



## ENFOQUES DE REHABILITACIÓN EN FISIOTERAPIA EN LA MARCHA PARA PACIENTES CON PARÁLISIS CEREBRAL

Angie Lorena Vargas Vanegas

Oscar Eduardo Mateus Arias

Tutor

Universidad de Pamplona

Facultad de Salud

Programa de Fisioterapia

2022 - 1



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750  
[www.unipamplona.edu.co](http://www.unipamplona.edu.co)



## Tabla de contenido

Resumen .....	5
Abstract .....	6
Introducción .....	7
Marco teórico .....	12
Parálisis Cerebral.....	12
Epidemiología.....	13
Etiología.....	13
Manifestaciones clínicas .....	14
Clasificación .....	15
Diagnóstico .....	16
Marcha.....	18
El ciclo de la marcha y sus divisiones .....	18
Fases de Soporte o de apoyo.....	19
Fases del ciclo durante el periodo de balanceo .....	20
Parámetros temporales y parámetros espaciales .....	20
Parámetros temporales.....	21



Parámetros espaciales .....	22
Parámetros espaciotemporales .....	22
Velocidad de la marcha.....	23
Objetivo.....	24
Materiales y métodos .....	24
Tipo de investigación.....	24
Diseño de la investigación.....	24
Técnicas de investigación.....	25
Estrategia de búsqueda .....	25
Bases de datos.....	25
Año de publicación de los estudios incluidos.....	25
Tipo de estudios incluidos .....	25
Selección de artículos .....	25
Análisis de datos y resultados .....	26
Órtesis de tobillo y pie (AFO).....	26
Estimulación eléctrica.....	28
Entrenamiento Funcional de la Marcha.....	31



Entrenamiento en cinta .....	33
Cinta Rodante con Soporte Parcial de Peso.....	35
Actividad Física.....	37
Realidad Virtual más Juegos .....	39
Vibración de Cuerpo Completo.....	40
Robótica.....	43
Terapia acuática.....	46
Conclusiones .....	49
Abreviaturas .....	51
Referencias bibliográficas .....	54





## Resumen

La Parálisis Cerebral se define como un grupo de trastornos del movimiento y de la postura que provocan limitación en la movilidad. Es causada por una lesión no progresiva del cerebro en los primeros años de vida (Ramos et al., 2021). Los niños con PC presentan trastornos motores complejos y heterogéneos que causan desviaciones de la marcha (Armand, 2016). El patrón de marcha se adquiere en la infancia y con la práctica, el sistema neurosensorial lo convierte en un proceso de adaptación que genera comandos repetitivos de controles motores, que le permiten al individuo caminar sin esfuerzo consciente (Osorio & Valencia, 2013). Aún no existe un consenso general sobre qué intervención de rehabilitación es la más efectiva para rehabilitar la marcha en niños con parálisis cerebral. La mayoría de las revisiones sistemáticas de la literatura investigan los efectos de una sola intervención (Moreau et al., 2016). De acuerdo a lo anteriormente mencionado, se hace necesario responder a la siguiente pregunta: ¿cuáles son los enfoques de rehabilitación en Fisioterapia en la marcha para pacientes con Parálisis Cerebral? Por lo tanto, el objetivo que se plantea para esta monografía es identificar los enfoques de rehabilitación desde Fisioterapia en la marcha en niños con parálisis cerebral. Como metodología, se realizó una monografía de compilación elaborada en el primer semestre del año 2022, utilizando como objeto de estudio revisiones sistemáticas, metanálisis y ECAs, recolectados en las diferentes bases de datos como PEDro, Pubmed, Google Scholar, Elsevier. Para su búsqueda se emplearon palabras claves y/o vocabulario terminológico controlado.



Palabras claves: parálisis cerebral, marcha, velocidad de la marcha, rehabilitación de la marcha, análisis de la marcha.

## Abstract

Cerebral Palsy is defined as a group of movement and posture disorders that cause limitation in mobility. It is caused by a non-progressive lesion of the brain in the first years of life (Ramos et al., 2021). Children with CP have complex and heterogeneous motor disorders that cause gait deviations (Armand, 2016). The gait pattern is acquired in childhood and with practice, the neurosensory system converts it into an adaptation process that generates repetitive motor control commands, which allow the individual to walk without conscious effort (Osorio & Valencia, 2013). There is still no general consensus on which rehabilitation intervention is the most effective to rehabilitate walking in children with cerebral palsy. Most systematic reviews of the literature investigate the effects of a single intervention (Moreau et al., 2016). According to the aforementioned, it is necessary to answer the following question: ¿what are the rehabilitation approaches in Physiotherapy in walking for patients with Cerebral Palsy? Therefore, the objective that arises for this monograph is to identify the rehabilitation approaches from Physiotherapy in the march in children with cerebral palsy. As a methodology, a compilation monograph was carried out in the first semester of 2022, using systematic reviews, meta-analyses and RCTs as objects of study, collected in different



databases such as PEDro, Pubmed, Google Scholar, Elsevier. Keywords and/or controlled terminological vocabulary were used for their search.

Keywords: cerebral palsy, gait, gait speed, gait rehabilitation, gait analysis.

## Introducción

La adquisición de la postura bípeda fue crucial en la manifestación de aspectos sociales, reproductivos, alimenticios y culturales (González, 2015). Caminar es fundamental para las actividades de la vida diaria y la participación social; por lo tanto, a menudo se considera una de las actividades más importantes (Armand et al., 2016). La marcha humana es un modo de locomoción bípeda con actividad alternada de los miembros inferiores, que se caracteriza por una sucesión de doble apoyo y de apoyo unipodal (Luengas et al., 2013). La marcha normal se define como una serie de movimientos alternantes y rítmicos de las extremidades y del tronco que determinan un desplazamiento del centro de gravedad hacia adelante (Cerdeña, 2010).

La marcha es una de las claves de la independencia funcional. Durante mucho tiempo, caminar se consideró un proceso automático que implicaba un aporte cognitivo mínimo de alto nivel. De hecho, caminar no tiene lugar sin los músculos que mueven las extremidades y el control de "nivel inferior" que regula la activación oportuna de los músculos (Mirelman, 2018). La relación entre la función cognitiva de alto nivel y los trastornos de la marcha ha recibido una atención considerable en los últimos años (Malouin, 2003). La marcha ya no se



considera simplemente como una actividad motora automatizada que utiliza una entrada cognitiva mínima de alto nivel. En cambio, se aprecian cada vez más las influencias neuropsicológicas multifacéticas sobre la marcha y las interacciones entre el control de la movilidad y los comportamientos relacionados (Yogev, 2009).

El patrón de marcha se adquiere en la infancia y con la práctica, el sistema neurosensorial lo convierte en un proceso de adaptación que genera comandos repetitivos de controles motores, que le permiten al individuo caminar sin esfuerzo consciente (Osorio & Valencia, 2013). Es un proceso especialmente complejo en que intervienen factores motores, perceptivos y cognitivos, a través de la exploración (Casas et al., 2014). El desarrollo de los patrones de marcha durante el ciclo vital del ser humano está claramente definido, es así como antes del año post natal se logra ejecutar de manera independiente con esquemas motores característicos, los cuales evolucionan ontogénicamente (Medina & Mancilla, 2014). La adquisición de la marcha tiene una gran importancia en el desarrollo psicomotor del niño pues le da autonomía para moverse en el espacio, aumenta su campo de visión y le permite coger y manipular objetos que antes no estaban a su alcance (Collado, 2003).

La transición a la marcha independiente produce cambios significativos en la forma en que los niños se relacionan con su entorno, este hito del desarrollo se concibe como un proceso de integración (Casas et al., 2014). Esta adquisición de marcha independiente puede verse afectada en caso de enfermedades que afecten a los sistemas involucrados en el control de la marcha (Fernandez, 2017). Los impedimentos de movilidad y las dificultades para





caminar pueden limitar severamente las actividades diarias de un niño, afectando su calidad de vida y su capacidad para interactuar socialmente (Moreau et al., 2016), como es el caso de la parálisis cerebral donde uno de los compromisos motores es la alteración de la marcha, lo cual puede llevar a limitar la independencia de los afectados (Amador & Montealegre, 2016) con un impacto negativo en la participación y la autopercepción (Carcreff et al., 2020).

La parálisis cerebral (PC) es un término genérico para un grupo de trastornos causados por malformaciones o daños cerebrales durante el desarrollo temprano, con la característica definitoria de deterioro motor y postural que limita las actividades de la vida diaria y el cuidado personal (Booth et al., 2018). Es la causa más común de discapacidad física de por vida de aparición en la niñez en la mayoría de los países, y afecta aproximadamente a 1 de cada 500 recién nacidos con una prevalencia estimada de 17 millones de personas en todo el mundo (Graham, 2016). Aunque la lesión neuropatológica inicial no es progresiva, los niños con parálisis cerebral pueden desarrollar una variedad de condiciones secundarias que con el tiempo afectarán de forma variable sus capacidades funcionales (Patel et al., 2020). Las manifestaciones clínicas de la parálisis cerebral varían mucho en el tipo de trastorno del movimiento, el grado de capacidad y limitación funcional y las partes del cuerpo afectadas (Graham, 2016).

Los trastornos motores de la parálisis cerebral suelen ir acompañados de alteraciones de la sensación, percepción, cognición, comunicación y conducta, epilepsia y problemas musculoesqueléticos secundarios (Graham, 2016). Los niños con PC presentan trastornos



motores complejos y heterogéneos que causan desviaciones de la marcha (Armand, 2016). Los trastornos motores de las personas con PC son complejos. Se relacionan con déficits primarios como espasticidad muscular, debilidad muscular y pérdida del control motor selectivo, y secundarios como contracturas musculares y deformidades óseas (Hutton, 2000). Las principales disfunciones están relacionadas con trastornos motores durante la postura y el movimiento que causan limitación en las actividades (por ejemplo, caminar). Alrededor del 75% de los niños con PC son ambulatorios (Armand, 2016). En la última década se han realizado importantes descubrimientos en el diagnóstico precoz, la prevención y el tratamiento, alterando la incidencia, el pronóstico y la capacidad de respuesta al tratamiento (Novak et al., 2020).

La exploración y análisis de la marcha dentro del proceso de evaluación del movimiento corporal humano, constituye una herramienta fundamental que revela las posibilidades motoras, la capacidad para llevar a cabo diferentes actividades cotidianas y el nivel de interacción social dentro del marco de los factores contextuales de cada individuo (Zapata & Ruiz, 2012). El análisis de la marcha es una herramienta bien establecida para la evaluación cuantitativa de los trastornos de la marcha que proporciona diagnóstico funcional, evaluación para la planificación del tratamiento y seguimiento del progreso de la enfermedad (Baker, 2016). Sin embargo, la evidencia de intervenciones de rehabilitación efectivas para mejorar la marcha sigue sin estar clara (Moreau et al., 2016).



