesis de maléolos libres.

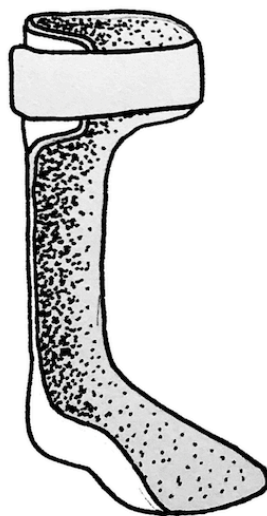


Figura 8. Ortesis de hoja posterior

El material utilizado y el arco que se le da a la hoja posterior afectan la rigidez de la férula. La flexibilidad depende del grosor del material, el radio de curvatura de la hoja y las características del material utilizado (6).

Se aplica en pies con deformidades leves y corregibles pasivamente, en pacientes con espasticidad leve y sin contracturas. Su principal indicación es prevenir el pie caído en la fase de balanceo, controlando la plantarflexión excesiva causada por dorsiflexores débiles o con activación inefectiva, y asegurando el preposicionamiento adecuado del pie para que el contacto inicial sea

con el tobillo. También permite la dorsiflexión en el apoyo medio durante la segunda mecedora, y brinda un efecto dinámico, como un resorte en el apoyo terminal y prebalanceo, aumentando la tercer mecedora (6, 17, 21). También se indica en deficiencias de la segunda mecedora en la fase de apoyo, pues controlan el equino dinámico en esta fase. Eliminar el levantamiento prematuro del talón mejora la eficiencia en la generación de poder del apoyo medio y mejora la estabilidad en la fase de apoyo (6, 21). Comparada con otras ortesis más rígidas, esta facilita actividades que requieren dorsiflexión del tobillo como levantarse del piso, subir escaleras o levantarse de una silla (6, 17, 21).

La rigidez apropiada del material continúa siendo una intriga. Sería ideal que la rigidez del material del aparato se pudiese individualizar según las necesidades del paciente, resistiendo la dorsiflexión adecuadamente en la segunda mecedora y devolviendo la energía para el despegue en la tercera (6).

Actualmente, el ortesista utiliza su experiencia para adaptar las características de los materiales y el diseño para alcanzar de la mejor manera la meta de prescripción del médico tratante.

El análisis de marcha instrumentado demuestra que es efectiva en reducir la plantarflexión excesiva en balanceo y permitir la dorsiflexión en apoyo. Además, aumenta la absorción del poder en apoyo medio y disminuye la generación de poder en apoyo terminal, lo cual puede significar que disipa la energía en lugar de aumentarla (17, 21). En los pacientes con hemiplejía, es efectiva en mejorar el arco de movilidad de rodilla y tobillo, los momentos flexores de rodilla y la velocidad de marcha (21).

Sólo se deben utilizar cuando las deformidades del plano coronal o transversal pueden ser corregidas pasivamente, aplicando poca fuerza, y sin necesidad de agregar fuertes elementos de soporte estático. Este diseño está contraindicado cuando hay dorsiflexión o plantarflexión excesiva en apoyo medio, durante la segunda mecedora (17).

## Ortesis articuladas

Las ortesis articuladas usualmente se prescriben en niños pequeños (6). Es diseñada para pacientes con deformidades de pie leves y pasivamente corregibles, con espasticidad leve y sin contracturas (17).

La parte posterior de la férula captura los maléolos y la mitad posterior de la pantorrilla. Hay una separación completa de la pieza tibial y la pieza del pie, ambas partes se unen por una articulación metálica o plástica. El plástico utilizado para su fabricación es más rígido para prevenir su deformación con la descarga de peso durante la marcha (17).

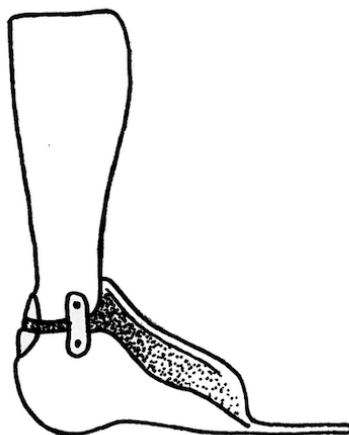


Figura 9. Ortesis articulada

La flexibilidad que representa la articulación del tobillo permite el movimiento necesario para adquirir nuevas habilidades motoras, y realizar actividades como ponerse de pie desde una posición sedente, o hacer transferencia entre posiciones y subir escaleras (6, 17, 21).

Es una ortesis para controlar el pie principalmente en la fase de balanceo. Está indicada para controlar la plantarflexión excesiva en el balanceo (pie caído), producida por dorsiflexores débiles o inefectivos (6, 21).

El rango de movilidad de la articulación de la ortesis se puede modificar: puede ser libre o con tope a la dorsiflexión, a la plantarflexión, o ambas, según sea necesario para alcanzar diferentes objetivos (6). La articulación se coloca sobre el maléolo correspondiente, puede estar alineada con el centro de rotación del tobillo (17). La articulación puede ser de materiales diferentes y estar diseñada mecánicamente para darle propiedades específicas a la función de la ortesis. La alineación de la articulación puede ser mecánica, aislando el movimiento solo al plano sagital, o anatómica alineada con el eje anatómico transmalleolar, que resulta en una combinación de abducción, eversión y dorsiflexión (25).

Generalmente, son más anchas en el tobillo lo que hace que sea difícil encontrar un zapato comercial que pueda servir con la férula. Es más trabajosa y costosa para fabricar, y usualmente dura menos debido al desgaste de la articulación de la ortesis, por lo que muchas veces se prefiere la resortada sobre la articulada (17). Además, introducir la articulación va a alterar íntimo ajuste de la ortesis, perdiendo el control del retropié (19).

Estudios con análisis de marcha demuestran que es efectiva para disminuir la flexión plantar excesiva durante el balanceo y en apoyo medio, y en permitir la dorsiflexión del tobillo en apoyo final. Mejora la longitud del paso, la velocidad de marcha (17, 21), el costo energético (17), y la simetría de la marcha (21).

En el paciente con hemiplejía tiene un efecto positivo en el movimiento articular de rodilla y cadera, y en la generación de poder del tobillo, naturalizando el patrón de marcha y disminuyendo el gasto energético (21).

Cuando tiene bloqueo a la plantarflexión, esta ortesis previene la deformidad dinámica en equino en el contacto inicial, siendo efectiva en recuperar la primera mecedora de la marcha (21).

Está contraindicada cuando hay una dorsiflexión excesiva del tobillo en el apoyo medio, pues puede empeorar el patrón de marcha, si no tiene tope en la dorsiflexión y permite la flexión de

rodilla (17, 21). Si el gastrocnemios tiene limitado su arco de movilidad, y esta férula previene la plantarflexión, el gastrocnemios se va convirtiendo cada vez más en un flexor de rodilla, conforme se va perdiendo el acople plantarflexión-extensión de rodilla (6). Además, permitir el movimiento en el tobillo cuando el rango gastro-sóleo está limitado, causará la fragmentación del mediopié, y consecuentemente afectará la estabilidad en la fase de apoyo (19). Este diseño sólo se debe utilizar cuando las deformidades del plano coronal o transversal pueden ser corregidas pasivamente, aplicando poca fuerza.

La férula articulada con tope a la plantarflexión puede ser segura en niños pequeños, pero conforme los niños crecen se deben buscar mejores métodos para alcanzar buenos resultados funcionales, pues este tipo de férula puede contribuir al desarrollo de la marcha agazapada (6, 17, 21). Estas ortesis se prefieren en el tratamiento de la hemiplejía pues estos niños son menos propensos a la marcha agazapada. Es importante tener el cuidado de no sacrificar la función a largo plazo por metas funcionales más inmediatas, utilizando esta férula en niños con diplegia o tetraplegia para mantener un pie plantígrado a expensas del aumento de flexión de rodilla, contribuyendo progresivamente a la marcha agazapada (6).

Es parte del trabajo del ortesista decidir cuál tipo articulación será la indicada, según las metas de tratamiento, la evaluación biomecánica del paciente, su peso y su nivel de actividad (25).

### **Ortesis sólida**

Una férula sólida es un diseño tan rígido que no permite el movimiento del tobillo, y en el sistema de salud costarricense se conoce como “ortesis de maléolos incluidos”. Está indicada cuando hay espasticidad severa que va en aumento, debilidad asociada con pobre control motor y cuando hay deformidades moderadas en el pie (6, 17). Controla la alineación y brinda estabilidad. El déficit funcional es tan severo que el movimiento del tobillo no se puede permitir, pues sacrificaría la estabilidad (6).



Su diseño contacta toda la planta del pie, su línea de corte posterior se extiende hasta o por encima del tercio proximal de la pantorrilla. Es fabricada en un plástico rígido que resiste la deformación al descargar peso. Debido a su rigidez, esta férula puede acomodar desalineaciones del pie moderadas restaurando la función de palanca del segmento del pie. Las líneas de corte de la pieza del pie se pueden modificar para acomodar o corregir la alineación del retropié y los ortejos. Bloquea el tobillo en una posición plantígrada, fijando rígidamente la relación entre el segmento tibial y el pie (17).



Figura 10. Ortesis sólida

Es una férula para controlar la fase de apoyo y la fase de balanceo. Controla la plantarflexión excesiva en el apoyo medio secundaria a la espasticidad de estos músculos, la dorsiflexión excesiva en el apoyo medio por la incompetencia de los plantarflexores en niños más pequeños y livianos, y la flexión plantar excesiva en la fase de balanceo debido a la función inefectiva de los dorsiflexores. Indicada también en el pie equinoplanovalgo leve-moderado y equinocavovarus (17). Si el gastrocnemios tiene limitado su arco de movilidad, al prevenir la plantarflexión, este músculo se va convirtiendo cada vez más en un flexor de rodilla, conforme se va perdiendo el acople plantarflexión-extensión de rodilla (6). Su contraindicación relativa es en la marcha agazapada, pues existen mejores opciones para esta alteración (21).

El análisis de marcha demuestra su efectividad en: controlar la flexión plantar excesiva en apoyo medio (corrigiendo la hiperextensión de rodilla); limitar la dorsiflexión en apoyo medio (bloqueando la segunda mecedora); y limitar la flexión plantar en el apoyo terminal y el prebalanceo (bloqueando la tercer mecedora) (17). Además, mejoran la velocidad de marcha como resultado del aumento en la longitud del paso (17, 21). Producen una reducción del coste energético, que se relaciona con una marcha más rápida y más eficiente en niños con diplejía (21). Aumentan la longitud de zancada, con resultados inconsistentes en cadencia (21). Mejora el ángulo de flexión de rodilla, acercándolo más a ángulos típicos, produciendo una reducción en la fuerza muscular necesaria en la fase de apoyo y menor costo energético al caminar (21).

### Ortesis de reacción al suelo (ORS)

La férula de reacción al suelo tiene el máximo potencial para restaurar el acople plantarflexión-extensión de rodilla (6, 17, 21). Contacta toda la planta del pie. Tiene una línea de corte que se extiende hasta el tercio proximal del segmento tibial, donde tiene una abrazadera anterior rígida. Se fabrica en un plástico relativamente rígido para que resista la deformación en la descarga de peso (17).

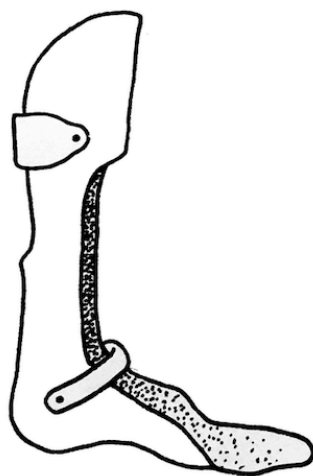


Figura 11. Ortesis de reacción al suelo

Es una férula para controlar la fase de apoyo, bloquea el tobillo y brinda resistencia máxima a la dorsiflexión del tobillo (17). Es la indicada cuando la función de plantarflexión es totalmente incompetente, como cuando existe el antecedente de alargamiento del tendón de Aquiles (6). Es efectiva en mejorar la extensión de rodilla al final de la fase de apoyo (17,21). El vector de la FRS se dirige anterior a la rodilla al controlar la progresión de la tibia sobre el pie plantígrado, brindando un momento extensor en la rodilla y reduciendo la demanda del cuádriceps (17,21). Esta ortesis se puede utilizar para minimizar la marcha agazapada y liberar estrés en la rodilla cuando hay deficiencia de la función extensora, como en patela alta (6).

El análisis de marcha la encuentra efectiva en controlar la dorsiflexión excesiva en el apoyo medio, y en corregir la hiperflexión de rodilla que la acompaña como resultado del no acople plantarflexión-extensión de rodilla (17, 21). En los pacientes con diplejía, aumenta la longitud de zancada, la cadencia y la velocidad de la marcha (21).

Para que esta ortesis funcione efectivamente, la cadera y la rodilla pueden tener contracturas mínimas únicamente, y el eje largo del pie debe estar alineado con el eje de flexo-extensión de rodilla (6, 17).

