



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

Facultad de
MEDICINA

INTERVENCIÓN DE LA TERAPIA ROBÓTICA Y REALIDAD VIRTUAL EN
LAS HABILIDADES MOTORAS EN NIÑOS Y ADOLESCENTES CON
PARÁLISIS CEREBRAL: UNA REVISIÓN DE ALCANCE

THE IMPACT OF ROBOTIC THERAPY AND VIRTUAL REALITY ON
MOTOR SKILLS IN CHILDREN AND ADOLESCENTS WITH CEREBRAL
PALSÝ: A SCOPE REVIEW

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO
EN TECNOLOGÍA MÉDICA EN LA ESPECIALIDAD DE TERAPIA FÍSICA
Y REHABILITACIÓN

AUTORES

GABRIELA SELENE ESPINOZA LUNA
CAMILA ALEXANDRA PARRAGA VILCAS
JACKELINE ROSARIO ROBLES PIÑASHCA

ASESOR

ELISA VERONICA MILLA ZA VALETA

CO-ASESOR

ARQUIMEDES MANSUETO GAVINO GUTIERREZ

LIMA – PERÚ

2025

JURADO

PRESIDENTE: MG. CARMEN ELENA LLANOS PUGA

VOCAL: MG. GIULIANA EMILIA CONDEZO CASASOLA

SECRETARIO: MG. EDITH SONIA MEJIA COTRINA

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 03 de noviembre del 2025

CALIFICACIÓN: Aprobado

ASESORES DE TESIS

ASESOR

MG. ELISA VERONICA MILLA ZAVALA

Departamento Académico de Tecnología médica en la especialidad de Terapia

Física y Rehabilitación

ORCID: 0000-0003-1006-4107

CO-ASESOR

DR. ARQUIMEDES MANSUETO GAVINO GUTIERREZ

Unidad de Epidemiología Clínica UPCH.

ORCID: 0000-0002-3325-1004

DEDICATORIA

A mis queridos padres Zoraida y Omar por brindarme su amor incondicional, su apoyo constante durante este arduo trabajo. A mi mamita Laura por haberme brindado sus experiencias y sus consejos brindados en este proceso de titulación y a mis queridas hermanas Samntha y Mabel que siempre me motivaron y me brindaron sus sonrisas cuando me sentía triste. A Dios, por guiar mi camino desde el inicio, por darme fuerza en los momentos difíciles y donde me sentía más agobiada. Y a mí, por no rendirme, por superar cada obstáculo y por seguir adelante con esfuerzo y perseverancia.

Gabriela Selene Espinoza Luna

A mis padres, Jhony y María, por su amor, apoyo incondicional y ejemplo de perseverancia, que han sido la base fundamental para alcanzar este logro. A mis hermanos, por su acompañamiento y respaldo constante durante todo este proceso. A Gino, por ser un gran apoyo y brindarme su fortaleza en los momentos más desafiantes, ayudándome a culminar esta etapa con éxito. A Zaid, compañero desde el inicio de este camino, mi mayor motivación para seguir adelante y por ser parte esencial de este logro. A mis amigos, por su compañía y estímulo a lo largo de esta trayectoria. Finalmente, a mí misma, por la dedicación, disciplina y constancia que me permitieron alcanzar este objetivo. Este logro representa el resultado del esfuerzo y el inicio de nuevas oportunidades.

Camila Alexandra Parraga Vilcas

A mi madre, Juana, mi apoyo incondicional, mi inspiración y ejemplo a seguir. Gracias por creer en mí y acompañarme en cada paso para realizar mis sueños. Mi padre, Ricardo, mi ángel eterno que me guía y protege desde donde estás. Tu amor y protección me acompañan siempre. Mi hermana, Karoline, mi otro yo, mi confidente y cómplice. Gracias por ser mi compañía y soporte en todo momento. Son mi familia, mi fortaleza y motivación. Su amor y apoyo han sido mi fuerza para alcanzar mis metas. Los amo con el alma.

Jackeline Rosario Robles Piñashca

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por guiarnos en cada paso de este camino, por brindarnos fortaleza, sabiduría y perseverancia para culminar con éxito esta etapa tan importante en nuestras vidas. Su presencia y bendiciones fueron nuestro mayor apoyo en los momentos de dificultad.

A nuestra alma mater, por habernos permitido forjar las bases académicas, los conocimientos y los valores que contribuyeron a nuestro crecimiento personal y profesional.

A nuestros estimados asesores de tesis, por su orientación, paciencia y compromiso durante el desarrollo de este trabajo de investigación. Su acompañamiento constante, sus valiosas sugerencias y su dedicación fueron fundamentales para el logro de los objetivos planteados.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

La presente investigación será autofinanciada por las mismas autoras que realizan dicho trabajo.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses. Los autores son los únicos responsables del contenido de este artículo.

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Los egresados:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES
1.	ESPINOZA LUNA GABRIELA SELENE
2.	PARRAGA VILCAS CAMILA ALEXANDRA
3.	ROBLES PIÑASHCA JACKELINE ROSARIO

Pertencientes al programa de la **CARRERA PROFESIONAL DE TECNOLOGÍA MÉDICA EN LA ESPECIALIDAD DE TERAPIA FÍSICA Y REHABILITACIÓN**, autores del trabajo titulado: **INTERVENCIÓN DE LA TERAPIA ROBÓTICA Y REALIDAD VIRTUAL EN LAS HABILIDADES MOTORAS EN NIÑOS Y ADOLESCENTES CON PARÁLISIS CEREBRAL: UNA REVISIÓN DE ALCANCE** el cual ha sido elaborado, sustentado y aprobado, según corresponda, para optar por el **TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO EN TECNOLOGÍA MÉDICA EN LA ESPECIALIDAD DE TERAPIA FÍSICA Y REHABILITACIÓN** bajo la modalidad de **TESIS**.

En calidad de docentes asesores de la Universidad Peruana Cayetano Heredia:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES DEL DOCENTE	FACULTAD	NIVEL DE ASESORÍA
1.	MILLA ZAVALA ELISA VERONICA	MEDICINA	ASESOR
2.	GAVINO GUTIERREZ ARQUIMEDES MANSUETO	MEDICINA	CO-ASESOR

Declaramos que el contenido del presente documento es original y que las citas y referencias a otros autores cumplen con las normas académicas establecidas. En ese sentido, hacemos constar que:

- El documento presenta un porcentaje de similitud de **15 %**, según el reporte emitido por el software **Turnitin®** (identificador de entrega: **trn:oid::1:3440734442**; fecha de entrega: **10-12-2025**).
- Tras una revisión detallada del reporte y del contenido del trabajo en cuestión, no se han identificado indicios de plagio.
- Se certifica que el documento respeta los principios de integridad académica y cumple con los requisitos institucionales de originalidad.