Uno de los principales problemas que afectan la actividad motriz en la población mundial es la parálisis cerebral, el cual se produce una lesión o un defecto permanente no progresivo en el cerebro inmaduro, y produce dificultad para el control de ciertos músculos debido a que la parte del cerebro que controla los movimientos del cuerpo no se desarrolló de manera adecuada (Quintero, 2011). El desarrollo de la locomoción inicia en el cerebro por lo que, si existe un antecedente de lesión en esta estructura, el proceso de adquisición de la marcha se verá afectado desde sus primeras etapas. (Gage, Schwartz, Koop, & Novacheck, 2009), este patrón puede alterarse en la PC debido a diferentes factores, como lo son la espasticidad, debilidad y/o contracturas musculares o ligamentarias, alteraciones a nivel capsular, deformidades óseas, lesiones músculo-esqueléticas y cambios postquirúrgicos, entre otros. (Martínez & Abad, 2016). Uno de los parámetros que más se ven afectados es la velocidad de la marcha (WS), de hecho, la velocidad a la que camina una persona influye en variables biomecánicas como la cinemática articular, las fuerzas de reacción del suelo (GRF), los momentos de fuerza (momentos) y potencias articulares, la actividad muscular y los parámetros espaciotemporales de la marcha en niños (Fukuchi et al., 2019). El WS no solo es indicativo de la capacidad funcional de un individuo y el estado general de salud, sino que se ha demostrado que la medida predice una variedad de resultados, incluida la respuesta a la rehabilitación (Middleton et al., 2016).

Las intervenciones específicas de PC deben iniciarse temprano para optimizar su impacto en la neuroplasticidad del cerebro en desarrollo (Novak et al., 2017). Su manejo



requiere un enfoque de equipo multidisciplinario (Patel et al., 2020), pero aún no existe un consenso general sobre qué intervención de rehabilitación es la más efectiva para rehabilitar la marcha en niños con parálisis cerebral. La mayoría de las revisiones sistemáticas de la literatura investigan los efectos de una sola intervención (Moreau et al., 2016). De acuerdo a lo anteriormente mencionado, se hace necesario responder a la siguiente pregunta: ¿cuáles son los enfoques de rehabilitación en Fisioterapia en la marcha para pacientes con Parálisis Cerebral? Por lo tanto, el objetivo que se plantea para esta monografía es identificar los enfoques de rehabilitación desde Fisioterapia en la marcha en niños con parálisis cerebral.

## Marco teórico

### Parálisis Cerebral

La Parálisis Cerebral, se define como un grupo de trastornos del movimiento y de la postura que provocan limitación en la movilidad. Es causada por una lesión no progresiva del cerebro que ocurre durante el desarrollo prenatal o en los primeros años de vida (Ramos et al., 2021). Es la principal causa de discapacidad física infantil, afectando a alrededor de 2 a 3 niños por cada 1.000 nacidos vivos (Chen et al., 2018). El trastorno motor se acompaña con frecuencia de alteraciones de la sensibilidad, cognición, comunicación, percepción comportamiento y/o crisis epilépticas (Morris, 2007).



## *Epidemiología*

La mayoría de los análisis estimaron que la incidencia de PC en países desarrollados o industrializados fue de 1,5 a 2,5 casos por cada 1.000 nacidos vivos (NV), pero con un modesto aumento en las últimas dos décadas del siglo XX debido en gran parte al gran aumento de la supervivencia de los bebés muy prematuros como resultado del éxito de la nueva tecnología (Korzeniewski et al., 2018). La prevalencia de PC estratificada por grupo de edad gestacional mostró que la prevalencia agrupada más alta se encontraba en niños que pesaban entre 1000 y 1499g al nacer (59,18 por 1000 nacidos vivos; IC del 95 %). La prevalencia de PC expresada por edad gestacional fue más alta en niños nacidos antes de las 28 semanas de gestación (111,80 por 1000 nacidos vivos; IC 95%) (Oskoui et al., 2013).

## *Etiología*

La PC puede derivar de cualquier evento que altere el desarrollo del cerebro fetal o neonatal (Peláez et al., 2021). Es un síndrome multi-etiológico (Gómez et al., 2013), este se clasifica en tres grupos principales de alteraciones: prenatales (antes del nacimiento), perinatales (durante el parto) y postnatales (después del nacimiento). Se estima que entre un 70 y 80% de las ocasiones, la PC tiene su origen en factores prenatales (Vázquez & Vidal, 2014).

Las principales causas y factores de riesgo relacionados a nivel prenatal son: Factores maternos como ingesta de tóxicos, infección intrauterina, traumatismo, disfunción tiroidea,



hipertensión arterial (HTA), alteraciones de la coagulación, enfermedades autoinmunes, fecundación in vitro o técnicas de reproducción asistida; Factores placentarios como la trombosis/oclusión, hipoperfusión, infección/inflamación; Factores fetales entre las cuales se encuentran malformaciones del sistema nervioso central (SNC), eventos vasculares, síndrome genético, enfermedad metabólica, gestación múltiple. A nivel perinatal, se encuentra el desprendimiento de placenta, corioamnionitis, prematuridad, bajo peso, infección del SNC o sistémica, hipoglucemia grave/mantenida, hiperbilirrubinemia, hemorragia intracraneal, hipoxia neonatal, circular del cordón umbilical y crisis neonatales (Peláez et al., 2021). Por último, a nivel postnatal, la presencia de convulsiones fue el factor de riesgo más importante en todas las edades gestacionales, el síndrome de dificultad respiratoria, la hipoglucemia, traumatismo craneal, las infecciones, la ictericia grave en los recién nacidos a término, encefalopatía neonatal y meningitis (Mcintyre et al., 2012).

### ***Manifestaciones clínicas***

La PC es un trastorno heterogéneo que abarca una variedad de fenotipos clínicos y tipos de deficiencias motoras (Abimbola et al., 2019). La manifestación clínica motora predominante depende del sustrato neurológico afectado y del mecanismo fisiopatológico que generó la lesión (C. Espinoza et al., 2019). Los trastornos que son el resultado de una interrupción o lesión no progresiva que se produjo puede provocar espasticidad, distonía, contracturas musculares, debilidad y dificultad en la coordinación que, en última instancia, afecta la capacidad de controlar los movimientos (Paulson & Vargas, 2017), pero también



incluyen un espectro de anomalías como falta de equilibrio y déficits sensoriales. Además, se presentan una serie de comorbilidades que no forman parte de la definición central de parálisis cerebral, más comúnmente dolor, discapacidad intelectual, incapacidad para caminar, desplazamiento de la cadera, incapacidad para hablar, epilepsia, incontinencia y trastornos del comportamiento o del sueño. Estos hallazgos clínicos ocurren fuera de las etapas de desarrollo esperadas basadas en la edad, otros estudios han mostrado hallazgos clínicos adicionales, como pérdida de audición, ceguera y progresión de la escoliosis debido a espasmos musculares (Vitrikas et al., 2020).

### ***Clasificación***

Tradicionalmente, la PC se ha clasificado por tipo motor, topografía del deterioro motor o grado de deterioro funcional (Abimbola et al., 2019). En la literatura se han descrito cuatro tipos motores principales de parálisis cerebral: espástico (Es la más frecuente, la lesión en el SNC acontece en el sistema piramidal, pudiéndose describir signos de lesión de neurona motora superior, caracterizada por hipertonicidad y resistencia muscular al movimiento) (Montañana, 2016), discinético (la lesión acontece en los núcleos basales en el SNC, presenta con atetosis o distonía), atáxico (Afectación en el cerebelo o vías cerebelosas, principalmente presenta dificultades con la coordinación) (Rethlefsen et al., 2010), y CP hipotónica (disminución del tono muscular) (Abimbola et al., 2019).





Según el área corporal afectada distinguimos: Hemiplejía (la afectación se limita al hemicuerpo, pero en las alteraciones motrices suelen ser más evidentes en extremidades inferiores), diplejía (afectación de las cuatro extremidades, con predominio en las extremidades inferiores), cuadriplejía (afectación global incluyendo al tronco y sus cuatro extremidades, con predominio en sus extremidades superiores) (Novak, 2014).

Según el grado de discapacidad, se puede clasificar en: Leve (estas limitaciones se ponen en manifiesto en actividades motrices avanzadas como correr, saltar, escribir, que requieren mucho esfuerzo y coordinación.), moderada (limitaciones motoras en la marcha, sedestación, cambios posturales, manipulación y lenguaje.), grave (importante restricción de la independencia de los niños en sus actividades de la vida diaria), profunda (gran reducción de la capacidad motora, incluso en habilidades funcionales básicas como cambios posturales o mantenimiento de alineación adecuada.) (Montañana, 2016).

## **Diagnóstico**

El diagnóstico de PC se basa en una combinación de evaluación neurológica y motora, hallazgos de neuroimagen y reconocimiento de factores de riesgo clínicos (Abimbola et al., 2019). En los bebés  $\leq 5$  meses de edad corregida, las herramientas más predictivas para detectar el riesgo de PC son la resonancia magnética (MRI) a término (sensibilidad del 86% al 89%), la Evaluación Cualitativa de Movimientos Generales de Prechtl (sensibilidad del 98%) y el examen neurológico infantil de Hammersmith (sensibilidad 90%). Para los bebés de  $\geq 6$





meses de edad corregida, las herramientas más predictivas para detectar el riesgo de PC son la resonancia magnética (sensibilidad 86%-89%), el examen neurológico infantil de Hammersmith (sensibilidad 90%) y la evaluación del desarrollo de niños pequeños (índice C del 83%). Así mismo propuso que cuando no se pueda realizar un diagnóstico de PC con certeza en lactantes pequeños, se debe realizar un diagnóstico clínico intermedio de “alto riesgo de PC”, de modo que se puedan iniciar intervenciones tempranas específicas de PC. Un diagnóstico de alto riesgo de PC requiere una disfunción motora y una anomalía en la resonancia magnética y/o una historia clínica que indique riesgo de PC (Novak et al., 2017).

Aproximadamente la mitad de los bebés que desarrollan parálisis cerebral tienen factores identificables de alto riesgo, lo que permite una detección temprana y un diagnóstico temprano. Aquellos lactantes sin ningún factor de riesgo conocido al nacer acuden por primera vez a atención médica cuando los padres notan una progresión del desarrollo neuromotor retrasada o atípica (Novak et al., 2017), asimismo una asimetría del movimiento o el tono muscular anormal siendo todos indicadores de un posible diagnóstico de parálisis cerebral (Graham et al., 2019). Las herramientas de evaluación neuromotora estandarizadas útiles en esta población incluyen la Evaluación del desarrollo de niños pequeños, la Escala motora infantil de Alberta, la Evaluación motora de los bebés, la Evaluación del desarrollo motor neurosensorial y la Prueba de rendimiento motor infantil (Novak et al., 2017).



## Marcha

La marcha humana es un proceso de locomoción en la cual el cuerpo humano, en posición erecta generalmente, se mueve hacia delante, siendo su peso soportado alternativamente por ambos miembros inferiores, se caracteriza por el contacto permanente del individuo con el suelo a través de al menos uno de sus pies (Sweeting, 2007). La capacidad para deambular en bipedestación es una característica específica de la especie humana. Para la correcta activación de la marcha es necesario la integración de múltiples sistemas: aferencias sensitivas (vista, oído, sentido espacial y orientación), áreas de integración motora cortical (corteza motora primaria, área premotora, área suplementaria), el tronco del encéfalo, núcleos diencefálicos, ganglios basales, cerebelo, médula espinal, unidad motora y músculos (Espinoza & Trujillo, 2014).

### *El ciclo de la marcha y sus divisiones*

Un ciclo de marcha comienza en el instante en que un pie toca el suelo y se detiene cuando el mismo pie entra en contacto para el siguiente paso (Armand et al., 2016). El ciclo de la marcha se ha dividido en dos fases: Fase de soporte o de apoyo (tiempo que transcurre mientras que el pie permanece en contacto con el piso y constituye el 60% del ciclo) y fase de balanceo o de oscilación (tiempo durante el cual la extremidad inferior permanece en el aire y representa el 40% del ciclo); En ocasiones los dos pies se encuentran en contacto con el piso,



este evento se denomina periodo de doble soporte y se presenta en dos ocasiones durante el ciclo, al iniciar y al culminar la fase de soporte (Daza, 2007).