Contracturas en flexión de rodilla  $>15-20^\circ$ , contractura en flexión de cadera  $>30^\circ$  y el ángulo muslo pie mayor a  $15^\circ$  externo deben ser una contraindicación o deben tener una resolución quirúrgica previa a la utilización de estas férulas (6, 17, 21), al igual que la torsión tibial o cualquier deformidad no corregida del pie que afecte adversamente la alineación del pie con respecto a la rodilla (6, 19).

Es difícil ponerla y quitarla, pues requiere el posicionamiento en plantarflexión para la entrada de la extremidad por la parte posterior de la férula (17), y esto se debe tomar en cuenta en el momento de la prescripción.

## F. El proceso de confección ortésico

El proceso que lleva hacer una ortesis personalizada es complejo y requiere las habilidades de un ortesista entrenado (8). Según las normas de ortoprotésica de la Organización Mundial de la Salud (16), un ortesista es una persona que ha completado un curso de formación y capacitación y está facultada por una autoridad nacional para diseñar, medir y adaptar ortesis, siendo parte además del equipo rehabilitador.

Este proceso ortésico inicia cuando el paciente tiene la indicación de la ortesis por parte del médico y solicita en una casa ortopédica la fabricación de esta. Al ser este un acto clínico, el ortesista también cumple un protocolo de valoración que debe estar establecido. Debe realizar también una entrevista y una evaluación biomecánica, para luego incluir en el diseño todos los elementos que, desde el punto de vista de su profesión, sean necesarios. Se debe enfatizar que la magnitud del efecto de la ortesis se alcanza mediante la selección de los materiales, las líneas de corte y los diferentes tipos de componentes mecánicos de la articulación de tobillo (8, 19, 23).

El papel del ortesista es diseñar, probar, alinear, ajustar, entregar y revisar la ortesis capaz de alcanzar los objetivos biomecánicos consensuados por el equipo (24). Si la meta de la ortesis es asistir con la función dinámica de la marcha, primero, el ortesista debe ser capaz de valorar la alineación existente, y luego fabricar una ortesis que sea bien tolerada y en lo posible devuelva la alineación. Además, el ortesista debe reconocer cuándo no es posible, por ejemplo cuando existe una deformidad rígida del pie, una malrotación tibial o una deformidad en valgo de la tibia distal (6).

Dentro de las capacidades del ortesista, está el incorporar diferentes piezas en la estructura de la ortesis para compensar diferentes alteraciones en la alineación; por ejemplo, se puede incorporar una cuña interna en el antepié (dentro de la pieza del pie) como parte de la ortesis, para compensar la deformidad en abducción en el antepié (25). No reconocer la deformidad en el plano coronal del antepié puede causar intolerancia a la ortesis, o el fallo de su función (6), por lo que

se debe confeccionar adecuadamente la pieza, buscando el adecuado control del mediopié, con la aplicación correcta del arco longitudinal medial (6, 19, 25).

El proceso ortésico incluye la toma de medidas lineares y circunferenciales de la extremidad afectada en un momento inicial, luego se valoran las desalineaciones articulares y se realiza la corrección respectiva, valorando si estas desalineaciones están estructuradas o son dinámicas (8, 25).

La ortesis se fabricará a partir de un molde en negativo. La toma de molde es de gran importancia en la confección de la ortesis, se debe realizar sin carga de peso, con la articulación subtalar en posición neutra (25). Identificar y entender la posición neutral subtalar es clave para la toma del molde, el diseño de la pieza del pie y la toma adecuada del ángulo del tobillo (6). Para tomar el molde negativo se aplica yeso o fibra de vidrio en la extremidad, corrigiendo y alineando las palancas del pie y el tobillo, con relación a las estructuras de la rodilla y la cadera (8). Para una mejor toma de molde, se recomienda utilizar vendas de yeso o fibra de vidrio de diferentes anchos; se puede utilizar una de 50mm para mejorar los detalles en estructuras óseas como el retropié y el mediopié, y luego una venda más ancha, de 75mm, en las áreas de tejido blando y en el antepié (25). Los pasos a seguir para envolver el pie y el tobillo en la toma de este molde también siguen un protocolo estructurado, se debe mantener la posición correcta del pie y el tobillo, devolviéndole su alineación; por ejemplo es importante no apretar la venda al envolver el antepié, pues reducirá el ancho de la ortesis, lo que con carga causará excesiva presión mediolateral; la posición en el plano transversal es importante también pues aplicar tensión en aducción disminuirá el arco medial, y la tensión en abducción lo aumentará (25).

Este molde luego se rellenará y se producirá un molde positivo, el cual se modifica para aplicar fuerzas correctivas o compresivas en áreas de tejido blando tolerantes a la presión, y para liberar fuerzas o contacto en áreas sensibles a la presión (8, 25). En el proceso del termoformado, la ortesis personalizada es creada del modelo positivo del paciente, único e individualizado (8, 25).

El ortesista debe también balancear los elementos de soporte necesarios, para evitar puntos de mayor presión que podrían causar intolerancia o lesiones en la piel (25).

El ciclo de la marcha implica cambios en los ángulos articulares en los 3 planos del movimiento, por esto es necesario que los componentes y los materiales sean una copia cercana a las estructuras anatómicas de la articulación, y que puedan controlar los planos de movimiento (8).

Una ortesis debe controlar el movimiento del tobillo, mantener la posición apropiada del calcáneo y el antepié, y tener el ángulo dentro de la ortesis en la longitud máxima del gastrocnemio (6). La acomodación de la contractura del tobillo y la realineación adecuada de la extremidad inferior en los planos coronal y transversal son clave en el manejo de las desviaciones de rodilla en la fase de apoyo (19). Para esto, una férula sólida debe acomodar la flexión plantar a través de la colocación de cuñas, creando una alineación favorable. Esto también mejora el control del medio pie dentro de la ortesis, lo que previene formación de callosidades e incomodidad durante la descarga de peso (19).

Las áreas sobre prominencias óseas se pueden acolchar con gel de polietileno, *liners* de gel o parches de teflón (17, 25). Los segmentos de la tibia, el tobillo y el pie se aseguran a la ortesis por medio de tiras de velcro (17). El ortesista debe ser capaz de seleccionar los materiales adecuados, las fajas, acolchados y extensiones necesarias para alcanzar la meta de la intervención ortésica (8). Debe seleccionar la articulación mecánica que sea más funcional en el paciente, esto se basa en el control mecánico deseado, los niveles de actividad actuales y los esperados, el control neuromuscular actual y el esperado para el paciente, así como su peso y talla (8, 25). Existen una gran variedad de articulaciones disponibles en el mercado, con diferentes conformaciones mecánicas y de diferentes materiales, que les confieren diferentes propiedades; el ortesista debe conocer estas opciones para recomendar la mejor opción para cada caso.

Dentro de la realidad costarricense, es evidente la problemática local con este grupo profesional. En 2018, se llevó a cabo una encuesta telefónica para caracterizar las casas ortopédicas que están

autorizadas como proveedores de los aparatos ortopédicos indicados en la Caja Costarricense del Seguro Social. En la lista de proveedores autorizados se identificaron 65 casas ortopédicas; de estas al 32% no se le pudo encuestar por no tener un número de teléfono registrado, no contestar la llamada o porque ya no existen. De las 44 casas ortopédicas que sí se obtuvo información, sólo el 63% refieren contar con un ortesista entrenado para confeccionar las ortesis (26).

El Colegio de Médicos y Cirujanos de Costa Rica regula la disciplina de Prótesis y Ortesis mediante la Normativa de Tecnólogos en Ciencias Médicas Autorizados por el Colegio de Médicos y Cirujanos. Actualmente, existe irregularidad en la prestación de servicios de ortésica y protésica, pues en la base de datos de este colegio, se encuentran sólo 6 registros de técnicos autorizados en Costa Rica, lo que evidencia la informalidad profesional de este grupo.

La Universidad de Costa Rica inició en el 2014 con la formación de la primera cohorte en la carrera de Ortoprótisis y ortopedia, y cuenta con egresados a partir del 2018; sin embargo, la Escuela de Tecnología en Salud de la Universidad de Costa Rica indica que actualmente hay alrededor de 25 bachilleres graduados, pero todavía sin titulación por motivos curriculares. En la actualidad, esta carrera está cerrada para nuevo ingreso (se abrió solo durante 3 años) y se encuentra en revisión para el mejoramiento curricular.

## G. El afinamiento

El principal objetivo al prescribir férulas para la marcha es alinear los diferentes segmentos, centros articulares y la fuerza de reacción al suelo tan cerca de la normalidad como sea posible. Según los expertos, para lograrlo es necesario aplicar el diseño y fabricación correcta de la OTP, acomodar la contractura del gastrocnemio, seleccionar la rigidez adecuada y la inclinación inicial del segmento tibial, seguido por el afinamiento fino y delicado por parte del ortesista, alterando la inclinación tibial mediante la aplicación de cuñas entre la férula y el zapato (27).

Es común que las ortesis se prescriban solas, sin considerar el efecto del zapato; sin embargo, en la marcha cotidiana los pacientes utilizarán zapatos, por lo que debemos considerar si estos están siendo facilitadores o son parte de las alteraciones de la marcha.

La cinemática describe los movimientos de los segmentos corporales, y la cinética las fuerzas y los momentos que actúan en el cuerpo humano para generar el movimiento (18). Los estudios que analizan estos conceptos concuerdan en que la alineación de la fuerza de reacción al suelo relativo a las articulaciones, durante la marcha normal, es clave para producir un patrón de marcha controlado y energéticamente eficiente (27, 29). En la marcha patológica hay mayor demanda del sistema neuromuscular, por lo que no siempre se logra controlar esta alineación (23). La alineación inadecuada de FRS durante la marcha afectará negativamente la efectividad de la ortesis (29).

El afinamiento de la combinación ortesis tobillo-pie con el zapato (OTP-Z), es un medio para optimizar la alineación de la FRS respecto a los centros de rotación articulares, para mejorar la normalización de la cinemática y cinética articular (6, 23, 29). Se define como el proceso mediante el cual se realizan ajustes finos en el diseño de la combinación OTP-Z, para optimizar su actuación durante una actividad particular (23). Este proceso se puede realizar objetivamente (mediante análisis instrumentado de marcha) o subjetivamente (mediante el análisis visual de la marcha, y la apreciación del paciente), dependiendo de la tecnología de la cual dispone el ortesista (6).

Un prerrequisito para la intervención ortésica y el afinamiento exitoso de la OTP-Z, es que el ángulo del tobillo dentro de la ortesis sea el correcto (6, 23). Comúnmente se pensaba que este ángulo debía estar siempre a 90°, y que era aceptable una posición en dorsiflexión o plantígrado, pero no en plantarflexión (6, 28, 29).

La medición objetiva de la cinemática de los segmentos del tren inferior, mediante el análisis instrumentado de la marcha, contrasta algunas creencias tradicionales. En la fase de apoyo, el segmento tibial y el del muslo se mueven de una posición reclinada hacia una inclinada, pasando



por la vertical (28). El segmento tibial no está vertical en el apoyo medio, y no existe momento en el ciclo de la marcha cuando ambos, el segmento tibial y el del muslo, estén verticales (27, 29).

El ángulo de la tibia a la vertical, se define como el ángulo del segmento tibial relativo a la vertical, medido en el plano sagital (23, 28, 29). La línea en frente de la tibia se usa para representar la línea del segmento tibial (23, 28). Este puede estar inclinado si se encuentra hacia delante de la vertical o reclinado si está hacia atrás de la vertical; se describe en grados, donde la vertical es el 0°. El ángulo del segmento tibial a la vertical, o ángulo de inclinación tibial describe el efecto combinado del ángulo del tobillo en la OTP-Z y el diferencial generado por la suela y el tacón (29).

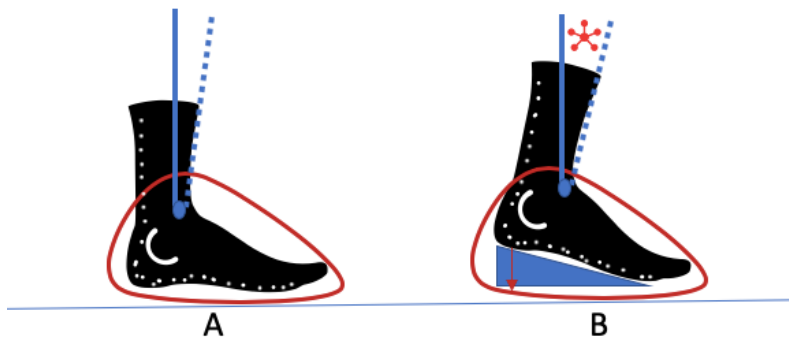


Figura 12. A. Combinación OTP-Z. B. Modificación del ángulo de inclinación tibial, con la aplicación de la combinación OTP-Z y una cuña entre la ortesis y el zapato. Línea roja: zapato, línea blanca punteada: ortesis tobillo-pie, línea celeste: línea de la vertical en el plano sagital, línea celeste punteada: línea del segmento tibial, asterisco: ángulo de inclinación tibial resultante

En adultos jóvenes, el ángulo del segmento tibial a la vertical responde a la manipulación de la altura del tacón, utilizando férulas rígidas. La inclinación tibial aumenta conforme la altura del tacón, y se acompaña por un aumento en los ángulos articulares de flexión y en los momentos internos extensores, en especial en la articulación de la rodilla (29). Se debe reconocer que el ángulo del tobillo en la férula y la inclinación tibial son independientes uno del otro, y requieren evaluaciones individuales (23, 28). El ángulo de inclinación tibial también se puede modificar mediante la aplicación de cuñas bajo la ortesis para inclinar el segmento tibial (23).