Lugar y fecha: **Lima, 10 de diciembre del 2025.**

Firma del asesor
N° DNI: 09898843
ORCID: 0000-0003-1006-4107

Firma del Co-asesor
N° DNI: 40048216
ORCID: 0000-0002-3325-1004



TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	6
Objetivo general	6
Objetivos específicos	6
III. MATERIAL Y MÉTODOS	7
Diseño del estudio	7
Población, concepto y contexto	7
Criterios de Inclusión	8
Criterios de Exclusión	8
Definición operacional de variables	9
Estrategias de búsqueda	9
Plan de Análisis	12
IV. RESULTADOS	13
Características de los artículos incluidos	13
Características de la dispositivos aplicados	16
Efectos de la Terapia Robótica	17
Efectos de la Realidad Virtual	23
V. DISCUSIÓN	30
Limitaciones	35
VI. RECOMENDACIONES	37
VII. CONCLUSIONES	38
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
IX. TABLAS	50
ANEXOS	

RESUMEN

Introducción: La parálisis cerebral infantil (PCI) es un trastorno neurológico originado por un daño al sistema nervioso central que impacta en el desarrollo motor a largo plazo, causando deficiencias que incluyen alteraciones del tono muscular, control del movimiento, rango articular, fuerza muscular y coordinación, impactando en las habilidades motoras del niño. Generalmente, el abordaje fisioterapéutico se basa en el tratamiento convencional; por lo tanto, se busca evidenciar la participación de la terapia robótica y realidad virtual dentro de un programa de rehabilitación. **Objetivo:** Mapear la evidencia disponible sobre los beneficios del uso de la terapia robótica y realidad virtual en el desarrollo de habilidades motoras en niños y adolescentes con parálisis cerebral. **Métodos:** Se realizó una búsqueda de artículos en cinco bases de datos. Además, se consideró Google Scholar como literatura gris. Los estudios fueron evaluados aplicando los criterios de inclusión y exclusión previamente determinados. **Resultados:** Esta revisión consideró 10 estudios, que abarcaron niños y adolescentes con parálisis cerebral de entre 4 y 18 años de edad. Los resultados evidenciaron una mayor mejoría en la marcha, el equilibrio y la función motora gruesa. En cuanto a las intervenciones utilizadas, se observó que 5 estudios aplicaron realidad virtual y 5 estudios emplearon terapia robótica. **Conclusión:** Los resultados de los 10 artículos analizados demuestran que tanto la terapia robótica como la realidad virtual constituyen estrategias efectivas para mejorar la función motora gruesa en niños con PCI mostrando mayor efectividad que la terapia convencional. Se reportaron incrementos significativos reflejando avances clínicamente relevantes en el control postural, la locomoción y las habilidades motoras globales. En conjunto, estos hallazgos respaldan la inclusión de tecnologías asistidas dentro de los programas de tratamiento pediátrico, al ofrecer mejoras significativas en la funcionalidad y calidad de vida de los niños con parálisis cerebral.

Palabras claves: Parálisis cerebral, niños, adolescentes, robótica, habilidades motoras.

ABSTRACT

Introduction: Cerebral palsy (CP) is a neurological disorder caused by damage to the central nervous system that impacts long-term motor development, causing impairments that include alterations in muscle tone, movement control, joint range of motion, muscle strength, and coordination, affecting the child's motor skills. Generally, the physiotherapeutic approach is based on conventional treatment; therefore, the aim is to demonstrate the role of robotic therapy and virtual reality within a rehabilitation program. **Objective:** To map the available evidence on the benefits of using robotic therapy and virtual reality in the development of motor skills in children and adolescents with cerebral palsy. **Methods:** A search for articles was conducted in five databases. In addition, Google Scholar was considered as gray literature. The studies were evaluated using predetermined inclusion and exclusion criteria. **Results:** This review considered 10 studies, which included children and adolescents with cerebral palsy between the ages of 4 and 18. The results showed greater improvement in gait, balance, and gross motor function. Regarding the interventions used, five studies applied virtual reality and five studies employed robotic therapy. **Conclusion:** The results of the 10 articles analyzed demonstrate that both robotic therapy and virtual reality are effective strategies for improving gross motor function in children with CP, showing greater effectiveness than conventional therapy. Significant increases were reported, reflecting clinically relevant advances in postural control, locomotion, and gross motor skills. Taken together, these findings support the inclusion of assisted technologies in pediatric treatment programs, as they offer significant improvements in the functionality and quality of life of children with cerebral palsy.

Keywords: Cerebral palsy, children, adolescents, robotics, motor skills.

1. INTRODUCCIÓN

La Parálisis Cerebral Infantil (PCI) es un trastorno neurológico irreversible causado por un daño en el Sistema Nervioso Central (SNC) durante la etapa fetal o la infancia, afectando el desarrollo y función del cerebro. Se manifiesta con una serie de rasgos distintos que permiten clasificar los diferentes tipos de PCI, como espástica, atáxica y discinética, entre otros.

(1). Según estadísticas recientes, la PCI es una de las discapacidades físicas infantiles más frecuentes, con una prevalencia global de 2 a 2,5 casos por cada 1000 nacimientos vivos (2).

La PCI se caracteriza por deficiencias primarias que afectan el desarrollo del niño, incluyendo alteraciones del tono muscular e hiperreflexia osteotendinosa, que impactan en el control del movimiento y la postura. Además, se presentan deficiencias motoras que incluyen disminución del rango de movimiento, debilidad muscular, alteración de la biomecánica de la marcha, poca coordinación y equilibrio, lo que limita las actividades funcionales y afecta las habilidades motoras.

Las deficiencias sensoriales abarcan alteraciones visuales y problemas auditivos que pueden afectar la percepción y la interacción con el entorno. Las deficiencias cognitivas y conductuales incluyen dificultades en la atención, memoria y resolución de problemas, lo que puede impactar en la comunicación y el aprendizaje ocasionando restricciones en la participación e integración social (1,3).

El Sistema de Clasificación de la Función Motora Gruesa (GMFCS) se utiliza para categorizar el desempeño motor de niños con parálisis cerebral en cinco niveles, que van desde el nivel I, en el cual el niño camina sin restricciones y presenta mínimas dificultades para participar en las actividades cotidianas, hasta el nivel V, que representa la mayor limitación funcional, caracterizada por una dependencia total y la necesidad de silla de ruedas o tecnología asistida para su movilidad. (4).

Asimismo, existen diversas herramientas de evaluación que permiten valorar de manera objetiva el nivel de función motora y los progresos alcanzados durante el tratamiento fisioterapéutico. Entre ellas se encuentra la Medida de la Función Motora Gruesa (GMFM) es un instrumento diseñado para evaluar y cuantificar los cambios en la motricidad gruesa de niños y adolescentes con PCI. La GMFM cuenta con dos versiones: la GMFM-88, versión original con 88 ítems distribuidos en cinco dimensiones motoras (A: acostado y rodando, B: sentado, C: gateando y arrodillado, D: de pie y E: caminando, corriendo y saltando) que permite evaluar de forma detallada la eficacia del tratamiento y el progreso funcional; y la GMFM-66, una versión abreviada con 66 ítems, que ofrece mayor precisión, menor tiempo de aplicación y una escala de intervalo que facilita la interpretación de los resultados. Ambas comparten el mismo propósito clínico, aunque la GMFM-88 es más descriptiva, mientras que la GMFM-66 es más eficiente y sensible para detectar cambios funcionales. (5,6)

El tratamiento de la PCI requiere un enfoque continuo y a largo plazo, orientado a mejorar la función motora y la independencia del niño.

Tradicionalmente, la fisioterapia convencional ha sido la base de la rehabilitación, demostrando eficacia en la reducción de los déficits motores. Sin embargo, la necesidad de mantener la motivación y la adherencia terapéutica a lo largo del tiempo ha impulsado la incorporación de nuevas estrategias que hagan el proceso más dinámico e interactivo. En este contexto, la terapia robótica y la realidad virtual representan alternativas innovadoras que complementan el tratamiento convencional, ofreciendo entornos estimulantes y personalizados que potencian la participación activa del paciente. (3).

La terapia robótica (TR) es el uso de dispositivos electrónicos o computarizados diseñados para realizar tareas humanas. En el ámbito de la rehabilitación, estos robots se conocen como robótica terapéutica y se utilizan para ayudar a pacientes con disfunciones neurológicas como la PCI y a mejorar su capacidad para la bipedestación y marcha.