### ***Fases de Soporte o de apoyo***

- Contacto inicial (0-2% del ciclo, apoyo bipodal): Es el momento en el que el pie entra en contacto con el suelo. Normalmente el contacto tiene lugar en la región del talón, razón por la que esta fase se considera para registrar el inicio y la culminación del ciclo de la marcha.
- Respuesta a la carga (Se prolonga hasta un 10% del ciclo de marcha, apoyo bipodal): El pie realiza contacto total con el piso y el peso del cuerpo se transfiere a la extremidad adelantada.
- Soporte medio (Transcurre entre el 10% y el 30% del ciclo de la marcha): La extremidad contralateral pierde contacto con el piso y el peso del cuerpo se transfiere a lo largo del pie hasta que se alinea con la cabeza de los metatarsianos. La transferencia del peso se da gracias a la rotación de la tibia sobre el pie estático.
- Soporte Terminal o final (Transcurre esta fase entre el 30% y el 50% del ciclo de marcha): El talón se levanta para desplazar el peso hacia los 9 dedos y transferir la carga al pie contralateral, el cual, entra en contacto con el piso.
- Pre-balanceo o fase previa a la oscilación: (Transcurre entre el 50% y el 60%) Fase de transición entre la fase de soporte y la de balanceo. Se inicia cuando el pie contralateral entra en contacto con el piso y termina cuando el pie ipsilateral despegar del piso. El peso



corporal es transferido totalmente de una extremidad a la otra (Manickam & Gardiner, 2021).

### ***Fases del ciclo durante el periodo de balanceo***

- Balanceo Inicial: (Aproximadamente del 50% al 73% del ciclo) Inicia cuando los dedos del pie se despegan del piso y termina cuando la rodilla alcanza la flexión máxima durante la marcha (60°), el muslo se encuentra directamente debajo del cuerpo y paralelo a la extremidad inferior contralateral que, en este instante, soporta el peso del corporal.
- Balanceo Medio:( entre el 73% y el 87%) El muslo continúa avanzando y la rodilla, que ha alcanzado la flexión máxima, ahora se extiende, de manera que el pie permanece despegado del suelo y termina cuando la tibia se dispone en posición perpendicular al piso.
- Balanceo Terminal: Se inicia con la posición vertical de la tibia, continua a medida que la rodilla se extiende completamente y la extremidad se prepara para aceptar la carga durante el contacto inicial (Sweeting, 2007).

### ***Parámetros temporales y parámetros espaciales***

La marcha puede describirse mediante parámetros espacio-temporales; y aunque estos parámetros no sólo varían entre sujetos sino también en el mismo sujeto, resultan ser representativos de una persona cuando las condiciones y los factores que afectan la marcha se mantienen constantes. Sus resultados facilitan la relación de los datos obtenidos durante el



proceso de evaluación del movimiento corporal humano y la identificación de deficiencias corporales que inciden en la marcha y de limitaciones en la actividad (Daza, 2007).

### *Parámetros temporales*

- Apoyo: Porcentaje del ciclo total de la marcha durante el cual el cuerpo se encuentra apoyado sobre una sola pierna.
- Balanceo: Porcentaje del ciclo de la marcha durante el cual la extremidad inferior permanece en el aire y avanza hacia adelante.
- Doble apoyo: Porcentaje del ciclo de la marcha en el cual ambos pies están en contacto con el suelo.
- Periodo o duración de zancada: Lapso de tiempo en el que transcurren dos eventos idénticos sucesivos del mismo pie, generalmente entre dos contactos iniciales de la misma extremidad inferior.
- Periodo o duración de soporte o apoyo: El tiempo que transcurre desde que el pie hace contacto con el piso, hasta el momento de despegue de los dedos del mismo pie.
- Periodo o duración de balanceo: Es el tiempo transcurrido entre el instante de despegue de los dedos hasta el punto de contacto inicial de un mismo pie.
- Cadencia: Es el número de pasos por unidad de tiempo, generalmente se mide en un minuto. La frecuencia determina el ritmo y rapidez de la marcha (Washabaugh et al., 2017).



### *Parámetros espaciales*

- Longitud de zancada: distancia lineal en metros entre dos contactos de talón consecutivos de la misma extremidad.
- Longitud de paso: distancia lineal en metros entre el contacto inicial del talón de una extremidad y el de la extremidad contralateral.
- Ancho de paso: distancia lineal en centímetros entre dos puntos iguales de los pies (por ejemplo, los talones). Es una variable directamente relacionada con la estabilidad y el equilibrio.
- Ángulo del paso o ángulo de la marcha: Se refiere a la orientación del pie durante el apoyo. El eje longitudinal de cada pie forma un ángulo con la línea de progresión (línea de dirección de la marcha); normalmente, está entre 5° y 8° (Washabaugh et al., 2017).

### *Parámetros espaciotemporales*

- Velocidad: Es la relación de la distancia recorrida en dirección de la marcha por unidad de tiempo ( $\text{Velocidad} = \text{Distancia} / \text{Tiempo}$ ).
- Velocidad de Balanceo: Tiempo en que se demora un miembro inferior desde la aceleración inicial hasta el siguiente paso.
- Velocidad media: Producto de la cadencia por la longitud de la zancada expresada en m/seg (Daza, 2007).



Un patrón de marcha saludable depende de una variedad de características biomecánicas, orquestadas por el sistema nervioso central para lograr economía y estabilidad. Las lesiones y otras patologías pueden alterar estas características y dar como resultado déficits sustanciales en la marcha, a menudo con consecuencias perjudiciales para el gasto de energía y el equilibrio (Kuo & Donelan, 2010). Cinco son los atributos de la marcha normal, y en cualquier forma de análisis deben tenerse presentes en mente para juzgar si ésta es patológica o no: estabilidad durante el apoyo, separación (clearance) del pie con respecto al suelo durante el balanceo, longitud adecuada del paso, correcto preposicionamiento del pie para el contacto inicial y conservación de la energía (Maceira, 2003). El análisis biomecánico de la marcha se basa en la cuantificación del movimiento de los segmentos corporales (cinemática), en las fuerzas que se producen como consecuencia del movimiento (cinética), y parámetros complementarios como puedan ser la actividad eléctrica muscular y el consumo energético (Medved & Raton, 2001).

### ***Velocidad de la marcha***

La velocidad al caminar es considerada una medida confiable, válida, sensible y específica, se correlaciona con la capacidad funcional y la confianza en el equilibrio. Tiene el potencial de predecir el estado de salud futuro, y el deterioro funcional (Fritz & Lusardi, 2010). Este parámetro de la marcha constituye la medida de resultado más informada de las intervenciones cuyo objetivo es mejorar la función de la marcha. Es una medida que se ha relacionado con la capacidad funcional y la calidad de vida en niños con parálisis cerebral



(Carcreff et al., 2020), ya que la actividad de caminar a menudo se ve comprometida en los niños con PC, se ha demostrado que la fuerza muscular está altamente correlacionada con la velocidad de la marcha y la capacidad locomotora (Moreau et al., 2016). La WS refleja cambios tanto funcionales como fisiológicos; es un factor discriminatorio para determinar el potencial de rehabilitación. Además, puede predecir el nivel de deambulación de la comunidad y puede ser una medida valiosa de la discapacidad (Fritz & Lusardi, 2010).

## Objetivo

Identificar los enfoques de rehabilitación desde Fisioterapia en la marcha en niños con parálisis cerebral.

## Materiales y métodos

### Tipo de investigación

El trabajo realizado fue descriptivo de tipo monografía de compilación.

### Diseño de la investigación

Monografía de compilación; comprende la búsqueda, análisis, evaluación de documentos sobre el tema. Además, se agregan los puntos de vista del investigador.





## **Técnicas de investigación**

Se realizó una revisión bibliográfica de revisiones sistemáticas, metanálisis y ECAs publicados desde enero 2010 hasta 2022 en inglés y español, dirigida a evidenciar los enfoques de rehabilitación en la marcha en niños con PC.

## **Estrategia de búsqueda**

La investigadora realizó una búsqueda en diferentes bases de datos teniendo en cuenta los siguientes criterios de inclusión como: tipos de investigaciones, años de publicación, población específica e idioma español-inglés.

## **Bases de datos**

PEDro; Pubmed; Google Scholar; Elsevier.

## **Año de publicación de los estudios incluidos**

2010-2022.

## **Tipo de estudios incluidos**

Revisiones sistemáticas, metanálisis y ECAs.

## **Selección de artículos**

La selección se realizó por parte de la investigadora de manera independiente, la cual hizo un análisis de cada uno de los artículos que cumplieron con los criterios de selección.



## Análisis de datos y resultados

La rehabilitación funcional de la marcha abarca una variedad de intervenciones diversas con el mismo objetivo terapéutico que es mejorar la movilidad y la capacidad para caminar. La mejora de la capacidad para caminar tiene un impacto positivo en el logro de las actividades diarias y en la motivación del compromiso social. El entrenamiento funcional de la marcha permite la repetición de tareas motoras para impulsar la adquisición de habilidades. Dirigirse a la mejora de la capacidad para caminar, con rehabilitación, puede conducir a ganancias en una mayor independencia y seguir con una mayor participación en la vida diaria. (Booth et al., 2018)

### Órtesis de tobillo y pie (AFO)

El manejo ortopédico es una opción de tratamiento importante y útil para una serie de condiciones que afectan la marcha y la postura; por lo general, forma parte de un programa de rehabilitación general establecido para pacientes con parálisis cerebral (Aboutorabi et al., 2017). En niños con parálisis cerebral, el objetivo del tratamiento ortésico en forma de ortesis de tobillo y pie (AFO) es producir un patrón de marcha más normal colocando las articulaciones periféricas de una manera que reduce los patrones de reflejos patológicos (Wright & DiBello, 2020). Los AFO están diseñados para mejorar la eficiencia de la marcha de los niños con parálisis cerebral y proporcionan un efecto positivo en la cinética y la cinemática de la marcha, así como para disminuir el gasto de energía al caminar y mejorar el



logro de habilidades funcionales. Estos efectos positivos sobre la marcha incluyen un aumento del rango de movimiento activo del tobillo (ROM), extensión máxima de la rodilla, longitud de la zancada y velocidad de la marcha (Aboutorabi et al., 2017).

(Chen et al., 2018) en su revisión sistemática y metaanálisis, determinaron los efectos de las AFO sobre la marcha, el equilibrio, la función motora gruesa y las actividades de la vida diaria en niños con parálisis cerebral; identificaron 32 estudios donde incluyeron 544 niños, (edad media = 7,9 años), veintitrés de los artículos fueron de calidad moderada y nueve artículos fueron de buena calidad. En el metaanálisis se encontró que las AFO articuladas mejoraron los parámetros de la marcha significativamente más que otras ortesis, en particular la velocidad de la marcha y los AFO dinámicos produjeron los tamaños de efecto más grandes en la longitud de zancada y cinemática del tobillo en contacto inicial además, los resultados mostraron que las AFO producen un gran aumento en la longitud de la zancada y una disminución moderada en la cadencia, lo que induce un pequeño aumento en la velocidad de la marcha. Por otro lado, en las revisiones sistemáticas se evidenció que los tamaños del efecto para los parámetros que cambiaron significativamente con los AFO (longitud de la zancada, cadencia y dorsiflexión del tobillo en el contacto inicial y durante el balanceo) fueron mayores en los niños con parálisis cerebral unilateral que en aquellos con parálisis cerebral bilateral.