En la marcha patológica las mecedoras pueden ser insuficientes o excesivas, sería ideal que el diseño de la ortesis corrigiera estos movimientos anormales, pero no se puede alcanzar esta corrección con facilidad. Se puede ganar control de la cinemática del segmento tibial mediante el uso de mecedoras simuladas, creadas por el diseño del zapato que se utilizará en combinación con la ortesis (28).

Se puede optimizar la entrada en la fase de apoyo y la salida del apoyo medio, mediante la adaptación del zapato, cambiando su suela por suelas en forma de mecedora, y agregando otras proyecciones de la suela, para manipular mejor la FRS (28). Otras adaptaciones incluyen cambios en la rigidez de la pieza del pie para controlar la flexo-extensión de rodilla (23).

El afinamiento facilita la estabilidad en el apoyo medio y final. Esto se logra en la marcha normal mediante la inclinación anterior del muslo y la alineación de la FRS en frente del centro de rotación de la rodilla, y detrás del centro de rotación de la cadera (27).

En la fase de apoyo, la extensión de la rodilla está asociada a la inclinación del segmento tibial y del segmento del muslo. La cinemática del segmento tibial es importante en el apoyo medio pues contribuye a la estabilidad en la fase de apoyo. Una inclinación de 10-12° de la tibia coloca el eje articular de la rodilla sobre el centro del pie, que se encuentra horizontal sobre el suelo (28, 29).

El afinamiento de la alineación de la combinación OTP-Z coloca el ángulo de inclinación tibial en una posición óptima en el apoyo medio, y enlentece la velocidad angular del segmento tibial; ambos son requeridos para que haya una estabilidad distal en la cinemática normal del segmento tibial (28). La inclinación tibial correcta facilita la alineación adecuada de la fuerza de reacción al suelo con respecto a la rodilla y la cadera, y el cambio de un momento extensor a uno flexor, en la rodilla y la cadera, también asegura que los momentos sean apropiados, en lugar de ser insuficientes o excesivos (28).

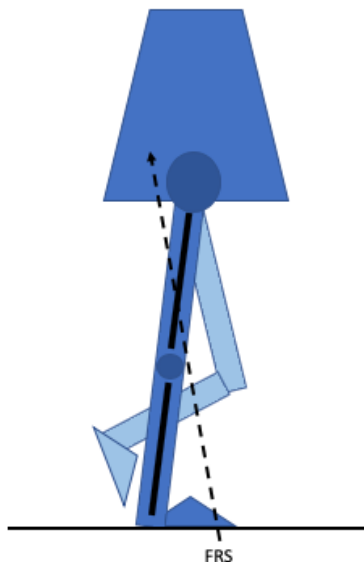


Figura 13. La estabilidad en el apoyo medio se alcanza mediante la inclinación anterior del muslo y la alineación de la FRS (fuerza de reacción al suelo) en frente del centro de rotación de la rodilla, y detrás del centro de rotación de la cadera.

Una inclinación del segmento tibial entre  $7^\circ$  y  $15^\circ$  va a inclinar el muslo manteniendo el tronco vertical y el balance, siendo lo óptimo entre  $10$  y  $12^\circ$  (28). Una inclinación tibial de  $10$ - $12^\circ$  es la posición óptima del segmento tibial que permite que el muslo se incline, y la pelvis y el tronco se muevan hacia delante; facilitando el movimiento balístico del muslo, pelvis y tronco, además condicionando su cinemática (23, 28).

Por ejemplo, si fijamos el tobillo rígidamente en una posición vertical de  $90^\circ$  al estar de pie ( $0^\circ$  con respecto a la vertical), con el eje articular de la rodilla y la cadera directamente encima del tobillo, es necesario mover la pelvis hacia anterior, flexionar las caderas e inclinar el tronco hacia delante para mantener el balance. Esto hace que la fuerza de reacción al suelo permanezca en el centro del pie y de la base de soporte. Las personas con patología neuromuscular probablemente no lograrán esta opción para mantener el equilibrio, y tendrán que adoptar una postura de inclinación anterior del tronco o reclinar el muslo, además de la inclinación anterior de tronco, obligando a una flexión de cadera y de rodilla (28).

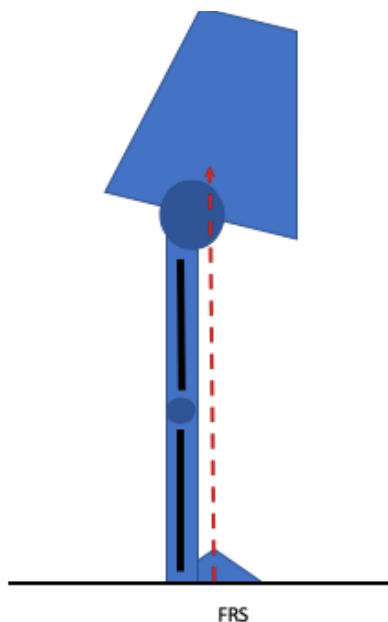


Figura 14. Con el tobillo a  $90^\circ$ , es necesario flexionar la cadera e inclinar el tronco para mantener el balance en bípodo, manteniendo la FRS (fuerza de reacción al suelo) en el centro de la base de soporte.

En la marcha normal, la inclinación tibial durante el apoyo medio es necesaria. Tener un tobillo junto a una inclinación tibial fijos a  $90^\circ$  no podrá alcanzar un patrón óptimo de marcha, pues no permite que el segmento tibial se incline (23).

En 2008, la Sociedad Internacional de Ortesis y Prótesis reconoció la importancia del afinamiento de la ortesis tobillo-pie y el zapato (23). En 2009, el Servicio Nacional de Salud de Escocia (NHS Scotland) reportó que una ortesis sólida sin afinar, puede introducir más retos neurobiomecánicos a los pacientes, por lo que recomendó que el afinamiento debe ser una práctica clínica estandarizada al realizar una ortesis tobillo-pie (6, 23). Se sabe que la combinación de la férula y el zapato subóptima puede tener un efecto inmediato de detrimento en la función, y a largo plazo puede inclusive contribuir al deterioro general del paciente (6, 23).

En 2010 (28), Elaine Owen crea un algoritmo dirigido a ortesistas para el diseño y afinamiento de la ortesis y el zapato basado en la cinemática del segmento tibial, considerando la corrección de la inclinación de la tibia con respecto a la vertical.

En 2012, Eddison y Chockalingam (23) realizaron una revisión de la literatura respectiva al afinamiento de la combinación OTP-Z. Esta revisión revela una gran variedad en la calidad de la bibliografía encontrada, pero en general la bibliografía demuestra los efectos positivos del afinamiento en la cinemática y la cinética de la marcha, comparándolo con una OTP-Z no afinada. Encuentran que toda la literatura incluida en esta revisión sí resalta los beneficios de realizar este afinamiento; sin embargo, existe una escasez de datos cuantitativos de los efectos cinemáticos y cinéticos de este proceso.

Existen barreras para esta práctica, pues el algoritmo producido por Owen puede ser complicado y necesita mucho tiempo para aplicarse. Además, la literatura recomienda utilizar análisis de marcha instrumentado, que en realidad no es accesible para todos; aunque no existe literatura que demuestre que el análisis de marcha instrumentado es esencial para el afinamiento (23).

En la opinión de expertos basada en la práctica clínica (27), la mayoría de las férulas rígidas serán afinadas exitosamente mediante la aplicación de cuñas entre la ortesis y el zapato, asociado al análisis visual de la marcha. Conforme empeoran las desviaciones de la marcha, puede ser necesario realizar también modificaciones en el zapato.

## Capítulo 4. Prescripción de ortesis

Al iniciar una valoración para la prescripción del tratamiento ortésico, la entrevista y evaluación clínica son los primeros pasos por realizar. Es importante recoger de la entrevista la siguiente información:

- Ficha de identificación: Nombre, lugar de procedencia, inclusión en el sistema educativo, necesidad de adecuaciones en el estudio, acompañante responsable del paciente, situación económica.
- Antecedentes personales patológicos.
- Tratamiento médico: es importante conocer si tiene indicación de medicamentos para el control de la espasticidad.
- Antecedentes personales quirúrgicos, controles en ortopedia.
- Funcionalidad: clasificación GMF y FMS.
- Uso previo de ortesis, áreas específicas de incomodidad y dolor.
- Programa de ejercicios o terapia física.

Cuando se decide prescribir una ortesis para mejorar el patrón de marcha, el médico a cargo debe identificar con claridad las desviaciones de la marcha y los déficits funcionales que van a ser intervenidos con la ortesis (17). La magnitud de la respuesta de la ortesis se alcanza seleccionando adecuadamente los materiales, el diseño, las líneas de corte y los componentes mecánicos de la articulación de tobillo (8, 19, 23); esta selección se hará según las características biomecánicas del paciente además de otros factores importantes como su talla, peso, y nivel de actividad. Las ortesis de miembro inferior se deben prescribir para corregir un déficit funcional o biomecánico específico (24), y la meta de la intervención ortésica debe ser documentada tan objetivamente como sea posible (17).

Indicar una férula subóptima, basada en malas decisiones clínicas, puede empeorar el patrón de marcha, comprometer la participación del niño, llevar a su frustración, la de su familia y la del equipo tratante (17).

Por esto, la siguiente fase de la valoración clínica para la prescripción de ortesis deberá ser un examen musculoesquelético completo. Será importante definir:

- Grado de espasticidad utilizando la escala modificada Ashworth.
- Goniometría identificando la longitud muscular y contracturas existentes. Es importante valorar el ángulo poplíteo para identificar el acortamiento de isquiotibiales, valorar la rotación de la cadera, la anteversión femoral, y la torsión tibial.
- Valoración de la fuerza muscular, utilizando la escala del Medical Research Council
- Valoración de la alineación del pie en bípedo, identificando si el paciente logra la posición plantígrada, si hay equinismo o si hay dorsiflexión exagerada. Es importante definir si hay varo o valgo del retropié, si hay caída del arco medial y si existe abducción o aducción del antepié.

La fuerza muscular se define como la habilidad para generar voluntariamente una fuerza en un músculo o un momento voluntario sobre una articulación (18). Es importante considerar en todo momento a la capacidad para generar los momentos como la clave para la función musculoesquelética, evaluando la fuerza muscular y la disfunción del brazo de palanca (6). Las desviaciones en la alineación de los huesos y las deformidades rotacionales de los mismos influyen importantemente la generación de poder dentro del sistema de palancas.

Por ejemplo, en caso de no tener control adecuado del antepié, la generación de fuerza por los plantarflexores puede no llevar a un momento plantarflexor, sino más bien generar un momento de rotación externa, ocasionando deformidades torsionales como la torsión tibial externa (6).

Al valorar la alineación del pie y el tobillo, es importante definir la necesidad de aplicar elementos de soporte dentro de la ortesis que sean adecuados, en la pieza del pie; teniendo en cuenta que estas alteraciones pueden implicar la disfunción del brazo de palanca.

Para valorar la alineación del pie en bípedo se puede utilizar el *Foot Posture Index* (25), un sistema de puntuación válido desde el 2006, que propone la observación de 6 componentes que permiten valorar rápidamente la alineación de múltiples segmentos y planos del pie. Divide el pie en planos: frontal, sagital y transversal; y considera la contribución de las diferentes partes del pie para clasificar su postura como pronado o supinado (30). Se ha comprobado su fiabilidad en la versión de 6 ítems, con capacidad para predecir posturas dinámicas del pie durante la marcha (31).

	Factor	Plano
Retropié	Palpación de la cabeza talar	Transverso
	Curvas sobre y bajo maléolo lateral	Frontal y transversal
	Inversión o eversión del calcáneo	Frontal
Antepié	Abultamiento en unión talonavicular	Transverso
	Congruencia del arco medial longitudinal	Sagital
	Abducción o aducción del antepié con relación a retropié	Transverso

Tabla 4. Los 6 factores en el examen del pie que examina el Foot Posture Index

Luego de realizar las observaciones, se asigna una puntuación a cada uno de los 6 factores examinados. Para cada factor se asignarán puntuaciones de +1 o +2 en el caso de una posición pronada, valores de -1 o -2 corresponden a una posición supinada, y se asigna cero cuando existe neutralidad. La puntuación final es un número entre -12 y +12; una puntuación entre 0 y 5 se considera normal, un pie pronado tendrá una puntuación mayor a 6, mientras que uno supinado tendrá un valor negativo, menor a 0 (30).

La identificación cuidadosa de las deformidades del pie que son fijas, y la incorporación de las cuñas en el antepié hace que las ortesis alcancen mejor la meta funcional de recuperar la alineación apropiada del brazo de palanca (6).