La aplicación de los dispositivos robóticos terapéuticos no invasivos en la rehabilitación motora nos permite medir de manera precisa los movimientos corporales como una respuesta del SNC ante un estímulo dinámico externo (7). Estos dispositivos robóticos optimizan la rehabilitación de pacientes con PCI para mejorar funciones motoras como la bipedestación, la marcha funcional, la coordinación entre las extremidades y el control del peso corporal, mediante movimientos repetitivos y sincronización del ciclo de la marcha, brindando distintos grados de apoyo y guía para optimizar la capacidad motora de los pacientes (8)

La realidad virtual (RV) se define como aquella tecnología que permite la simulación de ambientes reales o imaginarios a través de dispositivos tecnológicos (9). La interacción e inmersión son características de los sistemas de la realidad virtual. La interacción se logra por medio de canales multisensoriales donde la persona podrá relacionarse con el entorno virtual en tiempo real. Por otro lado, la inmersión, se considera el grado de relación del usuario con el mundo virtual a través de los dispositivos tecnológicos. La RV utiliza la repetición de movimientos, la retroalimentación sensorial y la motivación para mejorar el aprendizaje motor. Esto influye en la reorganización cerebral, en la neuroplasticidad funcional y estructural, permitiendo el desarrollo de las redes neuronales necesarias para un proceso de aprendizaje motor (10).

Yuping Chen et al., en una revisión sistemática y metanálisis, indicaron que, la RV como intervención fisioterapéutica aplicada en niños con PCI, lleva a mejoras en la funcionalidad de las extremidades superiores, la deambulación y el control postural; además, que motiva la interacción activa del niño en el proceso de rehabilitación (3).

Raquel Olmos et al., en un estudio cuasiexperimental, encontraron que una intervención combinada de sesiones de fisioterapia convencional con el robot-assisted gait training (RAGT) Walkbot reveló mejoras significativas en la fuerza muscular de los miembros inferiores, rango articular de la rodilla favoreciendo la bipedestación, así como una mayor capacidad para realizar las actividades cotidianas y su participación con el entorno (11).

En la actualidad, el avance tecnológico ha influido en todos los entornos de la vida humana, convirtiéndose en un componente indispensable. Por lo tanto, es esencial conocer estrategias que combinen la tecnología con la terapia, integrándose en intervenciones fisioterapéuticas innovadoras con el propósito de mejorar las habilidades motoras en los niños y adolescentes con PCI.

Asimismo, en los últimos años se ha evidenciado un creciente interés científico en la aplicación de la terapia robótica (TR) y la realidad virtual (RV) en esta población. En este contexto, la presente investigación se justifica no solo por la necesidad de ampliar el conocimiento sobre la efectividad de estas tecnologías, sino también con el propósito de motivar a otros profesionales de la fisioterapia a desarrollar y aplicar más estudios relacionados con este tema, contribuyendo así al avance de la evidencia científica.

Por consiguiente, se formuló la pregunta de investigación: ¿Qué evidencia existe sobre los beneficios de la intervención de la terapia robótica y realidad virtual en el desarrollo de las habilidades motoras en niños y adolescentes con parálisis cerebral?

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Mapear la evidencia disponible sobre los beneficios del uso de la terapia robótica y realidad virtual en el desarrollo de habilidades motoras en niños y adolescentes con parálisis cerebral.

2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la variedad de dispositivos robóticos y la aplicación de la realidad virtual utilizados para el desarrollo de habilidades motoras gruesas en niños y adolescentes con parálisis cerebral.
- Describir los efectos de la terapia robótica y las aplicaciones de realidad virtual sobre el sistema musculoesquelético y neuromuscular en la mejora de la función motora.
- Describir los beneficios de la terapia robótica y la aplicación de realidad virtual frente a la terapia convencional en la marcha de niños y adolescentes con parálisis cerebral.
- Explorar el impacto de la terapia robótica y la realidad virtual en la calidad de vida de niños y adolescentes con parálisis cerebral.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Diseño del estudio

El presente estudio es una revisión de alcance (scoping review), basado en el marco metodológico del Instituto Joanna Briggs Institute (JBI). Esta metodología permite mapear de forma sistemática la evidencia disponible, identificar vacíos en el conocimiento y describir los enfoques actuales sobre el uso de la TR y la RV en el desarrollo de habilidades motoras en niños y adolescentes con PCI. La metodología incluye la definición de una pregunta de investigación basada en la estrategia PCC (Población, concepto y contexto) y el establecimiento de criterios de inclusión, la aplicación de una estrategia de búsqueda estructurada y comprensiva, la selección de estudios relevantes, la extracción de datos y la síntesis de los resultados, que se presentarán de manera narrativa y visual. Esta revisión no incluye evaluación crítica de los estudios, de acuerdo con las recomendaciones para revisiones de alcance. La presentación de resultados se adhiere a los Elementos de Informes Preferidos para Revisiones Sistemáticas y Metaanálisis (PRISMA-ScR).

3.2. Población, concepto y contexto

La pregunta de investigación se planteó a partir de la estrategia PCC:

Población (P): Niños y adolescentes con PCI, incluyendo subgrupos según edad (niños: 4 -12 años y adolescentes: 13-18 años) y niveles de severidad de PCI (leve, moderada, severa).

Concepto (C): Intervenciones de dispositivos de terapia robótica (Lokomat, Walkbot, etc) y realidad virtual (inmersiva y no inmersiva), enfocadas en el desarrollo de habilidades motoras gruesas y finas.

Contexto (C): Entornos clínicos, hospitalarios, domiciliarios y centros de rehabilitación.

3.3. Criterios de Inclusión

- Artículos que consideren como población a los niños y adolescentes con PCI.
- Artículos sobre la terapia robótica y la realidad virtual como tratamiento fisioterapéutico para la PCI.
- Artículos de tipo de revisiones sistemáticas y metaanálisis, revisiones de alcance, experimentales (ensayos clínicos aleatorizados) y observacionales (casos y controles, cohortes).
- Literatura gris, incluyendo informes técnicos, tesis, disertaciones y documentos institucionales relacionados.
- Artículos publicados en español, inglés y portugués.
- Artículos publicados desde el año 1990 hasta el mes de septiembre del 2025.

3.4. Criterios de Exclusión

- Artículos que no estén relacionados directamente con la población, intervención, o contextos definidos en la estrategia PCC
- Artículos duplicados identificados en múltiples bases de datos.

3.5. Definición operacional de variables

En esta revisión, se establecieron las siguientes definiciones de variables.

(Anexo 1)

3.6. Estrategias de búsqueda

3.6.1. Búsqueda de información

Se efectuó una búsqueda de la literatura desde el año 1990 hasta el de 2025 en cinco bases de datos científicas: MEDLINE (PubMed), Embase (Ovid), PEDro, Scopus y LILACS. La búsqueda se complementó con literatura gris a través de Google Scholar.

Para el desarrollo de la estrategia de búsqueda, se identificaron términos controlados (MeSH y Emtree), términos de entrada (entry terms) y palabras clave relevantes como “cerebral palsy”, “children”, “adolescents”, “robotics” y “motor skills” (Anexo 2). Estas estrategias se adaptaron individualmente a cada base de datos para asegurar la sensibilidad y especificidad de los resultados.

Se utilizaron operadores booleanos (AND, OR) para combinar términos, y en casos justificados se aplicó NOT para restringir resultados no pertinentes.