En su revisión sistemática (Aboutorabi et al., 2017) establecieron la eficacia del tratamiento con varios tipos de AFO en la marcha de niños con PC. Se incluyeron 17 estudios



con una buena puntuación PEDro y un nivel de evidencia adecuado, investigaron un total de 1139 niños con PC. Utilizaron estudios con las siguientes AFO: con bisagras (HAFO), sólidas (SAFO), de reacción al suelo (FRO), y ballesta posterior (PLS). Encontraron que el HAFO, SAFO y FRO fueron efectivos para mejorar los parámetros de la marcha mejorando la longitud de la zancada, la velocidad de la marcha, el apoyo de una sola extremidad y la simetría de la marcha con PC, además lograron disminuir el gasto de energía en la PC hemipléjica. En cuanto a PLS fue eficaz para mejorar los momentos de flexión de la rodilla y la velocidad de la marcha en la parálisis cerebral hemipléjica.

Desafortunadamente el profesional en fisioterapia no está entrenado actualmente en el manejo de este tipo de elementos, pero se hace necesario su conocimiento, ya que la evidencia demuestra que los principales aportes de estos métodos de rehabilitación son la mejoría de la longitud de la zancada y la velocidad de la marcha. Es por esto, que este tipo de elementos como coadyuvante de los procesos en los cuales los fisioterapeutas estamos inmersos, se deberían tener en cuenta en los pensum de las carreras de fisioterapia.

## Estimulación eléctrica

La estimulación eléctrica (EE) es considerada una técnica mínimamente invasiva, la que puede ser utilizada desde una perspectiva funcional, neuromuscular y terapéutica (Sulla et al., 2020). La EE se ha aplicado a niños con parálisis cerebral para aumentar la fuerza y el rango de movimiento, reducir la espasticidad, y mejorar el rendimiento de las actividades



(Ching & Louise, 2014). La estimulación eléctrica de los músculos que tienen un control motor alterado se utiliza para producir una contracción con el fin de obtener un movimiento funcionalmente útil (Moll et al., 2017).

Teniendo en cuenta esto, la búsqueda realizada permitió encontrar literatura con referencia a esto, una revisión sistemática realizada por (Ching & Louise, 2014) incluyó cinco ensayos aleatorios con calidad metodológica que varió de baja a moderada, estos determinaron que la estimulación eléctrica funcional (FES) en niños con parálisis cerebral es efectiva. Tres ensayos informaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos a favor de FES en comparación con ninguna intervención de FES. Dos ensayos no informaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de FES en comparación con el entrenamiento de actividades solo. La evidencia publicada sugiere que FES es más eficaz que ninguna intervención de FES, pero tiene un efecto similar al entrenamiento de actividades solo. En lugar de usarse de forma rutinaria en la práctica clínica, podría ser útil para aquellos niños que encuentran difíciles los programas de ejercicio debido a su nivel de discapacidad o concentración deficiente. De igual manera, en la revisión sistemática de (Moll et al., 2017) donde se usaron 4 artículos que tenían evidencia de nivel I a III, incluyeron un total de 127 pacientes. Se demostró consistentemente que FES aumentó el ángulo de dorsiflexión (activa) del tobillo, la fuerza y mejoró el control motor selectivo, el equilibrio y la cinemática de la marcha, pero disminuyó la velocidad de la marcha. Por último, (Salazar et al., 2019) en su metaanálisis revisaron sistemáticamente la efectividad de la estimulación eléctrica



neuromuscular (NMES) como terapia adyuvante para mejorar la función motora gruesa en niños con parálisis cerebral espástica. Se incluyeron seis ensayos controlados aleatorios con evidencia de baja calidad y la mediana de la puntuación PEDro de los estudios fue de 6, proporcionando datos de 174 niños con PC, de los cuales 90 se incluyeron en el grupo de intervención y 84 en el grupo control, La frecuencia de estimulación osciló entre frecuencias bajas y medias; el tiempo de intervención varió de 15 a 60 minutos; y la duración del tratamiento osciló entre 4 y 16 semanas. Encontraron que la NMES combinada con otras terapias presentó un tamaño de efecto medio (Los tamaños de efectos se basaron en los umbrales definidos por Cohen, que categorizan el tamaño del efecto como pequeño (diferencia media estándar [SMD] entre 0,2 y 0,5), medio (SMD varía de 0,5 a 0,8) y grande (SMD superior a 0,8)) para mejorar la función motora gruesa en niños con parálisis cerebral en comparación con la fisioterapia convencional o la terapia del neurodesarrollo. Donde el análisis de sensibilidad mostró que la EENM combinada con otras terapias fue eficaz para mejorar las dimensiones de medición funcional motora gruesa (GMFM) de pie y sentado, pero no la dimensión de GMFM de caminar. En relación con lo anterior, todavía se requieren investigaciones adicionales con calidad metodológica adecuada, tamaño de muestra amplio y seguimiento a largo plazo.

Aunque la literatura no es contundente en cuanto al uso de la FES para la mejora de la marcha en niños con PC, esto debido a la baja calidad metodológica de los informes encontrados, la posibilidad de que al mejorar los reportes y minimizar los riesgos del sesgo en



los estudios, esta podría llegar a ser una estrategia de intervención adecuada para mejorar los parámetros de marcha en niños con PC, desafortunadamente en nuestro medio la falta de elementos para poder actuar en este tipo de población limita la actuación del fisioterapeuta, es por esto, que se debe propender por investigar con este tipo de modelos de atención.

## Entrenamiento Funcional de la Marcha

El entrenamiento funcional de la marcha informa una amplia variedad de intervenciones. La relación con la movilidad funcional destaca la importancia de centrar la rehabilitación en el mantenimiento de la capacidad de caminar para permitir un alto nivel de actividades diarias y participación social logrando acelerar la adquisición de habilidades motoras (Veerbeek et al., 2019).

La búsqueda de la literatura permitió encontrar una revisión sistemática y metanálisis realizada por (Booth et al., 2018), donde investigaron los efectos del entrenamiento funcional de la marcha sobre la capacidad para caminar en niños y adultos jóvenes con PC, de los 41 estudios incluidos, 11 Ensayos Clínicos Aleatorizados con calidad metodológica de muy mala a alta calidad, revisaron las pruebas estandarizadas de la velocidad de la marcha, de resistencia y función motora gruesa, e informaron un efecto positivo del entrenamiento funcional de la marcha en la mejora de la capacidad de caminar con mejoras en la velocidad de la marcha clínicamente importantes, y que producen un efecto positivo mayor que la fisioterapia estándar; a su vez el metaanálisis reveló efecto moderado significativo hacia el aumento de la





velocidad de la marcha, aunque con cierto riesgo de sesgo, informando que la intervención es segura, factible y efectiva; y que para apuntar de manera efectiva a la mejora de la marcha con el entrenamiento, se requiere tiempo de entrenamiento prolongado y de alta intensidad para alcanzar los objetivos. Los autores recomiendan tan sólo 10 sesiones de 20 minutos de entrenamiento durante 2 semanas para producir beneficios importantes en esta población.

(Moreau et al., 2016) en su revisión sistemática y metaanálisis con moderada calidad metodológica con grado de recomendación fuerte, determinaron la efectividad de las intervenciones para mejorar la velocidad de la marcha en niños ambulatorios con parálisis cerebral en el cual se incluyeron veinticuatro estudios. Se identificaron tres categorías de intervenciones: entrenamiento de la marcha (n = 8), entrenamiento de resistencia (n = 9) y varios (n = 7). Los resultados del metaanálisis sugieren que las intervenciones centradas en el entrenamiento de la marcha fueron las más eficaces para mejorar la velocidad de la marcha de los niños con parálisis cerebral. Por el contrario, el entrenamiento de fuerza, incluso si se dosifica correctamente, no demostró ser eficaz para mejorar la velocidad de la marcha. Con base en la revisión sistemática de la literatura, se encontró que la retroalimentación auditiva y visual parecen ser factores importantes para mejorar la velocidad de la marcha, independientemente de si el entrenamiento de la marcha es realizado en una cinta rodante o sobre el suelo, con o sin soporte de peso corporal. Además, el entrenamiento de la velocidad, el entrenamiento de biorretroalimentación electromiografía y la vibración de todo el cuerpo fueron eficaces para mejorar la velocidad de la marcha en estudios individuales y justifican





una investigación adicional. Desde la experiencia clínica se ha visto que los trabajos con niños de PC en donde se involucra una especificidad de la tarea y la retroalimentación tanto auditiva como visual, pueden ser factores importantes para mejorar la velocidad de la marcha.

## Entrenamiento en cinta

El entrenamiento funcional de la marcha abarca una variedad de intervenciones diversas con el mismo objetivo de tratamiento. Se puede definir como la práctica activa de la tarea de caminar, para mejorar la capacidad de caminar. Esto puede implicar el entrenamiento de la marcha sobre el suelo (OGT) o el entrenamiento de la marcha basado en cinta rodante. La incorporación de una cinta rodante permite una mayor repetición de pisadas en un entorno seguro y controlado, aumentando la intensidad, en comparación con OGT (Hesse & Werner, 2003).

(Chyssagis et al., 2012) en su ECA con moderada calidad metodológica, evaluaron el efecto de un programa en tapiz rodante sobre la función motora gruesa, la velocidad de la marcha y la espasticidad de adolescentes ambulatorios con parálisis cerebral espástica (diplejía y tetraplejía). Incluyeron 22 adolescentes con discapacidades físicas los cuales fueron asignados aleatoriamente a los grupos de entrenamiento experimental y de control. Se encontró un efecto significativo para el GMF y la velocidad de marcha autoseleccionada de los adolescentes con parálisis cerebral espástica, mientras que no se encontraron efectos adversos sobre la espasticidad. El grupo experimental que recibió entrenamiento en cinta rodante tuvo



puntuaciones medias de GMFM, y de velocidad de marcha posteriores a la prueba más altas en comparación con el grupo de control que recibió fisioterapia convencional. La evaluación del nivel de sesgo se encuentra en un bajo riesgo, y basado en los hallazgos de la ECA, se puede concluir que el entrenamiento en cinta rodante puede mejorar en mayor medida su función motora y la velocidad de la marcha.

Otros estudios como lo son el de (Mattern et al., 2020), en su ensayo clínico aleatorizado, prospectivo y multisitio, compararon el efecto del entrenamiento en cinta rodante (TT) de baja intensidad (LI) versus de alta intensidad (HI), sobre el logro de la marcha y la actividad general de la marcha en niños con parálisis cerebral, donde los participantes fueron niños con PC dipléjica espástica con edades de 14 a 32 meses; hallaron que una dosis, dos veces por semana, fue igualmente eficaz para mejorar las habilidades relacionadas con la marcha en comparación con un programa de 10 veces por semana y se puede implementar más fácilmente en la práctica clínica. Asimismo, los niños del grupo HI mostraron una mejor independencia para caminar en la Escala de Movilidad Funcional en todas las evaluaciones posteriores a la intervención. La evaluación de la calidad metodológica se encuentra en moderada con alto riesgo de sesgo debido a que no se hizo una adecuada selección de la población; asimismo, su tamaño de muestra es pequeño; además, aunque se realizó una revisión ciega de algunas medidas de resultado, no todos estaban cegados. Basado en los hallazgos encontrados se necesitan investigaciones adicionales donde realicen un seguimiento a largo plazo.