Seleccionar el ángulo adecuado para el tobillo dentro de la ortesis es clave para el manejo ortésico (6, 23). Muchas veces la intervención ortésica no es exitosa debido a que no corresponde el arco de movilidad de dorsiflexión con la rodilla extendida y el mediopié con soporte, y el ángulo del tobillo en la férula (19).

Para asegurarse que la dorsiflexión viene del tobillo y no del mediopié, debe hacerse una evaluación del tobillo con la rodilla extendida y el retropié en inversión, dándole soporte al mediopié en su conformación más rígida, pues se necesita el arco de rodilla en extensión para la marcha normal (7, 19). Se mide entonces el ángulo del tobillo como el ángulo entre la línea del borde lateral del pie, de la base de la cabeza del quinto metatarso, a la base del talón; y la línea del segmento tibial (23).

Durante la marcha, no se debe permitir la dorsiflexión del mediopié para mantener el pie plantígrado en la fase de apoyo, pues se pierde la acción del pie como palanca rígida para que el gastro-soleo actúe, y empeora la fragmentación del mediopié (6, 17, 19).

Si en el examen físico no se presenta dorsiflexión verdadera en el tobillo y la férula se coloca a 90°, la estabilidad estructural del mediopié se pierde y la ortesis va a contribuir a la disfunción progresiva del brazo de palanca, incomodidad, lesiones en piel y abandono potencial de la ortesis. Además, probablemente la ortesis no va a afectar adecuadamente las desviaciones de la marcha en rodilla, debido a la relación íntima que tiene el funcionamiento del tobillo con la rodilla (19).

Luego, se realizará un análisis visual en la marcha para establecer cuál es el patrón múltiple articular que sigue el paciente. De la misma manera, definiremos si las desviaciones de la marcha ocurren en la fase de apoyo o en la fase de balanceo para tener más claridad del control neuromuscular sobre la función del tobillo que tiene el paciente. Según el patrón

múltiple articular, se decide el tipo de ortesis más adecuada para cada caso, y se pueden descartar opciones de diseño según las contraindicaciones previamente expuestas.

Durante el ciclo de la marcha, los humanos requerimos cambios en los ángulos articulares en todos los 3 planos del movimiento, por esto es necesario que los componentes y los materiales sean una copia cercana a las estructuras anatómicas de la articulación, y que puedan controlar los 3 planos de movimiento (8). El diseño y la rigidez de la ortesis deben ser apropiadas para controlar el pie y el tobillo en todos los planos (23). Como fisiatras, indicamos la rigidez de la ortesis mediante la escogencia del material en que se confeccionará.

Tomando en cuenta estos parámetros, se decide cuál es el ángulo de tobillo que existe para la ortesis, escogemos los elementos de soporte necesarios, y definimos cuál será el diseño de ortesis tobillo-pie para corregir las alteraciones de la marcha del paciente.

En todos los casos, se debe evaluar el tono muscular y considerar la indicación de las intervenciones apropiadas para tratar la espasticidad, ya sean sistémicas o locales (6, 17, 19); si el tono aumenta de manera notable probablemente estaría afectando la calidad de la marcha y la aplicación exitosa de la ortesis (19). Por ejemplo, relajar el gastro-sóleo en el tobillo mejora la habilidad de la férula para aumentar la extensión de rodilla, al ser un músculo biarticular (19).

También es importante valorar la necesidad de realizar algunas intervenciones ortopédicas previo a la aplicación de las ortesis (6, 17, 19, 21), siempre considerando los huesos como parte del sistema de palancas. La terapia física y las ortesis pueden ser apropiadas para niños pequeños con deformidades leves, pero no serán adecuadas para niños más grandes, en los que son necesarias las cirugías ortopédicas (6). La efectividad de la ORS para mejorar la extensión de rodilla dependerá de que se hayan realizado las intervenciones apropiadas para las alteraciones musculares proximales; esta ortesis sin el tratamiento médico o quirúrgico de segmentos proximales dará un resultado subóptimo (19). Con el manejo quirúrgico y

ortésico adecuado, se puede restaurar efectivamente la función del pie como un brazo de palanca efectivo para los plantarflexores.

La efectividad de la ortesis también va a depender del diseño y la rigidez de su material, en combinación con el zapato y la alineación (8, 19, 23). El ángulo de la ortesis y la posición a la que condiciona la tibia, tiene efectos directos en la cinemática de la rodilla. Inclusive, un ángulo de inclinación tibial apropiado tiene un mayor efecto en la cinemática de la rodilla que el diseño específico de la ortesis (19).

Se debe identificar la meta del tratamiento ortésico, y esta debe ser documentada tan objetivamente como sea posible (17). Se pueden utilizar parámetros relacionados a las escalas FMS, GMF; o utilizar pruebas como *One Minute Walk Test* (1MWT) o el *Modified Timed Up and Go* (mTUG). Estas herramientas son rápidas y accesibles, y ayudan a valorar las habilidades en balance y marcha.

Ambas pruebas, tienen validez y fiabilidad para realizarse en niños con parálisis cerebral, son administradas mediante una guía estandarizada en un tiempo corto, además son de bajo costo y no necesitan un entrenamiento previo a su aplicación; sin embargo, necesitan que el niño comprenda y siga instrucciones. El 1MWT toma 5 minutos o menos para ser administrado, implica la medida de la distancia (en metros) al caminar 1 minuto tan rápido como sea posible para el paciente. El mTUG toma 15 minutos o menos para ser administrado, y se reporta con el tiempo en segundos que toma el niño para levantarse desde una posición de sentado de una silla estándar, caminar 3 metros, girar, caminar de regreso a la silla y sentarse (32).

Las metas deben balancearse, se deben considerar todas las variables, incluidas la posibilidad de empeoramiento al tomar la decisión de prescribir una OTP, y no asumir que todos los niños se beneficiarán de cierto tipo de férula (19). La adherencia a las ortesis es mejor cuando

se llega a un acuerdo con el equipo rehabilitador, con respecto a la utilización de ésta; y la familia y el niño entienden por completo la razón para la prescripción de la ortesis (24).

## Diferentes procesos para utilizar en la prescripción de ortesis

### A. Algoritmo de Elaine Owen

En 2010 (28), Elaine Owen crea un algoritmo dirigido a ortesistas para el diseño y afinamiento de la ortesis y el zapato basado en la cinemática del segmento tibial, considerando la corrección de la inclinación de la tibia con respecto a la vertical. El algoritmo se basa en la experiencia de diseñar y afinar ortesis tobillo-pie y zapatos en una población de niños con parálisis cerebral, mielomeningocele y otras condiciones, en el Laboratorio de marcha de *Child Development Centre* en Reino Unido. Este algoritmo, es dirigido a ortesistas para seleccionar el diseño adecuado y realizar afinamiento de la ortesis y el zapato basado en la cinemática del segmento tibial, considerando la corrección de la inclinación de la tibia con respecto a la vertical mediante la modificación del zapato y la rigidez de la pieza del pie. Este algoritmo se encuentra en el Apéndice E.

Inicia haciendo una observación de la fase de apoyo, para determinar si la cinemática es normal. Si no es normal, se escoge una ortesis con el tobillo fijo, pues se necesita un fuerte control ortésico para que la cinemática del segmento tibial se pueda controlar correctamente y permita el control de segmentos más proximales, así como la cinética y cinemática articular más adecuada.

El ángulo del tobillo en la férula y el ángulo del segmento tibial a la vertical de la ortesis y el zapato son independientes. Se puede crear cualquier ángulo de inclinación tibial alterando el diferencial entre el tacón y la suela del zapato; propone diferentes maneras de modificar el tacón -en cuanto a su altura y a su conformación- inicialmente para modificar la inclinación tibial, y en un segundo momento para afinar la entrada y la salida de la fase de apoyo.

Un requisito para que la intervención sea exitosa, y el afinamiento de la ortesis y el zapato sea óptimo, es que el ángulo del tobillo sea el óptimo dentro de la ortesis. Se inicia midiendo la longitud del gastrocnemio, con la rodilla extendida y el pie en dorsiflexión. Se recomienda que la posición en la que hay menor rango articular sea la que se escoge como una medida inicial.

La alineación de la tibia puede estar más inclinada de lo tradicionalmente, al menos en niños. En un estudio de análisis instrumentado de marcha se encontró que el ángulo del segmento tibial a la vertical de las ortesis de 74 niños que tuvieron este afinamiento iba de los 7° a los 15° de inclinación, por lo que corresponde con el ángulo de inclinación tibial en la marcha normal; se recomienda que entre 10° y 12° es un buen inicio para la alineación.

## B. Algoritmo de Nicholas LeCursi

Nicholas LeCursi crea un algoritmo dirigido a ortesistas para el diseño de ortesis para niños. Sigue algunas de las observaciones de Owen, además de su experiencia como ortesista, profesor de ortesis de la Universidad de Michigan y Jefe de Tecnologías en la empresa *Becker Orthopedic*. Este algoritmo se encuentra en el apéndice F.

El algoritmo inicia con la observación del perfil del pie estático en bípedo, para luego escoger los elementos de soporte estructural y las líneas de corte adecuadas según el caso. Posteriormente, valora la cinemática de la inclinación de la tibia en la fase de apoyo para determinar el tipo de férula, junto con el tipo de zapato que dará mejor resultado.

## C. Guía derivada de la revisión bibliográfica realizada

### 1. Entrevista

- a. Ficha de identificación: Nombre, lugar de procedencia, inclusión en el sistema educativo, necesidad de adecuaciones en el estudio, acompañante responsable del paciente, situación económica.

- b. Antecedentes personales patológicos.
- c. Tratamiento médico: es importante conocer si tiene indicación de medicamentos para el control de la espasticidad.
- d. Antecedentes personales quirúrgicos, controles en ortopedia.
- e. Funcionalidad: clasificación GMF y FMS
- f. Uso previo de ortesis, áreas específicas de incomodidad y dolor.
- g. Programa de ejercicios o terapia física.

## 2. Examen Físico y valoración biomecánica

- a. Grado de espasticidad utilizando la escala modificada Ashworth
  - i. ¿Es importante una intervención focal o sistémica para maximizar aplicación de la ortesis?
- b. Goniometría identificando la longitud muscular, arcos de movimiento disponibles y contracturas existentes.
  - i. Seleccionar ángulo del tobillo adecuado dentro de la ortesis
    - 1. Con la rodilla extendida y el pie en inversión, asegurándose que no hay dorsiflexión del mediopié.
  - ii. ¿Es importante la valoración ortopédica para maximizar la aplicación de la ortesis?
- c. Valoración de la fuerza muscular, utilizando la escala del *Medical Research Council*.
  - i. ¿Existe control neuromuscular adecuado del tobillo, en el plano frontal, en el plano sagital, en ambos?
- d. Valoración de la alineación del pie en bípedo, diferenciando las contribuciones del antepié, mediopié y retropié. Utilizando la Escala *Foot Posture Index* y el Apéndice I.
  - i. ¿Amerita fuertes elementos de soporte?
- e. Análisis visual de la marcha: establecer patrón múltiple articular y diseño adecuado

i. *Genu recurvatum*

1. OTP sólida

ii. Pie caído:

1. OTP hoja posterior. Contraindicada: contractura del gastro-sóleo, desviaciones importantes del pie y tobillo en el plano frontal y transversal.
2. OTP articulada. Contraindicada: contractura del gastro-sóleo, desviaciones importantes del pie y tobillo en el plano frontal y transversal. Considerar mayor costo.

iii. Equino verdadero

1. OTP sólida

iv. Marcha saltarina

1. OTP sólida
2. OTP de reacción al suelo

v. Marcha agazapada

1. OTP de reacción al suelo

### 3. Identificar la meta de la intervención ortésica

- a. Puede ser con base en GMF, FMS, o con base a problemas identificados.
- b. Se pueden utilizar pruebas que valoran función como *Modified Timed Up and Go* o *One Minute Walk Test*. En caso de utilizar estas pruebas se debe anotar el basal en la primera evaluación.
- c. Explicar al paciente y a la familia cual será la meta de la intervención, y alcanzar un acuerdo.

### 4. Elaborar la indicación de la ortesis

- a. Diseño: tomar en cuenta el patrón múltiple articular y contraindicaciones en cada caso.
- b. Material: termoplástico, pues es el que da control triplanar.

- c. Indicar el ángulo correcto del tobillo. EVITAR PONER TOBILLO A 90°.
- d. Recomendar en las ortesis sólidas:
  - i. Agregar líneas de corte y elementos de soporte, según se haya determinado.
  - ii. Acomodar contracturas del tobillo mediante cuñas bajo la ortesis, para alcanzar un ángulo de inclinación tibial de 10°-12° inicialmente.
  - iii. Al paciente y su encargado: utilizar zapato con talonera acolchada, suela flexible, en forma de balancín de ser posible, de tipo zapatos (tenis) deportivos.