A continuación, se realizó un ejemplo de búsqueda en MEDLINE: (“cerebral palsy” AND “children” AND “adolescents”) AND (“robotics” OR “virtual reality exposure therapy”) AND (“gait analysis” OR “motor skills” OR “movement” OR “locomotion”). **(Anexo 3)**

3.6.2. Selección de estudios

Los artículos encontrados en la búsqueda bibliográfica fueron importados al software Rayyan para su análisis, lo que facilitó la organización de los estudios y eliminación de los duplicados. Las tres revisoras (ELG, PVC y RPJ) evaluaron de manera individual cada uno de los artículos para garantizar la relevancia de los estudios, aplicando los criterios de inclusión y exclusión. Las diferencias fueron debatidas, cuando no se alcanzó un consenso, se recurrió a la opinión de un cuarto revisor (MZE) para resolver las divergencias más importantes. El proceso de cribado se realizó en varias fases:

1. Cribado por Título: Se realizó una revisión inicial de los títulos para identificar aquellos artículos relevantes según los términos de búsqueda.
2. Cribado por Resumen: Se examinaron los resúmenes de los artículos preseleccionados para comprobar su ajuste a los criterios de inclusión mediante la evaluación de la metodología y población de estudio.
3. Revisión por Texto completo: Finalmente, se evaluaron los artículos completos que cumplieron con las etapas anteriores. Se eliminaron aquellos sin acceso al texto completo; además, tras una revisión detallada, no cumplían con los criterios de selección establecidos. Para acceder a los textos completos de los artículos seleccionados, especialmente aquellos que requerían pago o estaban detrás de una suscripción, se implementó una búsqueda estratégica que incluyó solicitudes a bibliotecas y redes institucionales, contacto directo con los autores y el uso de plataformas de intercambio académico. (Anexo 4) Asimismo, se llevó a cabo un registro

sistemático de las razones de exclusión. La selección de estudios se documentó en el reporte final de la revisión presentando los resultados ilustrados en un flujograma PRISMA - ScR (Anexo 5) especificando la cantidad de estudios incluidos y excluidos en cada fase del proceso.

3.6.3. Extracción de datos

Los datos se obtuvieron de los artículos seleccionados en la revisión de alcance mediante una herramienta estructurada específicamente diseñada para este estudio, de acuerdo a los lineamientos del JBI. Este instrumento estuvo compuesto por categorías adaptadas al enfoque PCC y los objetivos del estudio, incluyendo:

- Datos principales: Título del artículo, autores, año de publicación, país de procedencia, diseño de estudio.
- Población: Perfil de los participantes, tipo de PCI, rango de edad, tamaño muestral.
- Concepto: Tipo de intervención terapéutica (terapia convencional, terapia robótica y realidad virtual) y su duración.
- Contexto: Entorno en el que se realizó la intervención (clínico, hospitalario y domicilio).
- Resultados: Hallazgos principales relacionados con habilidades motoras (fuerza, coordinación, equilibrio y marcha).
- Limitaciones: Aspectos que afectaron la validez o relevancia de los resultados obtenidos.

Se llevó a cabo una revisión preliminar de la herramienta para asegurar calidad y precisión. Se empleó Microsoft Excel 2016 para desarrollar y gestionar la herramienta de extracción de datos. (Anexo 5)

3.7. Plan de Análisis

Los datos de los estudios seleccionados fueron compilados, clasificados y examinados para explorar la evidencia existente, siguiendo las directrices metodológicas de JBI con un enfoque descriptivo y exploratorio, de manera que garanticen la consistencia en los resultados.

La información se clasificó en las siguientes secciones:

- Aspectos del estudio: Autores, año, país, idioma y diseño de estudio.
- Detalles de la población: Intervalo de edad y diagnóstico (tipos de PCI).
- Intervención: Dispositivos robóticos, sistemas de realidad virtual y pruebas utilizadas.

Se emplearon plataformas digitales, como Excel o software de revisión, para gestionar y organizar las bases de datos. El análisis de los hallazgos se enfocó en el desarrollo de las habilidades motoras y herramientas utilizadas; clasificación de las investigaciones; fortalezas y limitaciones. Así mismo, estos se relacionaron con los objetivos específicos destacando los datos de mayor relevancia sobre la intervención de la terapia robótica y realidad virtual en los niños y adolescentes con PCI.

IV. RESULTADOS

En la búsqueda inicial realizada en las cinco bases de datos (Pubmed, Embase, Scopus, PEDro y Lilacs) fueron identificados un total de 344 artículos. Los resultados obtenidos se integraron al Software Rayyan, en el cual se detectaron 106 artículos duplicados. Como resultado de este proceso se obtuvieron 238 artículos para su evaluación, 12 de ellos quedaron sin acceso al texto completo, a pesar de solicitarlo por medio del correo electrónico a los autores correspondientes. De los 226 artículos, se excluyeron un total de 87, en el cual los títulos y resúmenes no estaban relacionados a nuestra pregunta de investigación. Posteriormente, se realizó el análisis de los 139 artículos para su elegibilidad mediante la lectura de texto completo, se excluyeron 131. En este contexto, se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión, lo que resultó en la eliminación de artículos por: tipo del estudio (22), rango de edad (25), tipo de intervención (33) y población (51).

Se realizó una búsqueda en la literatura gris a través de Google Scholar y se encontraron 25 artículos inicialmente. Después de evaluar su elegibilidad, se seleccionó sólo 2, que cumplían con los criterios de inclusión.

Finalmente, se incluyeron un total de 10 artículos, compuestos por 8 de las bases de datos y 2, identificados a través de la literatura gris.

4.1. Características de los artículos incluidos

En la presente revisión se incluyeron un total de diez estudios que cumplieron con los criterios de selección establecidos. De estos, ocho correspondieron a ensayos controlados aleatorizados y dos a ensayos

clínicos de un solo brazo. Todos los artículos fueron publicados en idioma inglés y abarcan un periodo comprendido entre los años 2013 al 2024, considerando variables como el autor, país de origen, diseño metodológico, edad de los participantes y el enfoque terapéutico propuesto en cada estudio.

La investigación más reciente fue realizada por Ja Young Choi et al. (12) en Corea del Sur (2024), donde se desarrolló un ensayo controlado aleatorizado con un rango de edad entre 6 y 15 años, cuyo objetivo fue investigar los efectos del RAGT sobre el suelo utilizando un robot exoesquelético portátil asistido por torsión sin ataduras en niños con PCI. Por otro lado, Fidan Oznur et al. (13) elaboraron un estudio de tipo ensayo controlado aleatorizado en Turquía (2023) considerando un rango de edad de 6 a 12 años, con el propósito de examinar la efectividad del entrenamiento utilizando la RV sobre el equilibrio y la funcionalidad. Durante el año 2022 en China, Wen-Sheng Fu et al. (14) llevaron a cabo un ensayo controlado aleatorizado con participantes, de entre 6 y 11 años, cuyo propósito fue evaluar la efectividad de la RV combinada con el entrenamiento de la marcha asistido por robot (RAGT) en la mejora de la capacidad de caminar. En ese mismo año, Fabian Moll et al. (15), en Alemania, efectuaron un ensayo controlado aleatorizado con niños de entre 8 y 18 años. El estudio se centró en investigar el impacto del RAGT en la velocidad y los parámetros de la marcha.