## Cinta Rodante con Soporte Parcial de Peso

El uso de una cinta rodante mecánica, con o sin apoyo, del peso corporal puede mejorar la marcha de los niños con parálisis cerebral porque brinda la oportunidad de entrenar de forma repetitiva e intensa todo el ciclo de la marcha y facilita un patrón de marcha mejorado durante esta (Willoughby et al., 2010). El trabajo preliminar sugiere que el entrenamiento en cinta rodante con soporte de peso corporal parcial (PBWSTT) es factible en niños con parálisis cerebral y puede mejorar su velocidad al caminar, la resistencia al caminar y las habilidades motoras gruesas en general (Cherng et al., 2007).

Por lo anterior, se encontró en la revisión y metaanálisis elaborada por (Booth et al., 2018) donde investigaron los efectos del entrenamiento funcional de la marcha sobre la capacidad de caminar en niños y adultos jóvenes con parálisis cerebral, se incluyeron 41 estudios y 11 ensayos controlados aleatorios incluidos, 9 de los ECA y 3 ensayos controlados con moderado grado de calidad y fuerte recomendación, examinaron el entrenamiento en cinta rodante y PBWSTT. Revelaron que el entrenamiento en cinta rodante con soporte parcial del peso corporal confirmó una mejor velocidad al caminar en 7 ECA, mientras que 1 ECA no encontró diferencias entre los grupos. Además, refieren que la intervención es segura, factible y eficaz para mejorar la capacidad de caminar en niños y adultos jóvenes con parálisis cerebral.



En el ensayo controlado aleatorizado de (Willoughby et al., 2010) con una moderada calidad metodológica y en un riesgo de sesgo bajo, evaluaron la eficacia de 9 semanas de PBWSTT dos veces por semana para niños con parálisis cerebral y dificultad para caminar de moderada a severa en comparación con la caminata sobre el suelo. Se incluyeron treinta y cuatro niños clasificados en el nivel III o IV por el Sistema de Clasificación de la Función Motora Gruesa los cuales fueron reclutados y asignados aleatoriamente a grupos experimentales donde completaron el PBWSTT o de control, realizando práctica de caminar sobre el suelo. Se encontró que el PBWSTT es seguro y factible de implementar, sin embargo, es posible que no sea más eficaz que caminar sobre el suelo para mejorar la velocidad y la resistencia de los niños con parálisis cerebral. Según los hallazgos encontrados en este estudio sólo se incluyeron niños clasificados como GMFCS III y IV, con dificultad para caminar de moderada a grave, por lo que los resultados no pueden generalizarse a otros grupos de GMFCS, se recomienda en investigaciones futuras generalizar a los niños y aumentar el tamaño de muestra.

(Moreau et al., 2016) en su revisión sistemática y metaanálisis con moderada calidad metodológica, determinaron la efectividad de las intervenciones para mejorar la velocidad de la marcha en niños ambulatorios con parálisis cerebral. Incluyó 7 ECA y 1 ensayo controlado. Se evidenció que las intervenciones para tareas específicas, como entrenamiento en cinta rodante con soporte de peso corporal, tienen como objetivo producir mejoras funcionales en la marcha al proporcionar una práctica de pasos repetitivos y, que el entrenamiento en cinta



rodante y el uso de soporte de peso corporal, se muestran prometedores como intervenciones en niños con parálisis cerebral para mejorar la velocidad de la marcha y la función motora gruesa. El entrenamiento en cinta rodante confirió una mejor velocidad al caminar en 6 ECA con tamaños de efecto altos (0,92). Sin embargo, la calidad de la evidencia es débil en estos ensayos.

Por último, (Aras et al., 2019) en su revisión sistemática con moderada calidad metodológica, comparó la efectividad del ejercicio en cinta rodante con soporte parcial del peso corporal con otros ejercicios en niños con parálisis cerebral espástica; se incluyeron un total de 29 niños, se dividieron aleatoriamente en tres grupos como el grupo PBWSTE (n = 10), y el grupo con otros ejercicios (n = 19). Se reveló que el entrenamiento en suspensión con el peso corporal es eficaz y seguro, logrando efectos positivos para mejorar la capacidad de caminar y la locomoción en niños con PC espástica. Asimismo, se observaron cambios estadísticamente significativos entre las medidas del grupo PBWSTE en términos de longitud de paso, tiempo de paso y tiempo de paso después del tratamiento. Para poder sacar conclusiones más definitivas sobre la efectividad de estos protocolos de tratamiento, se necesitan más estudios con muestras más grandes.

## Actividad Física

El ejercicio se define como una actividad planificada, estructurada y repetitiva que tiene como objetivo mejorar la forma física. Los profesionales de la salud a menudo



prescriben ejercicio a las personas con parálisis cerebral, principalmente para mejorar la función (Maher et al., 2015). Además, se ha informado una asociación positiva entre la actividad física y la calidad de vida física, conductual, emocional y social en niños con PC. Dado que el ejercicio es una actividad física estructurada, la implementación de un programa de ejercicios puede resultar en mejoras en la calidad de vida de las personas con parálisis cerebral (Ryan et al., 2017), pero no ha habido una evaluación integral de la evidencia de la efectividad de estas intervenciones en personas con parálisis cerebral (Maher et al., 2015).

Por lo anterior, (Ryan et al., 2017) en su revisión sistemática evaluaron los efectos de las intervenciones de ejercicios en pacientes con PC, incluyeron 29 ensayos de 926 participantes, la calidad de la evidencia para todos los ensayos se calificó como baja o muy baja, encontraron que, en los niños con PC, existe evidencia de que el ejercicio aeróbico puede resultar en una pequeña mejora en la función motora gruesa, aunque no mejora la velocidad de la marcha. Existe evidencia de que el entrenamiento de resistencia no mejora la velocidad de la marcha, la función motora gruesa, la participación o la calidad de vida de los niños con parálisis cerebral. Según la evidencia disponible, el ejercicio parece ser seguro para las personas con parálisis cerebral; sin embargo, solo el 55% de los ensayos informaron eventos adversos o afirmaron que monitorean los eventos adversos.

(Liang et al., 2021) seleccionó un total de 27 estudios para una revisión sistemática y un metaanálisis de ensayos controlados aleatorios con una baja calidad metodológica,



incluyeron 834 niños con parálisis cerebral. Evaluaron la efectividad de las intervenciones con ejercicios para niños con parálisis cerebral, lograron hallar que las intervenciones con ejercicios pueden tener efectos beneficiosos sobre la velocidad de la marcha y la fuerza muscular, pero ningún efecto significativo sobre la función motora gruesa en niños con parálisis cerebral. Se debe aclarar que los resultados de este estudio deben recomendarse con cautela debido a las diferencias significativas entre los grupos y subgrupo de estudios. Basado en los hallazgos encontrados en la literatura se puede concluir que se necesitan ECA grandes, de alta calidad y bien informados que evalúen la efectividad del ejercicio en términos de actividad y participación antes de sacar conclusiones firmes sobre la eficacia del ejercicio para las personas con parálisis cerebral.

## Realidad Virtual más Juegos

La realidad virtual (VR) se ha explorado recientemente como una intervención para mejorar la función motora en niños con parálisis cerebral. La realidad virtual se define como "el uso de simulaciones interactivas creadas con hardware y software de computadora para presentar a los usuarios oportunidades de participar en entornos que parecen y se sienten similares a objetos y eventos del mundo real" (Chen et al., 2018). Las aplicaciones de realidad virtual utilizan simulaciones interactivas que responden al movimiento de un usuario, de modo que un niño puede interactuar dentro de un entorno virtual mientras realiza actividades funcionales (Snider & Majnemer, 2010). La incorporación de la realidad virtual ayuda a





aumentar la participación, especialmente en los programas de rehabilitación pediátrica (McGinley, y otros, 2014).

(Chen et al., 2018) en su revisión sistemática y metanálisis actualizaron la evidencia actual sobre la realidad virtual mediante el examen sistemático de la literatura de investigación, incluyeron 19 estudios ECA con una calidad metodológica regular a buena. Los tipos de realidad virtual utilizados en los estudios incluyeron Nintendo Wii, Playstation, juegos basados en la web y otros sistemas creados por ingenieros. Encontraron que, que el efecto general de la RV fue de 0,755 lo que indica un tamaño del efecto medio a grande. De acuerdo a lo que encontraron los autores en comparación con otras intervenciones, la RV parece ser una intervención eficaz para mejorar la función motora en niños con parálisis cerebral, ya que puede motivar a los niños a participar en la intervención.

### **Vibración de Cuerpo Completo**

La vibración de todo el cuerpo (WBV) se ha definido como estar de pie o entrenar sobre una plataforma vibratoria, que transmite oscilaciones sinusoidales a todo el cuerpo a través de los pies. La transmisión de vibraciones y oscilaciones al cuerpo puede producir cambios fisiológicos en varios niveles al estimular los receptores de la piel, el huso muscular y el sistema vestibular que conducen a numerosos cambios en la actividad cerebral (Alashram et al., 2019). La WBV se ha generalizado progresivamente en la última década como método para mejorar el control postural, equilibrio, movilidad, la fuerza muscular y la potencia en





numerosas personas sanas y patológicas (Song et al., 2018). Por lo tanto, se propuso como una nueva modalidad terapéutica para la rehabilitación (Dickin et al., 2013).

Debido a lo anterior, se encontró en la búsqueda de la literatura que (Saquetto et al., 2015) en su revisión sistemática con metaanálisis con moderada calidad metodológica, evaluaron los efectos de la vibración de todo el cuerpo en las mediciones fisiológicas y funcionales en niños con parálisis cerebral. Incluyeron seis estudios con 176 pacientes que compararon la vibración de todo el cuerpo con el ejercicio o grupo control. La duración de los programas de vibración de cuerpo entero osciló entre 8 semanas, en cuanto a la duración de la sesión, hubo una variación de 10 a 60 minutos, la frecuencia varió de 3 a 7 veces por semana. La vibración de todo el cuerpo resultó en una mejora en: diferencias de medidas ponderadas (DMP) de la velocidad de la marcha, la función motora gruesa para la dimensión (D), que está relacionada con la capacidad de estar de pie, aumentó en los grupos de vibración de todo el cuerpo, pero no mostró diferencias significativas en comparación con la fisioterapia convencional. Para la dimensión (E), que se relaciona con caminar, correr y saltar, los resultados fueron similares a la función motora gruesa para la dimensión (D). Asimismo, se encontró una mejora significativa en la densidad ósea del fémur en el grupo de vibración de cuerpo completo, los mecanismos implicados en esta mejora podrían estar relacionados con una mayor circulación sanguínea muscular y ósea y el aporte de nutrientes. No hubo eventos graves reportados. Finalmente concluyen que la vibración de todo el cuerpo puede mejorar la velocidad de la marcha y la función de pie en niños con parálisis cerebral y podría



considerarse su inclusión en programas de rehabilitación. Basado en los hallazgos encontrados, la interpretación de los presentes resultados debe hacerse con cautela, dado el reducido número de estudios y la significativa heterogeneidad de los análisis primarios. Es necesario seguir investigando cómo mantener los efectos positivos de la VMB a lo largo del tiempo y determinar los atributos esenciales del entrenamiento con vibraciones de todo el cuerpo (modo, ritmo, intensidad, frecuencia y duración), para esto se necesitan ECA bien controlados para una comprensión clara de los efectos de la vibración de todo el cuerpo en la rehabilitación.