## Conclusiones

- Las ortesis tobillo-pie dan control directo sobre el tobillo y control indirecto de la rodilla en la fase de apoyo. Forman parte de las intervenciones que se realizan dentro de un programa de rehabilitación, permiten a los pacientes con Parálisis Cerebral adquirir habilidades, alcanzar metas motoras, promueven la participación en actividades que requieren estar de pie o caminar.
- El aparato locomotor funciona a través de brazos de palanca, los cuales en la marcha de los niños con parálisis cerebral pueden ser insuficientes debido a debilidad, control neuromuscular inadecuado, y alteraciones en la alineación y conformación de los diferentes segmentos óseos del miembro inferior.
- El principal objetivo al prescribir férulas para la marcha es alinear los diferentes segmentos, centros articulares y la fuerza de reacción al suelo tan cerca de la normalidad como sea posible.
- Existen 6 patrones múltiples articulares para describir la marcha de los niños con Parálisis Cerebral espástica que cuentan con consenso de expertos en sus definiciones, y que se pueden utilizar tanto en diplejía como en hemiplejía. Estos patrones se pueden relacionar con diseños específicos de ortesis tobillo-pie, para procurar mejorar el patrón de marcha.
- Se identificaron 4 diseños principales indicados para corregir las alteraciones de la marcha de los niños con Parálisis Cerebral: ortesis de hoja posterior, ortesis articulada, ortesis sólida y ortesis de reacción al suelo. Cada diseño de ortesis tobillo-pie tiene características propias esperadas según su confección, así como contraindicaciones específicas.
- La magnitud de la influencia de las ortesis en la marcha se alcanza mediante la selección adecuada de materiales, líneas de corte, elementos de soporte, articulaciones mecánicas. Es necesario que la persona a cargo de su confección tenga los conocimientos necesarios para realizar una valoración adecuada, una toma de molde correcta y una selección idónea de todas las variables anteriores.

- El afinamiento de la ortesis tobillo-pie junto con el zapato mejora la alineación de los diferentes segmentos de los miembros inferiores, produciendo una cinética más cercana a la observada en la marcha no patológica.
- El ortesista se encarga de recomendar aspectos técnicos que mejor satisfagan las necesidades del paciente. Costa Rica presenta una irregularidad en la prestación de servicios de ortésica y protésica, con poca formalidad profesional en este grupo.
- En el manejo de los niños con Parálisis Cerebral Espástica es necesario un tratamiento interdisciplinario; y los médicos Fisiatras debemos realizar las interconsultas necesarias para procurar la mejor evolución de estos pacientes.

## Recomendaciones

- Es importante mejorar la prescripción de ortesis, evitando perpetuar conceptos que no serán facilitadores para la marcha, como el colocar siempre las ortesis con el tobillo a 90°.
- Como médicos prescriptores, debemos encontrar un canal de comunicación con las personas encargadas de elaborar estas ortesis; procurando compartir conocimientos y puntos de vista que sean útiles en la mejora del proceso de confección ortésica.
- Es importante anotar en el expediente médico la caracterización funcional de los pacientes, con escalas de funcionalidad, y con pruebas motoras si deseamos evidenciar el beneficio que brinda el tratamiento ortésico.
- Se deben continuar los esfuerzos en la Caja Costarricense del Seguro Social para optimizar el acceso oportuno y adecuado a las ortesis según sean necesarias.
- En los casos complejos será beneficioso contar con la valoración conjunta de un ortesista y un Fisiatra.

## Bibliografía

1. Centro Nacional de Rehabilitación D de E. Consulta especializada parálisis cerebral infantil. La Uruca, San Jose - Costa Rica; 2019.
2. Pakula AT, Van Naarden Braun K, Yeargin-Allsopp M. Cerebral Palsy: Classification and Epidemiology. *Phys Med Rehabil Clin N Am* [Internet]. 2009;20(3):425–52. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmr.2009.06.001>
3. Damiano DL, Alter KE, Chambers H. New Clinical and Research Trends in Lower Extremity Management for Ambulatory Children with Cerebral Palsy. *Phys Med Rehabil Clin N Am* [Internet]. 2009;20(3):469–91. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmr.2009.04.005>
4. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Personas menores de edad a la luz del Censo 2011. San Jose - Costa Rica; 2013.
5. Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, Goldstein M, Bax M. The Definition and Classification of Cerebral Palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2007;49:8–14.
6. Novacheck TF, Kroll G, Rasmussen A. Orthoses for Cerebral Palsy. In: *Atlas of Orthoses and Assistive Devices*. Elsevier Inc.; 2018. p. 337–49.
7. Peterson N, Walton R, Peterson N, Walton R. Ambulant cerebral palsy. *Orthop Trauma* [Internet]. 2016;30(6):525–38. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mporth.2016.08.005>
8. Fish DJ, Crusemeyer JA, Kosta CS. Lower extremity orthoses and applications for rehabilitation populations. *Foot Ankle Clin*. 2001;6(2):341–69.
9. Organización Mundial de la Salud. Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud. Vol. 8, OMS. 2001. 7–16 p.
10. Rethlefsen SA, Ryan DD, Kay RM. Classification systems in cerebral palsy. *Orthop Clin North Am* [Internet]. 2010;41(4):457–67. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocl.2010.06.005>
11. Delgado M, Albright L. Movement Disorders in Children: Definitions, Classifications, and Grading Systems. *J Child Neurol*. 2003;18(1):2–9.
12. Sanger TD, Delgado MR, Gaebler-spira D, Hallett M, Mink JW. Hypertonia in Childhood. *Pediatrics*. 2003;111(1).
13. Sanger TD, Chen D, Delgado MR, Gaebler-Spira D, Hallett M, Mink JW. Definition and Classification of Negative Motor Signs in Childhood. *Pediatrics*. 2006;118(5):2159–67.
14. Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, Russell D, Wood E, Gallupi B. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 1997;39:214–23.
15. Graham HK, Harvey A, Rodda J, Nattrass GR, Pirpiris M. The Functional Mobility Scale (FMS). *J Pediatr Orthop* [Internet]. 2004;24(2):514–20. Available from: [www.rch.org.au/gait](http://www.rch.org.au/gait)
16. Organización Mundial de la Salud. Normas de Ortoprotésica. Ginebra; 2017.
17. Davids JR, Rowan F, Davis RB. Indications for orthoses to improve gait in children with cerebral palsy. *J Am Acad Orthop Surg*. 2007;15(3):178–88.
18. Baker R. Basic Measurements. In: *Measuring Walking: A Handbook of Clinical Gait*

- Analysis. 2014. p. 8–21.
19. Wright E, DiBello SA. Principles of Ankle-Foot Orthosis Prescription in Ambulatory Bilateral Cerebral Palsy. *Phys Med Rehabil Clin N Am* [Internet]. 2020;31(1):69–89. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2019.09.007>
  20. Papageorgiou E, Nieuwenhuys A, Vandekerckhove I, Van Campenhout A, Ortibus E, Desloovere K. Systematic review on gait classifications in children with cerebral palsy: An update. *Gait Posture* [Internet]. 2019;69(January):209–23. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.01.038>
  21. Aboutorabi A, Arazpour M, Ahmadi Bani M, Saeedi H, Head JS. Efficacy of ankle foot orthoses types on walking in children with cerebral palsy: A systematic review. *Ann Phys Rehabil Med* [Internet]. 2017;60(6):393–402. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28713039>
  22. Schwarze M, Block J, Kunz T, Alimusaj M, Heitzmann DWW, Putz C, et al. The added value of orthotic management in the context of multi-level surgery in children with cerebral palsy. *Gait Posture* [Internet]. 2019;68(January):525–30. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.01.006>
  23. Eddison N, Chockalingam N. The effect of tuning ankle foot orthoses-footwear combination on the gait parameters of children with cerebral palsy. *Prosthet Orthot Int*. 2013;37(2):95–107.
  24. Morris C, Bowers R, Ross K, Stevens P, Phillips D. Orthotic management of cerebral palsy: Recommendations from a consensus conference. *NeuroRehabilitation*. 2011;28(1):37–46.
  25. LeCursi N. An algorithmic approach to the design and implementation of pediatric AFOs. In *Foro ISPO Uniendo Fronteras*, Antigua, Guatemala; 2019.
  26. Cordero L. Encuesta de caracterización de casas ortopédicas. No Publicado; 2018.
  27. Meadows B. Tuning of rigid ankle-foot orthoses is essential. *Prosthet Orthot Int*. 2014;38(1):83.
  28. Owen E. The importance of being earnest about shank and thigh kinematics especially when using ankle-foot orthoses. *Prosthet Orthot Int*. 2010;34(3):254–69.
  29. Kerkum YL, Houdijk H, Brehm MA, Buizer AI, Kessels MLC, Sterk A, et al. The Shank-to-Vertical-Angle as a parameter to evaluate tuning of Ankle-Foot Orthoses. *Gait Posture* [Internet]. 2015;42(3):269–74. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.05.016>
  30. Redmond AC, Crosbie J, Ouvrier RA. Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: The Foot Posture Index. *Clin Biomech*. 2006;21(1):89–98.
  31. 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.
  32. Hassani S, Krzak JJ, Johnson B, Flanagan A, Gorton G, Bagley A, et al. One-Minute Walk and modified Timed Up and Go tests in children with cerebral palsy: Performance and minimum clinically important differences. *Dev Med Child Neurol*. 2014;56(5):482–9.

**Apéndice A.** Escala Modificada de Ashworth para la medición del tono muscular. Traducción de la versión publicada en el libro *Measuring Walking: A Handbook of Clinical Gait Analysis*, Richard Baker, 2013.

Grado	Descripción
0	Tono normal. No hay aumento en el tono muscular
1	Leve aumento en el tono muscular, manifiesto por una resistencia mínima al final del rango de movimiento, cuando las partes afectadas se mueven en flexión y extensión
1+	Leve aumento en el tono muscular, manifiesto por una resistencia mínima en menos de la mitad del rango de movimiento
2	Marcado aumento en el tono muscular, a través de la mayoría del rango de movimiento, pero la parte afectada todavía se puede mover con facilidad
3	Aumento considerable del tono muscular, el movimiento pasivo es difícil
4	Las partes afectadas están rígidas en flexión o en extensión

**Apéndice B.** Graduación de la fuerza muscular según el Medical Research Council. Traducción de la versión publicada en el libro *Measuring Walking: A Handbook of Clinical Gait Analysis*, Richard Baker, 2013

Grado	Descripción
0	No se detecta contracción muscular
1	Existe actividad muscular pero no es suficiente para causar movimiento, inclusive sin gravedad
2	Puede movilizar el músculo sin gravedad
3	Puede movilizar el músculo contra gravedad
-4	Puede movilizar el músculo contra gravedad y leve resistencia
4	Puede movilizar el músculo contra gravedad y moderada resistencia
4+	Puede movilizar el músculo contra gravedad y fuerte resistencia
5	Fuerza muscular completa

Apéndice C. Clasificación de la Función Motora Gruesa Extendida y Revisada, traducida al español por el Servicio de Parálisis Cerebral y Estimulación temprana del Instituto Nacional de Rehabilitación de México.



CanChild Centre for Childhood Disability Research  
Institute for Applied Health Sciences, McMaster University,  
1400 Main Street West, Room 408, Hamilton, ON, Canada L8S 1C7  
Tel: 905-525-9140 ext. 27850 Fax: 905-522-6095  
E-mail: canchild@mcmaster.ca Website: www.canchild.ca

## GMFCS – E & R

### Clasificación de la Función Motora Gruesa Extendida y Revisada

GMFCS - E & R © 2007 *CanChild* Centre for Childhood Disability Research, McMaster University  
Robert Palisano, Peter Rosenbaum, Doreen Bartlett, Michael Livingston

GMFCS © 1997 *CanChild* Centre for Childhood Disability Research, McMaster University  
Robert Palisano, Peter Rosenbaum, Stephen Walter, Dianne Russell, Ellen Wood, Barbara Galuppi  
(Reference: Dev Med Child Neurol 1997; 39:214-223)

Traducción realizada por: I. Tamara Arellano Martínez (contacto: [iarellano@inr.gob.mx](mailto:iarellano@inr.gob.mx)), Carlos P. Viñals Labañino y M. Elena Arellano Saldaña; Servicio de Parálisis Cerebral y Estimulación Temprana del Instituto Nacional de Rehabilitación, Ciudad de México, México.

Agradecimientos: para Karina, Nora y Mónica A. M. por su ayuda en el proceso de traducción y corrección de este trabajo.

#### INTRODUCCIÓN E INSTRUCCIONES DE USO

El sistema de la clasificación de la función motora gruesa (GMFCS) para la parálisis cerebral está basado en el movimiento auto-iniciado por el paciente con énfasis en la sedestación (control del tronco), las transferencias y la movilidad. Para definir el sistema de clasificación de cinco niveles, nuestro principal criterio es que la diferencia entre cada uno de estos niveles sea significativo para la vida diaria. Estas diferencias se basan en las limitaciones funcionales, la necesidad de uso de dispositivos auxiliares de la marcha (muletas, bastones, andadores) o de movilidad con movilidad sobre ruedas (sillas de ruedas manuales o eléctricas, autopropulsadas o no) más que en la calidad del movimiento. Las diferencias entre los niveles I y II no son tan marcadas entre los otros niveles, particularmente para los niños menores de 2 años.