En Egipto (2021), Somaia Hamed et al. (16) implementaron un ensayo controlado aleatorizado donde incluyeron a niños de 7 a 10 años con PCI

dipléjica espástica cuyo enfoque fue determinar los efectos de los juegos de RV en el nivel de función motora gruesa

Además, Dragana Zarkovic et al. (17) realizaron un ensayo clínico de un solo brazo, donde incluyó niños de 5 a 17 años con PCI espástica diparesia con marcha en puntillas, enfocado en investigar los cambios en el patrón de marcha después de 4 semanas de entrenamiento de la marcha asistido por robot (RAGT)

Durante el 2018 en Australia, Hsiu Ching Chu et al. (18) llevaron a cabo un ensayo clínico con niños entre 5 y 13 años, orientado a evaluar si el entrenamiento del equilibrio y la movilidad en casa utilizando Wii Fit es factible y puede proporcionar beneficios clínicos. En 2016, se consideró un estudio realizado en Corea del Sur por Chunhee Cho et al. (19), el cual involucró a niños de 4 a 16 años con PCI espástica. Este ensayo controlado aleatorizado se centró en analizar el impacto del entrenamiento en cinta rodante con RV sobre la marcha, el equilibrio, la fuerza muscular y la función motora gruesa. Por otro lado, Ji-Won Shin et al. (20), en Corea del Sur (2015), realizaron un ensayo controlado aleatorizado con niños de 4 a 8 años con PCI, para evaluar los efectos del tratamiento neurológico convencional y un programa de entrenamiento de RV sobre la coordinación ojo-mano. En el 2013, Mariusz Druzbicki et al. (21) aplicaron un ensayo clínico aleatorizado con niños de 6 a 13 años con PCI espástica diparética cuyo fin fue evaluar los efectos del entrenamiento de la marcha con ortesis

activa Lokomat mediante parámetros temporoespaciales y cinemáticos de la marcha.

4.2 Características de los Dispositivos aplicados

4.2.1 Terapia Robótica

En los artículos revisados, se identificó el uso de diversos dispositivos electrónicos diseñados para aplicaciones dentro del ámbito terapéutico y de rehabilitación. Por ejemplo, el estudio de Ja Young Choi et al. (12) emplearon el dispositivo Angel Legs M20, tamaño S (Angel Robotics Inc.) un robot portátil motorizado para miembros inferiores , mientras que Fabian Moll et al. (15) utilizaron el Hybrid Assistive Limb (HAL), tipo de miembro inferior ML-05 (Cyberdyne Inc.), para el entrenamiento de marcha. Por su parte, Wen-Sheng Fu et al. (14) llevaron a cabo un estudio utilizando el Lokomat (Hocoma AG, Suiza). Asimismo, Dragana Zarkovic et al. (17) utilizaron el Lokomat Pro (Hocoma AG, Suiza), un dispositivo robótico para la rehabilitación de la marcha. De forma similar, Mariusz Drużbicki et al. (21) hicieron uso de una ortesis activa del sistema Lokomat (Hocoma, Volketswil, Suiza), también orientada al entrenamiento locomotor asistido.

4.2.2 Realidad Virtual

La realidad virtual ha sido incorporada en diversos artículos como un recurso innovador para mejorar la motivación, el control motor y la participación activa del paciente durante la terapia. Entre los dispositivos utilizados se encuentra la consola Xbox Kinect (Xbox One Kinect, Microsoft), con adaptador y monitor LG, utilizada por Fidan Oznur et al. (13) para el entrenamiento de la fuerza mediante videojuegos. El artículo de

Chunhee Cho et al. (19) emplearon un programa de jogging de Nintendo Wii Fit Plus, mientras que Hsiu Ching Chiu et al. (18) implementaron un programa de entrenamiento con realidad virtual utilizando la consola Wii Fit, basado en ocho videojuegos: *Balance Bubble*, *Table Tilt*, *Perfect 10*, *Super Hula Hoop*, *Carrera de Obstáculos*, *Carrera de Obstáculos Definitiva*, *Salto de Esquí* y *Paso Básico*. Por su parte, Somaia Hamed et al. (16) utilizaron un dispositivo Kinect de Xbox 360 (Microsoft) como herramienta de intervención, y el estudio de Ji-won Shin et al. (20) también realizó un programa de realidad virtual utilizando la consola Nintendo Wii.

4.3 Efectos de la Terapia Robótica

4.3.1 Función Motora Gruesa

Diversos estudios han reportado mejoras significativas en la función motora gruesa tras intervenciones especializadas en niños y adolescentes con PCI. Ja Young Choi et al. (12) evaluaron el impacto del entrenamiento de marcha asistida por robot (RAGT) en comparación con terapia convencional. El grupo experimental (GE) que recibió RAGT mostró mejoras estadísticamente significativas en las puntuaciones de la GMFM-88 (diferencia de medias [DM]: 2,64; IC 95 %: 0,50–4,78), la dimensión E del GMFM-88 (DM: 2,70; IC 95 %: 0,08–5,33), y la GMFM-66 (DM: 2,52; IC 95 %: 0,42–4,63), en comparación con el grupo control (GC). Además, se observaron aumentos inmediatos del 2,7 % en GMFM-88, 2,3 % en la dimensión E y 1,2 % en GMFM-66, alcanzando todos ellos el umbral de cambio clínicamente significativo (MCID). Estas mejoras se mantuvieron

incluso en el seguimiento realizado 4 semanas después, lo que respalda la efectividad sostenida del RAGT en la recuperación funcional.

Complementando esta evidencia, Fabian Moll et al. (15) también encontraron mejoras notables en la función motora gruesa en un GE en comparación con un GC. Las puntuaciones totales del GMFM aumentaron de 68,5 % a 75,5 % en el GE, frente a un incremento menor en el GC de 64,9 % a 67,3 %. Asimismo, en las dimensiones D + E, que se relacionan con habilidades motoras complejas y locomoción, el grupo de intervención mejoró de 40,2 % a 51,9 %, mientras que el grupo control pasó de 44,3 % a 49,4 %. En conjunto, estos hallazgos demuestran que intervenciones como el entrenamiento con asistencia robótica generaron mejoras significativas y clínicamente relevantes en la función motora gruesa, superando los efectos de la terapia convencional. Además, el mantenimiento de los beneficios a corto plazo sugiere que estas estrategias podrían tener un rol importante en los planes de rehabilitación funcional a largo plazo.

4.3.2 Marcha

En relación con la marcha, el estudio de Ja Young Choi et al. (12) mostró que, en la prueba de marcha de 6 minutos (6MWT), solo el grupo que recibió caminata asistida por robot (RAGT) presentó mejoras tras 4 semanas de seguimiento; sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, lo que indica que, aunque hubo una tendencia positiva, esta no fue clínicamente relevante en términos de distancia recorrida. Por su parte, Fabian Moll et al. (15) evaluaron la marcha mediante la prueba de 10 metros (10MWT) y también con la 6MWT. En la 10MWT,

el GE redujo su tiempo promedio de $41,4 \pm 64,3$ segundos a $35,9 \pm 46,8$ segundos, mientras que el GC aumentó ligeramente de $28,3 \pm 21,8$ segundos a $30,1 \pm 30,2$ segundos. En la versión máxima de esta prueba, los tiempos mejoraron en el GE (de $28,2 \pm 39,4$ s a $25,6 \pm 34,9$ s) y empeoraron en el GC (de $21,7 \pm 17,1$ s a $23,0 \pm 26,1$ s), sin diferencias significativas. En la 6MWT, ambos grupos mostraron aumentos leves en la distancia recorrida: el GE pasó de $156,4 \pm 83,8$ metros a $168,2 \pm 85,3$ metros, y el GC de $142,6 \pm 111,4$ metros a $157,3 \pm 116,7$ metros, sin alcanzar significancia estadística. En conjunto, aunque se observaron mejoras leves en la velocidad y resistencia de la marcha en los GE, los resultados no fueron estadísticamente significativos, lo que sugiere que las intervenciones evaluadas, incluida la RAGT, podrían tener efectos limitados en la marcha funcional a corto plazo, siendo recomendable ampliar la duración o intensidad de las intervenciones para detectar cambios clínicamente relevantes.