Por último, (Ahmadizadeh et al., 2019) en su ensayo clínico aleatorizado con calidad metodológica buena y con un nivel de sesgo bajo, investigó el efecto del uso de la vibración de todo el cuerpo como un nuevo enfoque terapéutico, con ejercicios de estiramiento sobre el rango de movimiento en las extremidades inferiores en niños con parálisis cerebral. En esta investigación se incluyeron 20 niños de 4 a 12 años. Los participantes se dividieron aleatoriamente en grupos experimentales y de control. El grupo de control recibió sólo ejercicio de estiramiento estático pasivo y el grupo experimental recibió estiramiento estático pasivo con WBV. Los ejercicios se realizaron 3 veces por semana durante 6 semanas. Se encontró que el estiramiento con WBV, aumenta el rango de movimiento activo en flexión de cadera, abducción y flexión dorsal del tobillo y también puede mejorar el equilibrio y la velocidad de la marcha en niños con parálisis cerebral. Para evaluar el efecto duradero de la



intervención, se necesitan estudios futuros con un tamaño de muestra más grande y períodos de seguimiento más prolongados.

## Robótica

La terapia asistida por robot (RAT) se ha combinado con el entrenamiento de marcha convencional recientemente. Además, las tecnologías robóticas se han adaptado a una recuperación funcional de la marcha, de modo que el entrenamiento de la marcha asistido por robot (RAGT) permite una mayor duración del entrenamiento, a velocidades más variables y con un patrón de marcha constante adaptado al paciente. Este entrenamiento, basado en la intensidad y repetición del movimiento, tiene efectos beneficiosos en la recuperación y mejora de las funciones posturales y locomotoras en pacientes con lesión neurológica (Olmos-g et al., 2021). principalmente la RAT da la capacidad de estar de pie, el control del equilibrio en la marcha, la velocidad y la distancia al caminar, la resistencia al caminar y la mejora de las funciones motoras gruesas. RAGT es una herramienta prometedora que permite un entrenamiento prolongado, controlado, intensivo y específico de la tarea, dirigido a objetivos y cognitivamente atractivo con una alta repetición de pasos. Estos aspectos promueven un movimiento reproducible y cinemáticamente consistente, simétrico, similar al fisiológico de las extremidades (patrón de marcha) capaz de mejorar el aprendizaje motor y la neuroplasticidad (Klobuckáun et al., 2020).



De acuerdo a lo anterior, al realizar la búsqueda en la literatura se logró encontrar que (Klobuckáun et al., 2020) en su ensayo controlado aleatorizado con calidad metodológica moderada y un riesgo de sesgo bajo, evaluaron el efecto de la RAGT sobre la función motora gruesa en pacientes con parálisis cerebral espástica bilateral y comparar el efecto de la RAGT con la cinesioterapia convencional. Se incluyeron cuarenta y siete pacientes con parálisis cerebral espástica bilateral se dividieron en dos grupos, veintiún pacientes en el grupo experimental donde recibieron 20 unidades terapéuticas de RAGT y 26 pacientes recibieron 20 unidades terapéuticas de terapia/entrenamiento convencional (CON). Se reveló que en el grupo experimental la fuerza de guía se ajustó individualmente según el juicio clínico y las capacidades del paciente para maximizar la intensidad del entrenamiento y mantener la motivación durante cada sesión. El terapeuta proporciona refuerzo verbal para dar un paso activo y aumentar la conciencia de los pacientes para corregir los patrones de marcha y la postura durante la unidad terapéutica. Además, se logró la participación activa del paciente cambiando la velocidad de la marcha, el soporte del peso corporal o la fuerza de guía del exoesqueleto. Los pacientes fueron entrenados en el entorno basado en realidad virtual. Se encontró que hubo una mejora estadística y clínicamente significativa en el grupo experimental frente al grupo de pacientes que recibieron entrenamiento convencional, donde confirmaron un aumento en la velocidad y la resistencia al caminar después de RAGT, de igual manera, hay pruebas sólidas de que el entrenamiento funcional de la marcha produce beneficios clínicamente importantes para niños y adultos jóvenes con parálisis cerebral, con el



objetivo terapéutico de mejorar la velocidad de la marcha. Además, hay evidencia débil pero relativamente consistente de que el entrenamiento de la marcha también puede tener efectos positivos sobre la resistencia al caminar y la función motora gruesa relacionada con la marcha.

(Manikowska et al., 2021) en su revisión sistemática con una calidad metodológica moderada, evaluaron el efecto de RAT en los parámetros de la marcha en niños espásticos con parálisis cerebral y determinar si los cambios en los parámetros de la marcha son diferentes entre pacientes en diferentes niveles ambulatorios. Un total de 26 niños con parálisis cerebral espástica bilateral se dividieron en dos grupos según su capacidad funcional: deambulación no asistida (NAS) o deambulación asistida (AS); y se sometieron a un programa RAT (30 sesiones de entrenamiento de RAT durante 10 semanas). Se realizó un análisis de la marcha: antes de la terapia (t1), inmediatamente después (t2) y 6 semanas después (t3). No se encontraron cambios significativos en los parámetros espaciotemporales o el índice de desviación de la marcha en t2 o t3, la simetría de doble apoyo mejoró significativamente para todo el grupo (NAS + AS) y la simetría de la velocidad de marcha mejoró significativamente para el grupo AS.

Por último, (Carvalho et al., 2017) en su revisión sistemática y metaanálisis con un bajo nivel de evidencia, identificaron los efectos de las prácticas de entrenamiento de la marcha robótica en personas con parálisis cerebral. 10 resúmenes fueron determinados por consenso. Según los datos sugieren que, en general, una semana de entrenamiento mayor o



igual a cuatro días por semana, da como resultado una velocidad y resistencia de la marcha y una longitud de paso significativamente mejoradas, además mostró un momento más apropiado en la variación angular de la articulación de la cadera durante el contacto inicial. Los estudios que presentaron resultados positivos realizaron un entrenamiento propuesto con una duración de 30 minutos o más. En cuanto a la configuración del dispositivo, no fue posible identificar los criterios para ajuste, por lo que es difícil establecer estándares basados en evidencia para formación científicamente adecuada utilizando dispositivos robóticos. Para estudios futuros, se sugiere investigar los parámetros de configuración del dispositivo y realizar una gran cantidad de ensayos controlados aleatorios con tamaños de muestra más grandes e individuos con discapacidad homogénea.

## Terapia acuática

Las intervenciones de movimiento para personas con parálisis cerebral se realizaban tradicionalmente en tierra, donde los efectos de la gravedad sobre la integridad, el dolor y el movimiento de las articulaciones pueden comprometer los objetivos previstos del tratamiento. La gravedad hace que las personas que hacen ejercicio en tierra experimenten una mayor carga articular y requisitos de soporte de peso en comparación con el ejercicio en el agua. Las propiedades únicas del agua hacen que el entorno acuático sea ideal para las personas cuyos problemas de movilidad dificultan las intervenciones en tierra (Miller, Neil, Bachrach, & Lennon, 2020). Se puede aplicar a niños con parálisis cerebral para mejorar el estado físico y



la función, ya que las propiedades del agua reducen la carga articular excesiva y mejoran el fortalecimiento, brindando asistencia a los niños con control postural y tono muscular disminuidos. La terapia acuática facilita la relajación muscular y reduce la espasticidad, esto da como resultado un mayor rango de movimiento en las articulaciones y ofrece una mejor alineación postural (Adar et al., 2017). Las temperaturas cálidas del agua que se utilizan a menudo para la rehabilitación acuática también pueden disminuir el dolor, aliviar las contracturas de los tejidos blandos, reducir la espasticidad y aliviar la fatiga (Miller, Neil, Bachrach, & Lennon, 2020). La terapia acuática brinda muchas ventajas para experimentar, aprender y disfrutar de nuevas habilidades de movimiento, lo que conduce a un aumento de las habilidades funcionales y la movilidad, y aumenta la confianza en uno mismo. Sin embargo, existen pocos estudios que investiguen la efectividad del ejercicio acuático en niños con parálisis cerebral (Adar et al., 2017).

Por lo tanto, (Ballaz et al., 2011) en su revisión sistemática con buena calidad metodológica, evaluaron el efecto y la viabilidad de un programa de entrenamiento acuático grupal de 10 semanas sobre la eficiencia de la marcha en niños con parálisis cerebral. Incluyeron doce adolescentes ambulatorios con parálisis cerebral espástica, participaron en 20 sesiones de entrenamiento acuático (45 min dos veces por semana). Los participantes usaron un monitor de frecuencia cardíaca para evaluar la intensidad de las sesiones y un dispositivo de flotación según correspondiera. La medida de resultado primaria fue la eficiencia de la marcha medida por el índice de gasto de energía (EEI) de la marcha. Cada sesión de





entrenamiento siguió la misma rutina predeterminada: después de un calentamiento, los participantes realizaron una carrera de relevos de 15 minutos, seguida de una actividad de enfriamiento de 5 minutos, y luego los participantes participaron en actividades acuáticas como waterpolo y voleibol durante 15 minutos. No se informó ningún efecto adverso, se logró identificar que el programa mejoró significativamente la eficiencia de la marcha, medida por el EEI. La reducción de EEI se observó en todos menos en un participante. Esta reducción se debe principalmente a una reducción significativa de la frecuencia cardiaca (FC) de la marcha posiblemente como resultado de adaptaciones cardiorrespiratorias. Este resultado está de acuerdo con otros resultados del entrenamiento con ejercicios aeróbicos en tierra que muestran un aumento de la capacidad aeróbica en niños y adolescentes con parálisis cerebral. El programa de entrenamiento acuático grupal es factible en adolescentes que presentan PC en diferentes niveles de severidad. Desde la experiencia, este tipo de entrenamiento aumenta la eficiencia de la marcha a través de adaptaciones cardiorrespiratorias sistémicas. Por lo tanto, los programas de entrenamiento acuático podrían tener un impacto significativo en la autonomía y la calidad de vida de los pacientes con PC, permitiéndoles el fortalecimiento de los músculos débiles, el aumento de la oxigenación muscular, efecto analgésico, y el aumento de la elasticidad a nivel de tejidos periarticulares disminuyéndose la carga o tensión articular e incrementando la amplitud de los movimientos. Además, se puede mejorar la percepción del esquema corporal, la coordinación motriz y el equilibrio. Sin embargo, se necesitan ensayos





controlados aleatorios adicionales para delinear la efectividad de la terapia acuática en el tratamiento de niños con parálisis cerebral.

## Conclusiones

Esta monografía tuvo por objetivo identificar los enfoques de rehabilitación desde Fisioterapia en la marcha en niños con parálisis cerebral. En el momento de la búsqueda de la información, se pudo determinar que son múltiples los enfoques de rehabilitación que actualmente son usados en la rehabilitación de la marcha en niños con PC, pero en muchos casos la evidencia de estos es de baja y moderada calidad, lo cual no permite hacerse a una idea clara de los procesos a utilizar. A esto se suma también que, con tantos enfoques, y la falta de unificación no es posible identificar cuál de ellos es más efectivo en comparación con los otros.

Se encontró que según los estudios analizados los enfoques de rehabilitación en Fisioterapia en la marcha para pacientes con Parálisis Cerebral con mayor investigación son robótica, entrenamiento en cinta con soporte parcial o completo, realidad virtual más juego, entrenamiento funcional de la marcha, y el de menor evidencia fue estimulación eléctrica, por lo que se recomienda que en futuras investigaciones de calidad metodológica adecuada empleen estos enfoques, ya que tienen soporte investigativo y presentan mejores resultados, pero se recomienda utilizar un tamaño de muestra amplio y seguimiento a largo plazo con el fin de garantizar su efectividad.



La evidencia analizada sugiere que las intervenciones basadas en RV son un método innovador en el tratamiento de PC, debido a que presenta beneficios en las características de la marcha, además de aumentar la adherencia al tratamiento y la motivación, generando mejores resultados a comparación de la terapia convencional, de igual manera se logra una mayor satisfacción durante la intervención; por esta razón la realidad virtual tiene el potencial de ser una herramienta de apoyo a los procesos de rehabilitación.