La versión expandida de la GMFCS (2007) incluye la clasificación de pacientes en un rango de edad entre los 12 y los 18 años y en los que se enfatizan los conceptos inherentes a la clasificación internacional de funciones, discapacidad y salud (ICF). Alentamos a los usuarios de esta escala para que el paciente manifieste o reporte el impacto del **ambiente** y los **factores personales** que afecten su función. El objetivo de la GMFCS es determinar cuál nivel representa mejor las **habilidades y limitaciones del niño/joven sobre su funcionamiento motor grueso**. El énfasis de esta clasificación se basa en el desempeño habitual que tiene el niño/joven en el hogar, la escuela y lugares en la comunidad, en lugar de hacerlo en lo que se supone que niños/jóvenes lograrían realizar al máximo de sus capacidades o habilidades. Por lo tanto, es importante clasificar el desempeño actual de la función motora gruesa y no incluir juicios acerca de la calidad del movimiento o pronóstico de mejoramiento.

En el grupo de edad de niños mayores de seis años, en cada nivel se define cuál es el método de movilidad más característico de cada uno de ellos para la ejecución de la función motora como la característica más importante de la clasificación. La descripción de las habilidades funcionales y las limitaciones propias de cada grupo de edad son amplias y no es la intención de esta escala describir cada aspecto de la función del niño o el joven, se alienta a los usuarios de la escala que se interroge al niño-joven sobre el impacto que tengan los aspectos y

ambientales que afecte su función. Por ejemplo, un niño con hemiparesia no es capaz de gatear o de arrastrarse, sin embargo continúa perteneciendo al nivel I si satisface las características de este nivel. Esta es una escala ordinal, por lo que se clasifica de la misma manera a los niños como a los jóvenes y se conserva el mismo número de niveles para cada grupo de edad intentando que en cada grupo se describa de manera fidedigna la función motora gruesa. El resumen de las características de cada nivel y las diferencias entre los niveles permite guiar la selección del nivel más cercano a las características de cada niño/joven.

Se reconoce que las manifestaciones de la función motora gruesa son dependientes de la edad, particularmente en la infancia y la niñez. Para cada nivel, existe una descripción diferente de acuerdo a grupo de edad. En los niños menores de dos años, se debe considerar la edad corregida si estos son niños pre-término. Las descripciones para los niños de 6-12 años y de 12-18 años reflejan el impacto potencial de factores ambientales (distancias en la escuela y la comunidad) así como factores personales (demanda energética y preferencias sociales) sobre los métodos de movilidad.

Se ha realizado un esfuerzo para enfatizar las habilidades en lugar de las limitaciones. Como principio general; la función motora gruesa que realizan los niños o jóvenes debe describir el nivel que lo clasifica o el grupo superior a este, en caso de no cumplir con dichas actividades se clasifica en el grupo debajo del nivel de función en el que inicialmente se había colocado.

### DEFINICIONES OPERATIVAS

**Grúa o andador con soporte de peso:** dispositivo para movilidad que sujeta la pelvis y el tronco, el niño/joven debe ser colocado en el andador por otra persona.

**Dispositivo manual auxiliar de la marcha:** bastones, muletas, andadores de apertura anterior o posterior, no soportan el peso del tronco durante la marcha.

**Asistencia física:** persona que asiste manualmente al niño/joven para moverlo.

**Movilidad eléctrica o motorizada:** el niño/joven activa controles eléctricos con un control de mando (switch) o palanca (joystick) lo que le permite una movilidad independiente (sillas de ruedas, scooters).

**Silla de ruedas manual o autopropulsada:** el niño/joven es capaz de utilizar los brazos, las manos o los pies para propulsar las ruedas y lograr un desplazamiento.

**Transportador:** una persona empuja el dispositivo de movilidad (silla de ruedas, carriolas) para desplazar al niño/joven de un lugar a otro.

**Marcha independiente:** niño/joven que no necesita de asistencia física o de un dispositivo de movilidad para su desplazamiento. Puede utilizar órtesis.

**Movilidad sobre ruedas:** cualquier tipo de dispositivo que permite la movilidad (carriolas, silla de ruedas manual o motorizada).

### GENERALIDADES DE CADA NIVEL

<b>NIVEL I</b>	-	Camina sin restricciones
<b>NIVEL II</b>	-	Camina con limitaciones
<b>NIVEL III</b>	-	Camina utilizando un dispositivo manual auxiliar de la marcha
<b>NIVEL IV</b>	-	Auto-movilidad limitada, es posible que utilice movilidad motorizada
<b>NIVEL V</b>	-	Transportado en silla de ruedas



## DIFERENCIAS ENTRE LOS NIVELES

**Diferencias entre los niveles I y II:** comparados contra los niños y jóvenes del grupo I, los pacientes del grupo II tienen limitaciones para caminar largas distancias y mantener el equilibrio; es posible que necesiten un dispositivo manual para auxiliar la marcha cuando recién inicia el aprendizaje de la actividad, pueden utilizar dispositivos con ruedas para viajar largas distancias, en exteriores o en la comunidad, para subir y bajar escaleras necesitan de puntos de apoyo con el pasamanos, no son tan capaces de correr o saltar.

**Diferencias entre los niveles II y III:** los niños y jóvenes del nivel II son capaces de caminar sin necesidad de dispositivos manuales auxiliares de la marcha después de los cuatro años de edad (aunque algunas veces deseen utilizarlo). Niños y jóvenes del nivel III necesitan el dispositivo manual auxiliar de la marcha dentro de espacios interiores y silla de ruedas para espacios exteriores y en la comunidad.

**Diferencias entre los niveles III y IV:** niños y jóvenes del nivel III pueden sentarse por sí mismos o requerir auxilio mínimo de manera ocasional, son capaces de caminar con un dispositivo manual auxiliar de la marcha y son más independientes para las transferencias en bipedestación. Niños y jóvenes del nivel IV pueden moverse de forma limitada, se mantienen sentados con apoyo y habitualmente son transportados en silla de ruedas manual o eléctrica.

**Diferencias entre los niveles IV y V:** niños y jóvenes del nivel V tienen limitaciones severas para el control de la cabeza y el tronco y requieren de grandes recursos tecnológicos para asistirlos. La auto-movilidad se realiza solo si el paciente es capaz de aprender a usar una silla de ruedas eléctrica.

### Clasificación de la Función Motora Gruesa – Extendida y Revisada (GMFCS – E & R)

#### ANTES DE LOS 2 AÑOS

**NIVEL I:** el niño se mueve desde y hacia la posición de sentado y se sienta en el suelo libremente, y puede manipular objetos con las dos manos. Se arrastra o gatea sobre manos y rodillas, empuja con los brazos para colocarse en bipedestación y realiza marcha sujetándose de los muebles. Habitualmente logran la marcha entre los 18 meses y los 2 años de edad sin necesitar un dispositivo manual auxiliar de la marcha.

**NIVEL II:** el niño se mantiene sentado en el suelo pero utiliza las manos para apoyarse y mantener el equilibrio. Se arrastra sobre el estómago o gatea con manos y rodillas, empuja con los brazos para colocarse en bipedestación y realiza marcha sujetándose de los muebles.

**LEVEL III:** el niño se mantiene sentado en el suelo con soporte en la región lumbar. Se rueda y logra arrastrarse boca abajo y hacia adelante.

**NIVEL IV:** el niño controla la cabeza pero requiere soporte en el tronco para mantenerse sentado. Rueda en decúbito supino y pueden rodar a decúbito prono.

**NIVEL V:** gran limitación del control voluntario. Son incapaces de sostener la cabeza y el tronco en posiciones anti-gravitatorias en prono y en posición de sentado. Requieren asistencia para rodar.

#### ENTRE LOS 2 Y LOS 4 AÑOS

**NIVEL I:** el niño se mantiene sentado en el suelo y es capaz de manipular objetos con las dos manos. No requieren asistencia de un adulto para pararse y sentarse. El niño camina, como método preferido de movilidad sin necesidad de un dispositivo manual auxiliar de la marcha.

**NIVEL II:** el niño se mantiene sentado en el suelo pero puede tener dificultad para mantener el equilibrio si utiliza las dos manos para manipular objetos, no requiere la asistencia de un adulto para sentarse y levantarse. Se empuja con las manos para colocarse de pie sobre una superficie estable. El niño gatea con movimiento recíproco de sus manos y rodillas, camina

sujetándose de los muebles o con un dispositivo manual auxiliar de la marcha como método preferido de movilidad.

**NIVEL III:** el niño se mantiene sentado frecuentemente en posición de "W" (flexión y rotación interna de caderas y rodillas), y puede que requiera de la asistencia de un adulto para sentarse. Se arrastra sobre su estómago o gatea sobre sus manos y rodillas (a menudo sin movimiento recíproco de las piernas como método primario de auto-movilidad). El niño empuja sobre una superficie estable para colocarse de pie, puede caminar distancias cortas con un dispositivo manual auxiliar de la marcha en espacios interiores, requieren asistencia de un adulto para cambiar de dirección y girar.

**NIVEL IV:** al niño se le tiene que sentar, es incapaz de mantener la alineación y el equilibrio sin utilizar las manos para apoyarse. Frecuentemente requiere equipo para adaptar y mantener la posición de sentado y de bipedestación. La auto-movilidad en distancias cortas (en el interior de una habitación) lo realiza rodando, arrastrándose sobre el estómago o gateando sobre sus manos y rodillas sin movimiento recíproco de las piernas.

**NIVEL V:** existe una limitación severa del movimiento voluntario y el niño es incapaz de sostener la cabeza y el tronco en posiciones anti-gravitatorias, toda función motora es limitada. Las limitaciones para sentarse y ponerse de pie no son compensadas con el uso de dispositivos tecnológicos y el niño no tiene una forma de movimiento independiente y tiene que ser transportado. Algunos niños pueden utilizar una silla de ruedas eléctrica con grandes adaptaciones.

### ENTRE LOS 4 Y 6 AÑOS

**NIVEL I:** el niño es capaz de sentarse o levantarse de una silla o del suelo sin necesidad de utilizar las manos para apoyarse. El niño es capaz de caminar en interiores y exteriores, sube escaleras. Puede intentar saltar y correr.

**NIVEL II:** el niño se mantiene sentado en una silla con las manos libres para manipular objetos. Puede levantarse desde el suelo y de una silla para ponerse de pie pero frecuentemente necesita de una superficie estable para apoyarse con los brazos. El niño camina sin necesitar un dispositivo manual auxiliar de la marcha en interiores y en distancias cortas o espacios abiertos con superficie regular, utiliza escaleras apoyándose en los pasamanos. No corre, no salta.

**NIVEL III:** el niño se mantiene sentado en una silla pero requiere soporte pélvico o del tronco para maximizar la función manual. Puede sentarse o levantarse de una silla usando una superficie estable para empujar o jalar con sus brazos con apoyo de los brazos. Camina con un dispositivo manual auxiliar de la marcha en superficies regulares y sube escaleras con asistencia de un adulto; con frecuencia tienen que ser transportados en espacios abiertos o terreno irregular o en distancias largas.

**NIVEL IV:** el niño se mantiene sentado en una silla pero necesita adaptaciones para mejorar el control de tronco y maximizar el uso de las manos. El niño puede sentarse y levantarse de una silla con asistencia de un adulto o de una superficie estable para empujar o jalar con sus brazos. Es posible que camine distancias cortas con una andadera o la supervisión de un adulto pero se le dificulta girar y mantener el equilibrio en superficies irregulares. El niño tiene que ser transportado en la comunidad, pueden lograr auto-movilidad con dispositivos motorizados.

**NIVEL V:** las limitaciones físicas no permiten la actividad voluntaria y el control del movimiento para mantener la cabeza y el tronco en posiciones anti-gravitatorias. Todas las áreas de la función motora son limitadas y las limitaciones para mantenerse sentado o en bipedestación no se compensan completamente con equipo o ayudas tecnológicas. En el nivel V, el niño no tiene forma de moverse de manera independiente y tiene que ser transportado no realiza actividades propositivas y tiene que ser transportado. Algunos niños pueden utilizar auto-movilidad motorizada con grandes adaptaciones.

### ENTRE LOS 6 Y LOS 12 AÑOS

**NIVEL I:** el niño camina en la casa, la escuela, exteriores y la comunidad. Son capaces de caminar cuesta arriba y cuesta abajo sin asistencia física y utiliza las escaleras sin sujetarse de los pasamanos, pueden correr y saltar pero la velocidad, equilibrio y coordinación en la actividad están limitados. Es posible que el niño pueda involucrarse en actividades deportivas dependiendo de sus intereses y el medio ambiente.

**NIVEL II:** el niño camina en la mayoría de las condiciones, puede manifestar dificultad o perder el equilibrio al caminar grandes distancias, en terrenos irregulares, inclinados, en lugares muy concurridos, espacios pequeños o mientras cargan objetos. Los niños ascienden y descienden escaleras tomados de los pasamanos o con asistencia de un adulto si no hay pasamanos. En espacios exteriores y la comunidad el niño puede caminar con dispositivos manuales auxiliares de la marcha o requerir la asistencia de un adulto o utilizar dispositivos de movilidad sobre ruedas para desplazarse grandes distancias. Tienen una habilidad mínima para correr o saltar, necesitan adaptaciones para participar en algunas actividades o para incorporarse a deportes.