4.3.3 Equilibrio, desempeño y control motor selectivo

En el estudio de Ja Young Choi et al. (12), se observaron mejoras significativas en varias áreas funcionales tras la intervención con caminata asistida por robot (RAGT). En cuanto al equilibrio, evaluado mediante la Escala de Equilibrio Pediátrica (PBS), el GE mostró una mejora significativamente mayor en comparación con el GC al seguimiento de 4 semanas, con una DM de 1,48 puntos (IC del 95 %: 0,03–2,94). Respecto al control motor selectivo, medido con la Escala de Control Selectivo de la Extremidad Inferior (SCALE), ambos grupos mostraron mejoras, pero sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Finalmente, en la

evaluación del desempeño funcional utilizando el Pediatric Evaluation of Disability Inventory–Computer Adaptive Test (PEDI-CAT), el GE mostró un mayor cambio en el dominio de responsabilidad (DM: 2,52; IC del 95 %: 0,42–4,63) en comparación con el GC. Sin embargo, en los dominios de actividades diarias (DM: 0,58; IC del 95 %: -0,30 a 1,46), movilidad (DM: 0,10; IC del 95 %: -1,98 a 2,18) y cognitivo-social (DM: 0,01; IC del 95 %: -1,02 a 1,04), no se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos. Estos resultados sugieren que el uso de RAGT puede tener beneficios puntuales en equilibrio y responsabilidad funcional, pero no mostró superioridad clara en otras áreas evaluadas durante el periodo de estudio.

Es importante resaltar que, en el estudio de Wen-Sheng Fu et al. (14), se evaluaron múltiples aspectos funcionales en niños mediante distintas herramientas: las dimensiones D y E del GMFM-88 para la función motora gruesa, la Prueba de Marcha de Seis Minutos (6MWT) para la capacidad de marcha y resistencia, electromiografía de superficie (EMG) para analizar la fuerza muscular del gastrocnemio, y la Escala de Ashworth Modificada para valorar el tono muscular o espasticidad del tobillo. Tras la intervención, se observaron mejoras significativas en todos los grupos ($P < 0,01$) en la actividad muscular (iEMG), frecuencia media (MF), cocontracción (CR), tono muscular, GMFM (dimensiones D y E) y 6MWT. Sin embargo, estas mejoras fueron significativamente mayores en los grupos que realizaron tareas específicas frente al GC ($P < 0,05$), lo que indica que las intervenciones basadas en tareas fueron más eficaces. En particular, el

Grupo B mostró los mayores avances en casi todos los indicadores, excepto en la cocontracción (CR), donde no se observaron diferencias significativas ($P > 0,05$). Además, entre los grupos A y C no se encontraron diferencias relevantes, salvo en la dimensión D del GMFM y en la 6MWT, donde uno de ellos tuvo mejor rendimiento ($P < 0,05$). En conjunto, los resultados destacan el efecto positivo superior de las terapias orientadas a tareas específicas sobre la función motora gruesa, fuerza, tono muscular y resistencia física, especialmente cuando se aplican con enfoques diferenciados según el tipo de tarea.

Así mismo, los efectos del entrenamiento de marcha asistida por robot en niños con PCI fueron evaluados por Dragana Zarkovic et al. (17) mediante análisis de sEMG, cinemática, cinética y parámetros espaciotemporales en distintas fases del ciclo de la marcha (IC, LR, MST, TS, PSW, ISW, MSW, TSW). Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.01$) con tamaños del efecto moderados a altos ($d = 0.3 - 0.7$) en la activación muscular de músculos clave como el bíceps femoral, recto femoral y gastrocnemios durante la fase de apoyo. A nivel cinemático, se observaron mejoras en rotación pélvica y flexión-extensión de cadera y rodilla, con control motor mejorado ($p < 0.01$; $d = 0.32$ en IC). En cuanto a la cinética, hubo un aumento en la potencia de rodilla y tobillo, lo que sugiere una mejor transmisión de fuerza y empuje. Además, se registraron mejoras espaciotemporales bilaterales, con aumentos en cadencia, longitud de paso y zancada, y reducciones en el tiempo de paso, tiempo de zancada y doble

apoyo, reflejando una marcha más eficiente y simétrica, con tamaños del efecto de $d = 0.68-0.91$. Por otro lado, el estudio de Mariusz Drużbicki et al. (21) utilizaron un análisis tridimensional de la marcha (3D) mediante el sistema BTS Smart para evaluar parámetros temporoespaciales y cinemáticos. Aunque no se hallaron diferencias significativas entre grupos en los parámetros temporoespaciales, incluida la velocidad de marcha ($p = 0.5905$), sí se encontró una mejora significativa en el rango de movimiento de la pelvis en el plano coronal derecho en el GE ($p = 0.013$), así como un aumento en la flexión máxima de cadera durante la fase de oscilación en el total de participantes ($p = 0.0065$). Además, se identificó una correlación negativa significativa entre la aducción de cadera y la velocidad de marcha ($r = -0.53$; $p = 0.0011$), lo que indica que una menor aducción está asociada con una marcha más rápida. En conjunto, ambos estudios respaldan la eficacia del entrenamiento robótico para mejorar la actividad muscular, biomecánica, control motor y parámetros de la marcha, aunque con diferencias en los efectos específicos según los sistemas utilizados y las medidas variables. Por otro lado, los resultados reportados por Fabian Moll et al. (15) indican que, aunque se observaron ligeros aumentos en la flexión pasiva de la cadera derecha en ambos grupos, estos no fueron estadísticamente significativos. En el GE, la flexión pasó de $105,4^\circ$ a $106,5^\circ$, mientras que en el GC el aumento fue algo mayor, de $101,3^\circ$ a $105,8^\circ$. A pesar de estos cambios, los datos sugieren que la intervención aplicada no tuvo un efecto claro ni significativo sobre el rango de movimiento pasivo de la cadera, por lo que su impacto sobre esta variable específica es limitado.

4.4 Efectos de la Realidad Virtual

4.4.1 Función Motora Gruesa

En relación con la función motora gruesa, el estudio de Chunhee Cho et al. (19) evidenciaron mejoras significativas tras el entrenamiento en ambos grupos evaluados mediante la escala GMFM. En el dominio de bipedestación, el grupo que recibió entrenamiento con realidad virtual combinado con terapia tradicional (VRTT) mejoró de 63,1% a 72,2%, mientras que el grupo con terapia tradicional (TT) pasó de 62,0% a 65,2%, siendo esta diferencia significativamente mayor en el grupo VRTT ($p < 0,05$). En el dominio de caminar, correr y saltar, ambos grupos también mostraron mejoras significativas: el grupo VRTT de 52,7% a 57,9% y el grupo TT de 47,1% a 51,2% ($p < 0,05$); sin embargo, en este caso, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos, lo que sugiere que, aunque ambas intervenciones son efectivas para mejorar habilidades dinámicas, la combinación con realidad virtual tiene un mayor impacto específicamente en actividades estáticas como la bipedestación.