Se observó evidencia de alta calidad de que el entrenamiento funcional de la marcha es una intervención segura, factible y efectiva para mejorar la capacidad de caminar en niños y adultos jóvenes con PC. Asimismo, al mejorar la capacidad de caminar se consigue un impacto positivo en el logro de las actividades diarias y motiva el compromiso social, por este motivo un objetivo terapéutico común para la rehabilitación es mejorar la movilidad y la capacidad para caminar.

El desarrollo de estrategias para mantener la función de la marcha durante un período prolongado es crucial para la rehabilitación de los niños con parálisis cerebral, se une con una mayor comprensión de los mecanismos de aprendizaje motor, con el uso de movimientos repetitivos y específicos de tareas beneficiosas con el fin de reestructurar las vías motoras; se recomienda en niños con PC la práctica diaria repetida para impulsar la adquisición y el refinamiento de las habilidades motoras y la creación de entornos enriquecidos para promover la intensidad y variedad de movimientos, así como una práctica agradable.



Las revisiones sistemáticas estaban limitadas por su alcance y, a menudo, sólo informaron resultados limitados de la marcha, por lo que no incorporaron todas las rehabilitaciones que pueden aportar beneficios en la marcha en niños y adultos jóvenes con parálisis cerebral. Desde la publicación de estas revisiones, se han informado ensayos controlados aleatorios adicionales algunos con alto sesgo y, por lo tanto, se requiere una actualización del nivel actual de evidencia. Finalmente, los resultados de esta monografía podrían considerarse para nuevas investigaciones e intervenciones efectivas y específicas en la población de parálisis cerebral.

### Abreviaturas

**(PC)** Parálisis Cerebral.

**(WS)** Velocidad de la Marcha.

**(GRF)** Fuerzas de reacción del suelo.

**(HTA)** Hipertensión arterial.

**(SNC)** Sistema nervioso central.

**(RM)** Resonancia magnética.

**(AFO)** Ortesis de tobillo y pie.

**(HAFO)** Ortesis cadera, tobillo y pie.



(SAFO) Ortesis sólidas tobillo y pie.

(FRO) Ortesis de reacción al suelo.

(PLS) Ballesta posterior.

(ROM) Rango de movimiento.

(EE) Estimulación eléctrica.

(NMED) Estimulación eléctrica neuromuscular.

(OGT) Marcha sobre el suelo.

(TT) Cinta rodante.

(LI) Baja intensidad.

(HI) Versus de alta intensidad.

(FES) Estimulación eléctrica funcional.

(PBWSTT) Cinta rodante con soporte de peso corporal parcial.

(RV) Realidad virtual.

(WBV) Vibración de todo el cuerpo.

(RAT) Terapia asistida por robot.



**(RAGT)** Entrenamiento de la marcha asistido por robot.

**(NAS)** Deambulaci3n no asistida.

**(AS)** Deambulaci3n asistida.

**(EEI)** 3ndice de gasto de energ3a.

**(FC)** Frecuencia cardiaca.

**(DMP)** Diferencias de medidas ponderadas.

**(ECA)** Ensayo cl3nico aleatorizado.

**(SMD)** Diferencia media est3andar.

**(GMFM)** Medida de la funci3n motora gruesa.

**(CON)** Terapia/entrenamiento convencional.



## Referencias bibliográficas

- Abimbola, M., Genevieve, T., Campbell, H., Latashia, L., & Russell, K. (2019). *AVANCES EN PEDIATRÍA Parálisis cerebral*. 66, 189–208. <https://doi.org/10.1016/j.yapd.2019.04.002>
- Aboutorabi, A., Arazpour, M., Ahmadi, M., Saeedi, H., & Head, J. (2017). Efficacy of ankle foot orthoses types on walking in children with cerebral palsy: A systematic review. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 60(6), 393–402. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2017.05.004>
- Adar, S., Dündar, Ü., Demirdal, Ü., Ulaşlı, A., Toktaş, H., & Solak, Ö. (2017). The effect of aquatic exercise on spasticity, quality of life, and motor function in cerebral palsy. *Turkish Society of Physical Medicine and Rehabilitation*, 63(3), 239–248. <https://doi.org/10.5606/tftrd.2017.280>
- Ahmadizadeh, Z., Khalili, M., Ghalam, M., & Mokhlesin, M. (2019). Effect of whole body vibration with stretching exercise on active and passive range of motion in lower extremities in children with cerebral palsy: A randomized clinical trial. *Iranian Journal of Pediatrics*, 29(5). <https://doi.org/10.5812/ijp.84436>
- Alashram, A., Padua, E., & Annino, G. (2019). Effects of Whole-Body Vibration on Motor Impairments in Patients With Neurological Disorders. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 98(12), 1084–1098. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000001252>
- Amador, E., & Montealegre, L. (2016). *Funcionalidad de la marcha en niños con parálisis cerebral*. 26(2), 162–168. <https://revistacmfr.org/index.php/rcmfr/article/view/177/153>



Aras, B., Yaşar, E., Kesikburun, S., Türker, D., Tok, F., & Yılmaz, B. (2019). Comparison of the effectiveness of partial body weight-supported treadmill exercises , robotic-assisted treadmill exercises , and anti-gravity treadmill exercises in spastic cerebral palsy. *Turk J Phys Med Rehab*, 65(4), 361–370. <https://doi.org/10.5606/tftrd.2019.3078>

Armand, S., Decoulon, G., & Bonnefoy, A. (2016). *Gait analysis in children with cerebral palsy*. 1(December), 448–460. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.1.000052>

Ballaz, L., Plamondon, S., & Lemay, M. (2011). *Group aquatic training improves gait efficiency in children with cerebral palsy*. 33, 1616–1624. <https://doi.org/10.3109/09638288.2010.541544>

Booth, A., Buizer, A., Meyns, P., Oude, I., Steenbrink, F., & van der Krogt, M. (2018). The efficacy of functional gait training in children and young adults with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 60(9), 866–883. <https://doi.org/10.1111/dmcn.13708>

Carcreff, L., Gerber, C., Paraschiv, A., Coulon, G., Aminian, K., & Armand, S. (2020). *Comparison of gait characteristics between clinical and daily life settings in children with cerebral palsy*. 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59002-6>

Carvalho, S., Pinto, S., Chagas, D., Praxedes, J., Oliveira, T. D. S., & Batista, L. (2017). Robotic Gait Training For Individuals With Cerebral Palsy: A Systematic Review And Meta-Analysis. *ARCHIVES OF PHYSICAL MEDICINE AND REHABILITATION*.



<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.06.018>

Casas, P., Monroy, A., & Beneit, J. (2014). *CHILDREN GAIT DEVELOPMENT AS A LEARNING PROCESS*. 11, 45–54. [https://scielo.isciii.es/pdf/acp/v11n1/05\\_original5.pdf](https://scielo.isciii.es/pdf/acp/v11n1/05_original5.pdf)

Cerda, L. (2010). *Evaluación del paciente con trastorno de la marcha*. [https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/124202/evaluacion\\_paciente\\_con\\_trastorno\\_marcha.pdf?sequence=1](https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/124202/evaluacion_paciente_con_trastorno_marcha.pdf?sequence=1)

Chen, Y., Fanchiang, H., & Howard, A. (2018). *Children With Cerebral Palsy: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials*. 98(1), 63–77.

Cherng, R., Liu, C., Lau, T., & Hong, R. (2007). Effect of Treadmill Training with Body Weight Support on Gait and Gross Motor Function in Children with spastic cerebral palsy. *Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(7), 548–555. <https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e31806dc302>

Ching, C., & Louise, A. (2014). Effect of Functional Electrical Stimulation on Activity in Children With Cerebral Palsy: A Systematic review. *Pediatric Physical Therapy*, 26, 283–288. <https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000000045>

Chyssagis, N., Skordilis, E., Stavrou, N., Grammatopoulou, E., & Koutsouki, D. (2012). The Effect of Treadmill Training on Gross Motor Function and Walking Speed in Ambulatory Adolescents with Cerebral Palsy. *Medicine & Rehabilitation*, 91(8), 747–760. <https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e3182643eba>



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”  
Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750  
[www.unipamplona.edu.co](http://www.unipamplona.edu.co)





Collado, S. (2003). DESARROLLO DE LA MARCHA. *Facultad de Ciencias de La Salud*, 3, 1–13. file:///C:/Users/angie/Downloads/niños marcha.pdf

Dickin, D., Faust, K., Wang, H., & Frame, J. (2013). The acute effects of whole-body vibration on gait parameters in adults with cerebral palsy. *Journal of Musculoskeletal Neuronal Interactions*, 13(1), 19–26. <https://ismni.org/jmni/pdf/51/03DICKIN.pdf>

Espinoza, A., & Trujillo, Y. (2014). *ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS APLICADOS EN LOS NIÑOS CON PARÁLISIS CEREBRAL*. 1–157.

Espinoza, C., Maroto, G., Barrionuevo, M., Moya, J., Silva, J., Procel, A., Rivera, J., & Avilés, C. (2019). y características clínicas de la parálisis cerebral infantil. *AVFT Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 38.

Fritz, S., & Lusardi, M. (2010). White paper: “walking speed: The sixth vital sign.” *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 32(2), 2–5. <https://doi.org/10.1519/00139143-200932020-00002>

Fukuchi, C., Fukuchi, R., & Duarte, M. (2019). Effects of walking speed on gait biomechanics in healthy participants: A systematic review and meta-analysis. *Systematic Reviews*, 8(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s13643-019-1063-z>

Gómez, S., Jaimes, V., Palencia, C., Hernández, M., & Guerrero, A. (2013). *Parálisis cerebral infantil*. 76(1), 30–39.

González, P. (2015). *Evolución de la locomoción bípeda humana*. December. <https://www.researchgate.net/profile/Paul-Gonzalez/publication/Evolucion-de-la->



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”  
Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750  
[www.unipamplona.edu.co](http://www.unipamplona.edu.co)



Locomocion-bipeda-humana.pdf

Graham, D., Paget, S., & Wimalasundera, N. (2019). *Pensamiento actual en la gestión del cuidado de la salud de niños con parálisis cerebral*. 1–7. <https://doi.org/10.5694/mja2.12106>

Hesse, S., & Werner, C. (2003). Poststroke Motor Dysfunction and Spasticity Novel Pharmacological and Physical Treatment Strategies. *Therapy in Practice*, 17(15), 1093–1107.

Klobuckáun, S., Klobukyby, R., & Branisla, K. (2020). *Effects of robot-assisted gait training alongside conventional therapy on the development of walking in children with cerebral palsy*. 1, 1–9. <https://doi.org/10.3233/PRM-180541>

Korzeniewski, S., Slaughter, J., Lenski, M., Haak, P., & Paneth, N. (2018). The complex a etiology of cerebral palsy. *Nature Reviews Neurology*, 14(September). <https://doi.org/10.1038/s41582-018-0043-6>

Kuo, A., & Donelan, Jm. (2010). Dynamic principles of gait and their clinical implications. *Physical Therapy*, 90(2), 157–174. <https://doi.org/10.2522/ptj.20090125>

Liang, X., Tan, Z., Yun, G., Wang, J., Liu, Q., & Chen, T. (2021). EFFECTIVENESS OF EXERCISE INTERVENTIONS FOR CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS OF RANDOMIZED CONTROLLED TRIALS. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 53(4). <https://doi.org/10.2340/16501977-2772>

Luengas, L., Marín, C., & González, J. (2013). *Model of gait bipedal human*. Octubre, 110–124. <file:///C:/Users/angie/Documents/MENDELEY/Dialnet->



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750  
[www.unipamplona.edu.co](http://www.unipamplona.edu.co)



ModeloDeLaMarchaBipedaHumanaUsandoModelica-4886433.pdf

Maceira, E. (2003). Análisis cinemático y cinético de la marcha humana. *Revista Del Pie y Tobillo*, 17(1), 29–37.