**NIVEL III:** el niño camina utilizando un dispositivo manual auxiliar de la marcha para la mayoría de los espacios interiores. En sedestación, el niño puede requerir un cinturón para mejorar la alineación pélvica y el equilibrio. Los cambios de sentado-parado o parado-sentado pueden requerir la asistencia de una persona o el apoyo sobre una superficie para soporte. Para largas distancias el niño utiliza silla de ruedas. El niño puede usar escaleras sujetándose de los pasamanos con supervisión o asistencia de un adulto. Las limitaciones para caminar pueden necesitar de adaptaciones que permitan que el niño se integre a actividades físicas o deportivas en una silla de ruedas manual o dispositivos motorizados.

**NIVEL IV:** el niño usa métodos de movilidad que requieren de la asistencia física o dispositivos motorizados en la mayoría de las situaciones. Requieren adaptaciones en el tronco y la pelvis para mantenerse sentados y asistencia física para las transferencias. En casa el niño se desplaza en el piso (rodando, arrastrándose o gateando), camina distancias cortas con asistencia física o dispositivos motorizados. Si se le coloca dentro de un dispositivo, es posible que el niño camine en la casa o la escuela. En la escuela, espacios exteriores y la comunidad, el niño debe ser transportado en silla de ruedas o dispositivos motorizados. Las limitaciones en la movilidad requieren de grandes adaptaciones para permitir la participación en actividades físicas y deportivas que incluyan asistencia física y dispositivos motorizados.

**NIVEL V:** el niño es transportado en silla de ruedas en todo tipo de situación, tienen limitaciones para mantener cabeza y tronco en posiciones anti-gravitatorias y sobre el control del movimiento de las extremidades. La asistencia tecnológica se utiliza para mejorar la alineación de la cabeza, la posición de sentado y de bipedestación o la movilidad sin que se compensen por completo dichas limitaciones. Las transferencias requieren asistencia física total de un adulto. En casa, es posible que el niño se desplace distancias cortas sobre el piso o tenga que ser transportado por un adulto. El niño puede lograr la auto-movilidad en equipos motorizados con adaptaciones extensas que mantengan la posición de sentado y faciliten el control del desplazamiento. Las limitaciones en la movilidad requieren de adaptaciones que permitan la participación en actividades físicas y deportivas que incluyan la asistencia tecnológica y la asistencia física.

### ENTRE LOS 12 Y 18 AÑOS

**NIVEL I:** el joven camina en la casa, la escuela, exteriores y la comunidad. Tiene la habilidad de caminar cuesta arriba y cuesta abajo sin asistencia física y usar escaleras sin utilizar los pasamanos. Puede correr y saltar pero la velocidad, el equilibrio y la coordinación pueden ser limitados. Participa en actividades físicas y deportivas dependiendo de la elección personal y el medio ambiente.

**NIVEL II:** el joven camina en la mayoría de las condiciones. Factores ambientales (terreno irregular, inclinado, distancias largas, demandas de tiempo, clima e integración social con sus pares) y personales pueden influenciar las opciones de movilidad. En la escuela o el trabajo, el joven puede caminar utilizando un dispositivo manual auxiliar de la marcha por seguridad. En los exteriores y la comunidad es posible que utilice una silla de ruedas para viajar largas distancias. Utiliza escaleras tomándose de los pasamanos o con asistencia física. Puede necesitar adaptaciones para incorporarse a actividades físicas o deportivas.

**NIVEL III:** el joven es capaz de caminar utilizando un dispositivo manual auxiliar de la marcha. Comparado con los individuos de otros niveles, el joven del nivel III puede elegir entre una variedad de métodos de movilidad dependiendo de sus habilidades físicas o de factores ambientales o personales. Cuando está sentado, puede requerir de un cinturón para mejorar su equilibrio y alineación pélvica. Los cambios de sentado-parado y parado-sentado requieren asistencia física o de una superficie para llevarse a cabo. En la escuela, puede propulsar una silla de ruedas o un dispositivo motorizado. En exteriores tienen que ser transportados en silla de ruedas o utilizar un dispositivo motorizado. Pueden utilizar escaleras sujetándose de los pasamanos con supervisión o requerir asistencia física. Las limitaciones para caminar pueden requerir de adaptaciones para integrarse a actividades físicas o deportivas ya sea con silla de ruedas autopropulsada o movilidad motorizada.

**NIVEL IV:** el joven utiliza silla de ruedas en la mayoría de las condiciones con adaptaciones para la alineación pélvica y el control de tronco. Requiere la asistencia de una o dos personas para ser transferido. Puede tolerar su peso sobre las piernas y mantenerse de pie para algunas transferencias estando de pie. En interiores el joven puede caminar distancias cortas con asistencia física, usar silla de ruedas o una grúa. Son capaces de manejar una silla de ruedas motorizada, si no cuentan con una tienen que ser transportados en una silla de ruedas propulsada por otra persona. Las limitaciones en la movilidad requieren adaptaciones para permitir la participación en actividades físicas o deportivas que incluyan dispositivos motorizados y/o asistencia física.

**NIVEL V:** el joven tiene que ser transportado en silla de ruedas propulsada por otra persona en todas las condiciones. Tienen limitaciones para mantener la cabeza y el tronco en posiciones anti-gravitatorias y en el control del movimiento de las extremidades. Requieren de asistencia tecnológica para mantener la alineación de la cabeza, la posición de sentado y de pie y las limitaciones del movimiento no son compensadas en su totalidad con dispositivos auxiliares. Requieren asistencia física de 1 o 2 personas o de una grúa para las transferencias. Pueden lograr la auto-movilidad con dispositivos modificados o con grandes adaptaciones para mantener al joven en posición de sentado. Las limitaciones de la movilidad requieren de asistencia física y dispositivos motorizados para permitir la participación en actividades físicas y deportivas.

**Apéndice D.** Escala de Movilidad Funcional FMS, desarrollada por The Royal Childrens Hospital, Melbourne, Australia.

**Introduction**

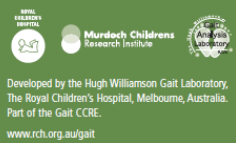
The Functional Mobility Scale (FMS) has been constructed to classify functional mobility in children, taking into account the range of assistive devices a child might use.

The scale can be used to classify children's functional mobility, document change over time in the same child and to document change seen following interventions, for example orthopaedic surgery or selective dorsal rhizotomy.

The FMS rates walking ability at three specific distances, 5, 50 and 500 metres, (or 5, 50, 500 yards). This represents the child's mobility in the home, at school and in the community setting. It therefore accounts for different assistive devices used by the same child in different environments.

Assessment is by the clinician on the basis of questions asked of the child/parent (not direct observation). The walking ability of the child is rated at each of the three distances according to the need for assistive devices such as crutches, walkers or wheelchair. Orthotics which are regularly used should be included for the rating.

The FMS is a **performance** measure. It is important to rate what the child **actually does** at this point in time, not what they **can do** or **used to be able to do**.



Rating **6**

**Independent on all surfaces:**  
Does not use any walking aids or need any help from another person when walking over all surfaces including uneven ground, curbs etc. and in a crowded environment.



Rating **5**

**Independent on level surfaces:**  
Does not use walking aids or need help from another person.\* Requires a rail for stairs.  
\*If uses furniture, walls, fences, shop fronts for support, please use 4 as the appropriate description.



Rating **4**

**Uses sticks (one or two):**  
Without help from another person.



Rating **3**

**Uses crutches:**  
Without help from another person.



Rating **2**

**Uses a walker or frame:**  
Without help from another person.



Rating **1**

**Uses wheelchair:**  
May stand for transfers, may do some stepping supported by another person or using a walker/frame.



Rating **C**

**Crawling:**  
Child crawls for mobility at home (5m).

Rating **N**

**N = does not apply:**  
For example child does not complete the distance (500 m).

Walking distance	Rating: select the number (from 1-6) which best describes current function
5 metres (yards)	
50 metres (yards)	
500 metres (yards)	

**Questions**

To obtain answers that reflect performance, the manner in which the questions are asked of the child/parent is important. The questions we use to obtain the appropriate responses are:

1. How does your child move around for short distances in the house? (5m)
2. How does your child move around in and between classes at school? (50m)
3. How does your child move around for long distances such as at the shopping centre? (500m)

The distances are a guide. It is the environment that is most relevant.

**Qualifiers**

The difference between 1-4 is self-explanatory, however the difference between 5 and 6 is less clear.

5 metres: children who require a rail for stairs would be rated as 5 and children who do not require a rail or help would be rated as 6.

50 metres: children who can walk on all surfaces including uneven surfaces and steps, particularly at school are rated as 6 and children that require help on these surfaces but can walk on level surfaces without help are rated as 5.

500 metres: children who can walk on all surfaces including rough ground, curbs, steps and in crowded environments in the community without help are rated as 6 and children who walk long distances only on level surfaces and have difficulty walking in crowds are rated as 5.

## Examples

- a) A child who walks independently at home on all surfaces but uses crutches in the school playground and a wheelchair for long family walks or school outings would be scored as:

6 3 1

- b) A child who uses crutches indoors at home, a walker in the playground at school and a wheelchair to go to the shopping centre would be scored as:

3 2 1

- c) A child who walks independently on all surfaces at home including steps without a rail but at school and for longer distances tend to lose balance on uneven ground or in crowds would be scored as:

6 5 5

- d) A child who uses a walker at home and in physiotherapy but in all other settings uses a wheelchair would be scored as:

2 1 1

- e) A child who walks independently without assistive devices at home on level ground only and uses two single point sticks at school in the classroom and the playground and a walker for longer distances would be scored as:

5 4 2

## References

- 1) Graham H.K., Harvey A., Rodda J., Nattrass G.R., Pirpiris M. (2004). The Functional Mobility Scale (FMS). *JPO* 24(5): 514–520.
- 2) Palisano R.J., Tieman B.L., Walter S.D., Bartlett D.J., Rosenbaum P.L., Russell D., Hanna S.E. (2003). Effect of environmental setting on mobility methods of children with cerebral palsy. *Dev. Med. Child Neurol.* 45: 113–120.

For further information or more copies please contact:  
Hugh Williamson Gait Laboratory  
The Royal Children's Hospital  
Flemington Road  
Parkville, 3052  
Melbourne, Australia

email: [gait.lab@rch.org.au](mailto:gait.lab@rch.org.au)

phone: +61 3 9345 5354

[www.rch.org.au/gait](http://www.rch.org.au/gait)

© The Royal Children's Hospital, Melbourne 2004  
ERC: 061076

# FMS

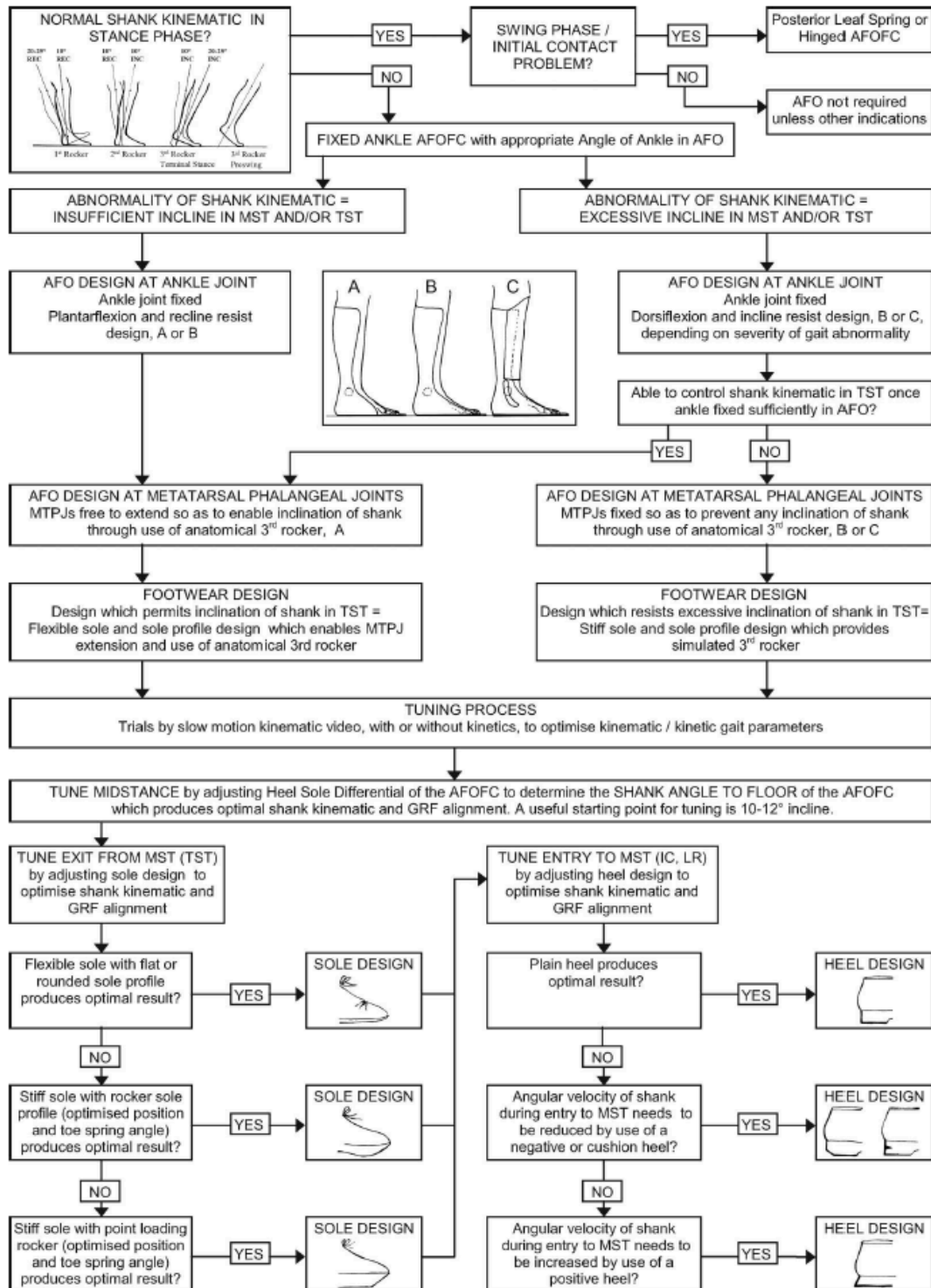
The Functional Mobility Scale  
(version 2)