Por otro lado, en el estudio de Somaia Hamed et al. (16), también se evaluó la función motora gruesa utilizando la GMFM. Antes del estudio, ambos grupos presentaban medianas entre 30% y 60%, sin diferencias significativas ($p = 0,838$). Después de la intervención, el GE mostró una mejora considerable, alcanzando una mediana entre 60% y 90%, mientras que el GC se mantuvo entre 30% y 60%, con una diferencia significativa a favor del GE ($p = 0,033$). Además, el análisis intragrupo reveló que solo el GE experimentó una mejora significativa antes y después de la intervención

($p = 0,001$), mientras que el GC no mostró cambios estadísticamente significativos ($p = 0,317$), lo que confirma la efectividad de la intervención aplicada en el GE.

Adicionalmente, la clasificación funcional mediante el GMFCS mostró que ambos grupos tenían una mediana de nivel III antes del estudio ($p = 0,935$) y que esta se mantuvo igual después ($p = 0,806$). No obstante, al analizar los cambios dentro de cada grupo, solo el GE presentó una mejora significativa ($p = 0,025$), mientras que el GC nuevamente no presentó diferencias significativas ($p = 0,083$). En conjunto, estos resultados sugieren que las intervenciones más intensivas o tecnológicamente asistidas como el uso de realidad virtual o programas estructurados son más eficaces para mejorar tanto la función motora gruesa (GMFM) como la clasificación funcional (GMFCS) en niños con PCI, en comparación con las terapias convencionales terapia tradicional (VRTT) mejoró de 63,1 a 72,2, mientras que el grupo con terapia tradicional (TT) pasó de 62,0 a 65,2, siendo esta diferencia significativamente mayor en el grupo VRTT ($p < 0,05$). En el dominio de caminar, correr y saltar, ambos grupos también mostraron mejoras significativas: el grupo VRTT de 52,7 a 57,9 y el grupo TT de 47,1 a 51,2 ($p < 0,05$); sin embargo, en este caso, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos, lo que sugiere que, aunque ambas intervenciones son efectivas para mejorar habilidades dinámicas, la combinación con realidad virtual tiene un mayor impacto específicamente en actividades estáticas como la bipedestación.

4.4.2 Fuerza Muscular

En cuanto a la fuerza muscular, los estudios de Hsiu Ching Chiu et al. (18) y Chunhee Cho et al. (19) demostraron mejoras significativas tras las intervenciones aplicadas. En el estudio de Hsiu Ching Chiu et al. (18), la fuerza fue evaluada mediante un dinamómetro PowerTrack II Commander, observándose aumentos estadísticamente significativos en varios grupos musculares. La fuerza de los dorsiflexores se incrementó en 2,2 N·m (IC del 95 %: 1,1 a 3,2; $p < 0,001$), la de los flexores plantares también en 2,2 N·m (IC del 95 %: 1,3 a 3,1; $p < 0,001$), y la fuerza del cuádriceps mostró un aumento aún más destacado de 7,8 N·m (IC del 95 %: 5,2 a 10,5; $p < 0,001$). Estos hallazgos reflejan una mejora significativa en la capacidad de generación de fuerza en los grupos musculares clave para la marcha y el equilibrio, evidenciando un efecto positivo de la intervención sobre la función neuromuscular en la extremidad más afectada.

Por otro lado, el estudio de Chunhee Cho et al. (19) utilizaron una Prueba Muscular Manual para medir la fuerza de extensión y flexión de rodilla en ambos grupos (VRTT y TT). Después del entrenamiento, la fuerza de extensión de la rodilla izquierda aumentó de 18,9 a 29,1 N en el grupo VRTT y de 15,2 a 18,2 N en el grupo TT; la rodilla derecha pasó de 20,4 a 30,2 N en VRTT y de 14,3 a 18,5 N en TT ($p < 0,05$), siendo estas mejoras significativamente mayores en el grupo VRTT. En cuanto a la fuerza de flexión, la rodilla izquierda mejoró de 7,1 a 11,5 N en VRTT y de 6,7 a 7,9 N en TT, mientras que la derecha aumentó de 8,6 a 11,9 N en VRTT y de 6,9 a 8,3 N en TT ($p < 0,05$). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre los grupos en la flexión de la rodilla derecha. En

conjunto, ambos estudios respaldan que las intervenciones aplicadas, especialmente aquellas con componentes específicos como realidad virtual (VRTT) o entrenamientos dirigidos, aumentan la fuerza muscular en los principales grupos responsables de la locomoción, aunque los efectos son más notables en la extensión que en la flexión.

4.4.3 Marcha y Equilibrio

En cuanto a los efectos sobre la marcha y el equilibrio, los estudios de Hsiu Ching Chiu et al. (18) y Chunhee Cho et al. (19) mostraron mejoras significativas tras las intervenciones. En el estudio de Hsiu Ching Chiu et al. (18), los participantes evidenciaron avances funcionales relevantes: en la prueba de marcha de 10 metros (10MWT), la velocidad preferida aumentó en 0,25 m/s (IC del 95 %: 0,09 a 0,41; $p = 0,004$), mientras que la velocidad rápida mejoró en 0,24 m/s (IC del 95 %: 0,13 a 0,35; $p = 0,0001$). Asimismo, en la prueba de marcha de 6 minutos (6MWT), la distancia recorrida se incrementó en 28 metros (IC del 95 %: 10 a 45; $p = 0,004$), lo que indica una mejora tanto en la velocidad como en la resistencia de la marcha.

Por su parte, el estudio de Chunhee Cho et al. (19) utilizaron tres pruebas: PBS (Escala Pediátrica de Equilibrio), 10MWT y 2MWT (marcha de 2 minutos). La puntuación en PBS aumentó de 31,3 a 34,6 en el grupo con entrenamiento combinado con realidad virtual (VRTT) y de 28,1 a 30,2 en el grupo con terapia tradicional (TT), siendo el cambio significativamente mayor en el grupo VRTT ($p < 0,05$), lo que refleja una mejora más marcada en el equilibrio dinámico. En cuanto a la velocidad de marcha (10MWT), el grupo VRTT mejoró de 0,44 a 0,89 m/s, mientras que el grupo TT pasó de

0,51 a 0,69 m/s, con una ganancia también significativamente superior en el grupo VRTT ($p < 0,05$). Finalmente, en el 2MWT, el grupo VRTT incrementó su distancia de 54,83 a 116,07 metros, frente al grupo TT, que mejoró de 72,87 a 88,87 metros, mostrando nuevamente una mejora significativamente mayor en el grupo con realidad virtual ($p < 0,05$).

En conjunto, ambos estudios evidencian que las intervenciones aplicadas especialmente aquellas que incorporan tecnologías como la realidad virtual mejoran significativamente la velocidad, la resistencia en la marcha y el equilibrio funcional, contribuyendo a una mayor independencia y movilidad en niños y adolescentes con PCI u otras condiciones motoras.

4.4.4 Participación

En cuanto a la participación, el estudio de Hsiu Ching Chiu et al. (18) evaluaron este aspecto utilizando la Escala de Asistencia a la Participación, observando una mejora significativa en la independencia de los participantes tras la intervención. Específicamente, se registró un incremento de 1,4 puntos en dicha escala (IC del 95 %: 0,0 a 2,8; $p = 0,04$), lo cual indica que los niños requirieron menos asistencia para involucrarse en actividades cotidianas. Este resultado sugiere un avance en la autonomía funcional, así como en la capacidad de participar activamente en la vida diaria, lo que constituye un aspecto clave en los procesos de rehabilitación pediátrica.