Maher, C., Toohey, M., & Ferguson, M. (2015). Physical activity predicts quality of life and happiness in children and adolescents with cerebral palsy. *Taylor & Francis*, 5, 1–5. <https://doi.org/10.3109/09638288.2015.1066450>

Manickam, A., & Gardiner, M. (2021). Gait assessment in general practice. *Australian Journal of General Practice*, 50(11), 801–806. <https://doi.org/10.31128/AJGP-12-20-5777>

Manikowska, F., Brazevic, S., Kryzanska, A., & Jozwiak, M. (2021). *Effects of Robot-Assisted Therapy on Gait Parameters in Pediatric Patients With Spastic Cerebral Palsy*. 12(December), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.724009>

Mattern, K., Looper, J., Zhou, C., & Bjornson, K. (2020). Low-intensity versus high-intensity home-based treadmill training and walking attainment in young children with spastic diplegic cerebral palsy. *ARCHIVES OF PHYSICAL MEDICINE AND REHABILITATION*, 101(2), 204–212. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2019.09.015>

Mcintyre, S., Taitz, D., Keogh, J., Goldsmith, S., Badawi, N., & Blair, E. V. E. (2012). A systematic review of risk factors for cerebral palsy in children born at term in developed countries. *Medicine & Child Neurology*, July, 499–508. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12017>

Medina, P., & Mancilla, E. (2014). Human bipedal locomotion evolution: socioeconomic status as



- environment factor. *Antropo*, 15–24. <http://www.didac.ehu.es/antropo/32/32-2/Medina.pdf>
- Medved, V., & Raton, B. (2001). Measurement of human locomotion. *Measurement of Human Locomotion*, 33, 1–262. <https://doi.org/10.1201/9781420036985>
- Middleton, A., Fritz, S., & Lusardi, M. (2016). *Walking Speed: The Functional Vital Sign*. 23(2), 314–322. <https://doi.org/10.1123/japa.2013-0236.Walking>
- Moll, I., Vles, J., Soudant, D., Witlox, A., Staal, H., Speth, L., Janssen, Y., Coenen, M., Koudijs, S., & Vermeulen, J. (2017). Functional electrical stimulation of the ankle dorsiflexors during walking in spastic cerebral palsy: a systematic review. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 59(12), 1230–1236. <https://doi.org/10.1111/dmcn.13501>
- Montañana, T. (2016). *Estudio del efecto del entrenamiento sobre la marcha mediante ayuda robótica en combinación con realidad virtual, en niños con parálisis cerebral infantil*. 224. [https://repositorioinstitucional.ceu.es/bitstream/10637/8566/1/Estudio del efecto del entrenamiento sobre la marcha mediante ayuda robótica en combinación con realidad virtual, en niños con parálisis cerebral infantil\\_Tesis\\_María Teresa Montañana Pérez.pdf](https://repositorioinstitucional.ceu.es/bitstream/10637/8566/1/Estudio%20del%20efecto%20del%20entrenamiento%20sobre%20la%20marcha%20mediante%20ayuda%20rob%C3%B3tica%20en%20combinaci%C3%B3n%20con%20realidad%20virtual,%20en%20ni%C3%B1os%20con%20par%C3%A1lisis%20cerebral%20infantil_Tesis_Mar%C3%ADa%20Teresa%20Monta%C3%B1ana%20P%C3%A9rez.pdf)
- Moreau, N., Bodkin, A., Bjornson, K., Hobbs, A., Soileau, M., & Lahasky, K. (2016). Effectiveness of rehabilitation interventions to improve gait speed in children with cerebral palsy: Systematic review and Meta-Analysis. *Physical Therapy*, 96(12), 1938–1954. <https://doi.org/10.2522/ptj.20150401>
- Morris, C. (2007). The Definition and Classification of Cerebral Palsy. *Dev Med Child Neurol*, 1–



44.

Novak, I. (2014). Evidence-Based Diagnosis, Health Care, and Rehabilitation for Children With Cerebral Palsy. *Journal of Child Neurology*, June.

<https://doi.org/10.1177/0883073814535503>

Novak, I., Morgan, C., Adde, L., Blackman, J., Boyd, R., Hernandez, B., Cione, G., Diane, D., Darrah, J., Eliasson, A., Vries, L., Einspieler, C., Fahey, M., Fehling, D., Ferreiro, D., Fetters, L., Fiori, S., Forssberg, H., Gordon, A., McIntyre, S. (2017). *Early, accurate diagnosis and early intervention in cerebral palsy: advances in diagnosis and treatment.*

Novak, I., Morgan, C., Fahey, M., Finch-edmondson, M., Galea, C., Hines, A., Langdon, K., Namara, M., Paton, M., Popat, H., Shore, B., Khamis, A., Stanton, E., Finemore, O., Tricks, A., Velde, A., Dark, L., Morton, N., & Badawi, N. (2020). *State of the Evidence Traffic Lights 2019: Systematic Review of Interventions for Preventing and Treating Children with Cerebral Palsy.*

[https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7035308/pdf/11910\\_2020\\_Article\\_1022.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7035308/pdf/11910_2020_Article_1022.pdf)

f

Olmos-g, R., Gómez, A., Calvo, I., & López, J. (2021). *Effects of Robotic-Assisted Gait Training in Children and Adolescents with Cerebral Palsy: A Network Meta-Analysis.* 10, 1–14.

file:///C:/Users/angie/Dropbox/MONOGRAFIA ANGIE/ARTICULOS/Robótica/Effects of Robotic-Assisted Gait Training in Children and.pdf



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”  
Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750  
[www.unipamplona.edu.co](http://www.unipamplona.edu.co)



- Oskoui, M., Coutinho, F., Dykeman, J., Jetté, N., & Pringsheim, T. (2013). An update on the prevalence of cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis. *Medicine & Child Neurology*, 7. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12080>.
- Osorio, H., & Valencia, M. (2013). Bases para el entendimiento del proceso de la marcha humana. *Científicas de América Latina*. <https://www.redalyc.org/pdf/2738/273828094009.pdf>
- Patel, D., Neelakantan, M., Pandher, K., & Merrick, J. (2020). *Cerebral palsy in children: a clinical overview*. 9(1). <https://doi.org/10.21037/tp.2020.01.01>
- Paulson, A., & Vargus, J. (2017). *Overview of Four Functional Classification Systems Commonly Used in Cerebral Palsy*. <https://doi.org/10.3390/children4040030>
- Peláez, M., Gallego, S., Moreno, E., Cerdón, A., Madrid, A., Núñez, E., & Ramos, J. (2021). *Cerebral Palsy In Pediatrics: Associated Problems*. 30(1), 115–124. <https://doi.org/10.46997/revecuatneurol30100115>
- Ramos, S., Romero, R., Pinero, E., Lirio, C., & Palomo, R. (2021). *EFICACIA DE LA MARCHA EN CINTA RODANTE SOBRE EL DESARROLLO MOTOR DE NIÑOS CON PARÁLISIS CEREBRAL Y SÍNDROME DE DOWN*. 81(3), 367–374.
- Rethlefsen, S., Ryan, D., & Kay, R. (2010). Classification Systems Cerebral Palsy. *Orthopedic Clinics of NA*, 41(4), 457–467. <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2010.06.005>
- Ryan, J., Cassidy, E., Noorduyn, S., & Connell, N. (2017). *Exercise interventions for cerebral palsy* (Review). 6.





<https://doi.org/10.1002/14651858.CD011660.pub2>. [www.cochranelibrary.com](http://www.cochranelibrary.com)

Salazar, A., Souza, A., Alves, G., Scopel, G., & Lukrafka, J. (2019). Neuromuscular electrical stimulation to improve gross motor function in children with cerebral palsy: a meta-analysis.

*Brazilian Journal of Physical Therapy*, 23(5), 378–386.

<https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2019.01.006>

Saquetto, M., Carvalho, V., Silva, C., Conceição, C., & Gomes-Neto, M. (2015). The effects of whole body vibration on mobility and balance in children with cerebral palsy: A systematic review with meta-analysis. *Journal of Musculoskeletal Neuronal Interactions*, 15(2), 137–144.

Snider, L., & Majnemer, A. (2010). Virtual Reality: We Are Virtually There. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, 30(1), 10–13.

<https://doi.org/10.3109/01942630903476131>

Song, S., Lee, K., Jung, S., Park, S., Cho, H., & Lee, G. (2018). Effect of Horizontal Whole-Body Vibration Training on Trunk and Lower-Extremity Muscle Tone and Activation, Balance, and Gait in a Child with Cerebral Palsy. *The American Journal of Case Reports*, 19, 1292–1300.

<https://doi.org/10.12659/AJCR.910468>

Sulla, R., Vidal, R., Pacheco, J., Apaza, J., Sulla, J., Luarte, C., Cossio, M., & Gomez, R. (2020). Estimulación Eléctrica en Niños y Adolescentes Con Parálisis Cerebral: Una Revisión Sistemática A Systematic Review. *Ecuatoriana de Neurología*, 29(1).



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”  
Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750  
[www.unipamplona.edu.co](http://www.unipamplona.edu.co)



- Sweeting, K. (2007). Gait and posture assessment in general practice. *Journal of the Royal College of General Practitioners*, 38(313), 344–345.
- Vázquez, C., & Vidal, C. (2014). *Parálisis cerebral infantil: definición y clasificación a través de la historia*. 16(1), 6–10.
- Veerbeek, B., Lamberts, R., Fieggen, G., Verkoeijen, P., & Langerak, N. G. (2019). Daily activities, participation, satisfaction, and functional mobility of adults with cerebral palsy after selective dorsal rhizotomy: a long-term. *Disability and Rehabilitation*, 0(0), 1–9. <https://doi.org/10.1080/09638288.2019.1695001>
- Vitrikas, K., Dalton, H., Grant, D., & Breish, D. (2020). *Cerebral Palsy: An Overview*. 213–220.
- Washabaugh, E., Kalyanaraman, T., Adamczyk, P., Claflin, E., & Krishnan, C. (2017). Validity and repeatability of inertial measurement units for measuring gait parameters. *Gait and Posture*, 55(Suite 3013), 87–93. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.04.013>. Validity
- Willoughby, K., Dodd, K., Shields, N., Foley, S., & Dip, G. (2010). Efficacy of Partial Body Weight – Supported Treadmill Training Compared With Overground Walking Practice for Children With Cerebral Palsy: A Randomized Controlled Trial. *YAPMR*, 91(3), 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2009.10.029>
- Wright, E., & DiBello, S. (2020). Principles of Ankle-Foot Orthosis Prescription in Ambulatory Bilateral Cerebral Palsy. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 31(1), 69–89. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2019.09.007>





Zapata, M., & Ruiz, J. (2012). DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE REFERENCIA DE  
LA MARCHA. Экономика Региона.

[https://repository.ces.edu.co/Descripción\\_parametros\\_referencia.pdf?sequence=2&is](https://repository.ces.edu.co/Descripción_parametros_referencia.pdf?sequence=2&is)



*“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”*  
Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750  
[www.unipamplona.edu.co](http://www.unipamplona.edu.co)