For children with cerebral palsy  
aged 4–18 years



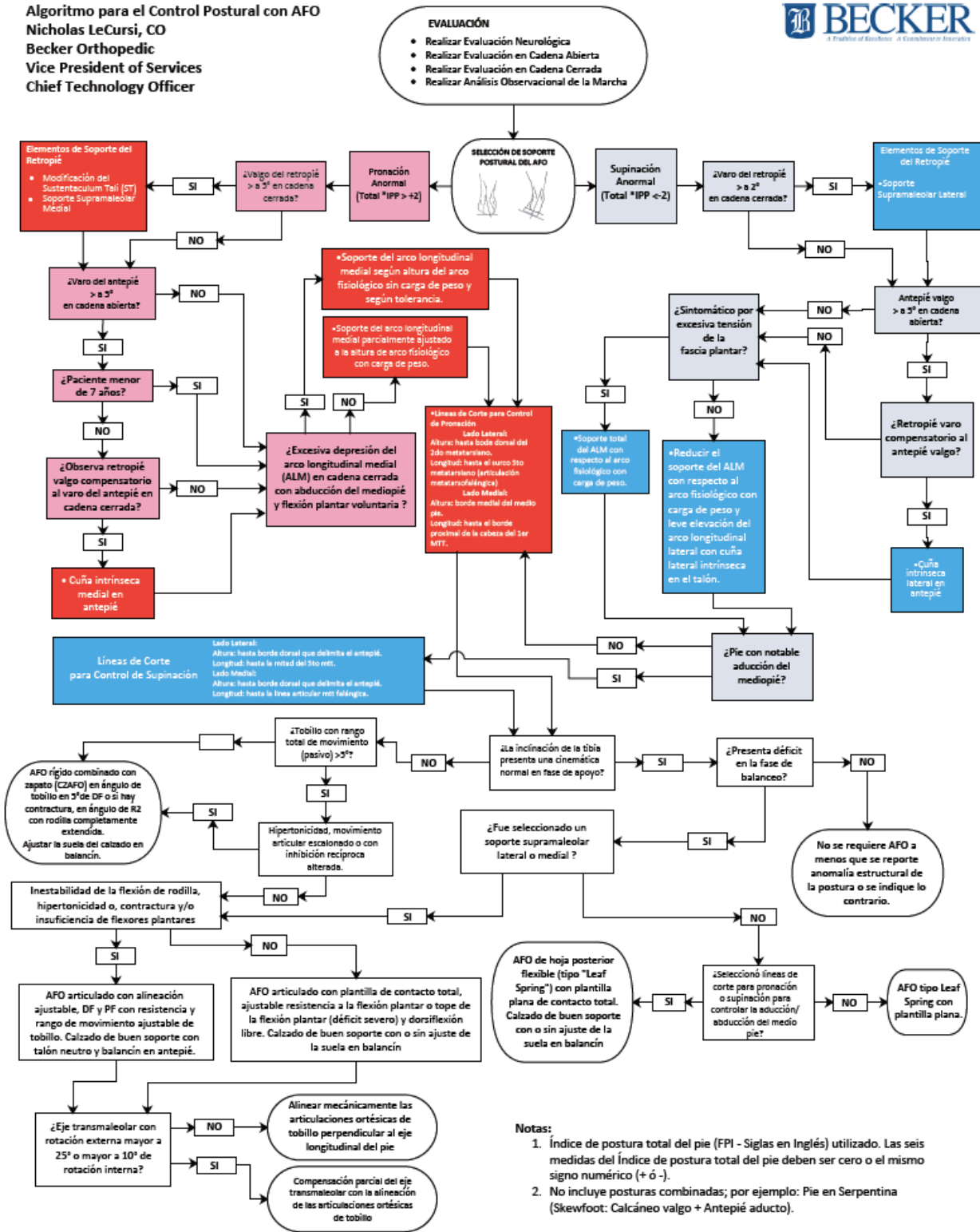
Developed by the  
Hugh Williamson Gait Laboratory  
The Royal Children's Hospital  
Melbourne, Australia  
Part of the Gait CCRE  
[www.rch.org.au/gait](http://www.rch.org.au/gait)

**Apéndice E.** Algoritmo para el diseño y afinamiento de la combinación ortesis tobillo-pie con el zapato basado en la cinemática del segmento tibial, propuesto por Elaine Owen en el artículo *The importance of being earnest about shank and thigh kinematics especially when using ankle-foot orthoses.*



Apéndice F. Algoritmo para la prescripción ortésica propuesto por Nicholas LeCursi.

**Algoritmo para el Control Postural con AFO**  
**Nicholas LeCursi, CO**  
**Becker Orthopedic**  
**Vice President of Services**  
**Chief Technology Officer**



<b>Siglas en Ingles</b>	<b>Siglas en Español</b>	<b>Significado en Español</b>
ROM	RM	Rango de Movimiento
ROMP	RMP	Rango de Movimiento Pasivo
M?L	M/L	Medio / Lateral
MLA	ALM	Arco Longitudinal Medial
ST	ST	Sustentáculo Tali
FPI	IPP	Índice de Postura del Pie (IPP)
WRT		Con respecto a .....
AFOFC	CZAFO	Combinación del Zapato y el AFO



**Apéndice G.** Cuadro resumen de las características de los distintos patrones múltiples articulares y el diseño de ortesis tobillo-pie correspondiente para cada caso identificados en este trabajo de revisión

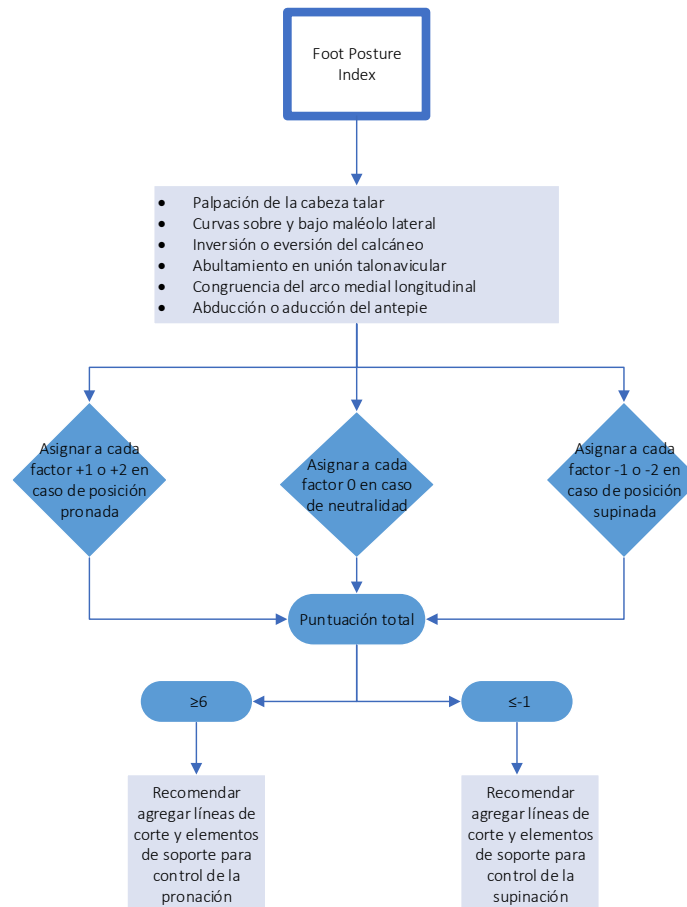
Patrón múltiple articular	Fase de apoyo	Fase de balanceo	Diseño de ortesis
Genu recurvatum	<b>Tobillo:</b> alteración del control motor-plantarflexión o ↓dorsiflexión <b>Rodilla:</b> hiperextensión		OTP sólida
Pie caído	<b>Rodilla:</b> ↑flexión en contacto inicial y respuesta a la carga	<b>Tobillo:</b> Flexión plantar↑ o dorsiflexión↓ AM pasivo es normal <b>Rodilla:</b> ↑flexión <b>Cadera:</b> ↑flexión	OTP hoja posterior o articulada
Equino verdadero	<b>Tobillo:</b> equino <b>Rodilla:</b> alcanza extensión completa		OTP sólida
Marcha saltarina	<b>Tobillo:</b> equino <b>Rodilla y cadera:</b> hiperflexión en apoyo inicial, y extensión variable en apoyo final		OTP sólida o de reacción al suelo
Equino aparente	<b>Tobillo:</b> su AM pasivo es normal		OTP articulada, sólida o de reacción al suelo
Marcha agazapada	<b>Tobillo:</b> dorsiflexión excesiva <b>Rodilla y cadera:</b> hiperflexión		OTP de reacción al suelo

**Apéndice H.** Distintos diseños de ortesis tobillo-pie, características, indicación según hallazgos en el examen físico, contraindicaciones y recomendaciones en la elaboración de la indicación identificados en este trabajo de revisión

Diseño ortésico	Características	Indicación según hallazgos en examen físico	Contraindicación	Recomendaciones en la elaboración de la indicación
Ortesis sólida	<p>No permite movimiento del tobillo</p> <p>Mejor control de la deformidad triplanar del mediopié</p>	<p>Déficit funcional severo</p> <p>Espasticidad severa</p>	<p>Relativa: marcha agazapada, se prefiere Ortesis de reacción al suelo</p>	<p>Debe acomodar el tobillo y crear alineación favorable por medio de cuñas</p> <p>Alcanzar un ángulo de inclinación tibial de 10°-12° inicialmente</p>
Ortesis articulada	<p>Controla pie caído en balanceo</p> <p>Según tipo de articulación: freno a la plantarflexión o a la dorsiflexión</p> <p>Brinda menor control al retropie</p> <p>Mayor costo</p>	<p>Se prefiere en niños pequeños y en hemiplejía</p> <p>Espasticidad leve-moderada</p> <p>Deformidades que se corrigen fácilmente</p>	<p>Marcha agazapada: puede permitir dorsiflexión en fase de apoyo</p> <p>Gastrocnemio contracturado: Favorece fragmentación del mediopié y flexión de rodilla en fase de apoyo</p>	<p>Alcanzar un ángulo de inclinación tibial de 10°-12° inicialmente</p> <p>Anotar si se desea tope a la plantarflexión o dorsiflexión, según el déficit identificado y posibilidades de la articulación mecánica</p>
Ortesis de hoja posterior	<p>Controla pie caído en balanceo</p> <p>Permite dorsiflexión en apoyo</p> <p>No admite fuertes elementos de soporte estructural</p>	<p>Espasticidad leve-moderada</p> <p>Deformidades que se corrigen fácilmente</p>	<p>Marcha agazapada: puede permitir dorsiflexión en fase de apoyo</p> <p>Espasticidad severa</p> <p>Deformidades importantes del pie</p>	

<p>Ortesis de reacción al suelo</p>	<p>Dirige el vector de la FRS anterior a la rodilla</p> <p>Controla dorsiflexión excesiva y corrige hiperflexión de rodilla en el apoyo</p> <p>Relativamente difícil de colocar</p> <p>Contracturas y deformidades torsionales deben ser resueltas para obtener un mejor resultado</p>	<p>Acople plantarflexión-extensión de rodilla completamente incompetente</p>	<p>Contracturas en flexión de rodilla &gt;15-20°, contractura en flexión de cadera &gt;30° y el ángulo muslo pie mayor a 15° externo</p>	<p>Debe acomodar el tobillo y crear alineación favorable por medio de cuñas</p> <p>Alcanzar un ángulo de inclinación tibial de 10°-12° inicialmente</p>
-------------------------------------	--	--	--	---

**Apéndice I.** Flujograma utilizando el Foot Posture Index para anotar las recomendaciones de elementos de soporte estructural en la elaboración de la indicación de la ortesis tobillo-pie.



**Apéndice J.** Algoritmo para la prescripción ortésica elaborado con base en este trabajo de revisión.