4.4.5 Habilidad Motora Fina

En el estudio de Ji-won Shin et al. (20), se evaluaron las habilidades perceptivo-motoras utilizando la Prueba Coreana de Desarrollo de la

Percepción Visual (K-DTVP-2), observándose mejoras significativas tanto en el GC como en el GE en dos áreas clave: la coordinación ojo-mano (EHC) y la velocidad visomotora (VMS), con valores de $p < 0,05$ en ambos grupos. En el CG, la coordinación ojo-mano aumentó de $150,0 \pm 15,4$ a $167,8 \pm 12,9$, mientras que en el GE mejoró de $129,0 \pm 47,0$ a $143,5 \pm 36,4$. En cuanto a la velocidad visomotora, el CG pasó de $17,5 \pm 8,2$ a $26,9 \pm 7,5$, y el GE de $15,5 \pm 9,7$ a $22,8 \pm 10,4$. Aunque estas mejoras fueron estadísticamente significativas dentro de cada grupo, no se reportaron diferencias significativas entre los grupos en cuanto al grado de mejora. Estos resultados sugieren que ambos enfoques terapéuticos fueron efectivos para optimizar las funciones perceptivo-motoras en niños, mejorando tanto la coordinación ojo-mano como la velocidad visomotora.

Finalmente, Fidan Oznur et al. (13) evaluaron la función motora gruesa mediante la Medición de la Función Motora Gruesa-88 (GMFM-88), el equilibrio con la Escala de Equilibrio Pediátrica (PBS), la fuerza, resistencia, equilibrio y coordinación funcional a través del Inventario de Evaluación de Discapacidad Pediátrica (PEDI), así como la calidad del movimiento mediante la prueba de calidad de las habilidades de las extremidades superiores (QUEST). Después de 8 semanas, ambos grupos mostraron mejoras significativas en PBS, alcance funcional (FRT), STST y GMFM-88 ($p < 0,05$); sin embargo, en el GE solo la puntuación total de QUEST aumentó significativamente ($p < 0,05$), mientras que en el GC mejoraron tanto la puntuación total como las subescalas de movimiento disociado y carga de peso ($p < 0,05$). En relación con el PEDI, el GE

presentó mejoras en la puntuación total y en la subescala de movilidad ($p < 0,05$), mientras que el grupo control evidenció avances en autocuidado, movilidad y puntuación total ($p < 0,05$). Respecto al tamaño del efecto (d de Cohen), este fue moderado en FRT (0,30–0,80) para el GE y menor ($< 0,30$) en PBS, STST, GMFM, QUEST y PEDI; en contraste, en el GC el impacto fue moderado en FRT y STST (0,30–0,80) y menor en las demás medidas. Finalmente, al comparar ambos grupos, el GCI mostró mejoras significativamente mayores en las puntuaciones totales de QUEST y en todas sus subescalas, excepto en agarre ($p < 0,05$).

V. DISCUSIÓN

En relación con la función motora gruesa, la evidencia comparativa muestra resultados consistentes pero con matices relevantes según la intervención aplicada. En el caso de la terapia robótica (TR), Ja Young Choi et al. (12) reportó mejoras significativas en el GE en las puntuaciones de GMFM-88, GMFM-66 y la dimensión E, con incrementos inmediatos que alcanzaron el MCID y se mantuvieron en el seguimiento, lo que demuestra la efectividad sostenida del RAGT; hallazgos similares fueron obtenidos por Fabian Moll et al. (15), quien evidenció incrementos mayores en el GE frente al GC tanto en las puntuaciones totales del GMFM (68,5 % a 75,5 % vs. 64,9 % a 67,3 %) como en las dimensiones D+E (40,2 % a 51,9 % vs. 44,3 % a 49,4 %). Wen-Shen Fu et al. (14) reforzó esta tendencia al mostrar que los grupos que realizaron tareas específicas mejoraron significativamente más que el GC en las dimensiones D y E, mientras que Li Hua Jin et al. (22) confirmaron que el uso del Walkbot-K favoreció la función locomotora y la capacidad funcional en actividades cotidianas. Sin embargo, la revisión de Conner et al. (23) indicó que no siempre se observaron diferencias significativas entre la TR y las intervenciones convencionales en variables como la prueba de caminata de seis minutos o la velocidad de marcha, lo que introduce cierta controversia sobre la magnitud real del efecto. En contraste, los estudios con realidad virtual (RV) también reportan beneficios notables: Chunhee Cho et al. (19) evidenció mejoras significativas en ambos grupos en bipedestación y movilidad dinámica, aunque la RV mostró un mayor impacto en tareas estáticas como la bipedestación; Somaia A. Hamed et al. (16) demostró un aumento significativo en el GE (60 %–90 %) frente

a la estabilidad del GC (30 %–60 %), con diferencias estadísticamente significativas a favor de la RV; y Fidan Oznur et al. (13) reportó mejoras significativas en equilibrio y función motora (PBS, FRT, STST y GMFM-88) tras ocho semanas de intervención. En conjunto, tanto la TR como la RV muestran efectos positivos en la función motora gruesa, aunque la TR destaca por la sostenibilidad de sus resultados y la especificidad en dimensiones locomotoras, mientras que la RV potencia principalmente el equilibrio y ciertas habilidades funcionales, sugiriendo que ambas modalidades, aunque efectivas, presentan beneficios diferenciados y complementarios en el abordaje de la PCI.

En comparación con el estudio de Juntaek Hong et al. (24), que evidenció mejoras significativas en la marcha mediante RAGT sobre el suelo con un exoesqueleto portátil, destacando además la seguridad, la intensidad del entrenamiento y la satisfacción de los niños, los hallazgos de otros autores muestran resultados más heterogéneos. Por ejemplo, Ja Young Choi et al. (12) y Fabian Moll et al. (15) reportaron que, aunque se observaron ligeras mejoras en la prueba de 6MWT, estas no alcanzaron significancia estadística ni relevancia clínica, lo que contrasta con la contundencia de los efectos descritos por Juntaek Hong et al. (24). En cambio, Wen - Shen Fu et al. (14) encontró incrementos significativos en distancia y velocidad en pruebas como la 6MWT y la 2MWT, lo que se alinea parcialmente con los resultados positivos de Juntaek Hong et al. (24). De forma complementaria, Dragana Zarkovic et al. (17) documentó mejoras espaciotemporales bilaterales como mayor cadencia, longitud de paso y simetría de la marcha

con tamaños de efecto considerables, y Mariusz Druzbicki et al. (21) reportó cambios específicos en la cinemática de la pelvis y la cadera, sugiriendo que la TR puede influir en patrones de movimiento más allá de la distancia recorrida. Por otro lado, los estudios con realidad virtual refuerzan la evidencia de mejoras funcionales: Hsiu Ching Chiu et al. (18) demostró incrementos tanto en velocidad (10MWT) como en resistencia (6MWT), mientras que Chunhee Cho et al. (19) observó un efecto superior del entrenamiento combinado con RV frente a la terapia tradicional, con mejoras significativas en equilibrio dinámico (PBS) y velocidad de marcha. En conjunto, aunque algunos trabajos como los de Ja Young Choi et al. (12) y Fabian Moll et al. (15) ponen en duda la magnitud del impacto de la TR en la marcha, los resultados de Juntaek Hong et al. (24), Wen - Shen Fu et al. (14), Dragana Zarkovic et al. (17) y los estudios con RV Hsiu Ching Chiu et al. (18) y Chunhee Cho et al. (19) sugieren que, cuando se aplican protocolos intensivos y tecnologías innovadoras, se logran mejoras clínicas y funcionales relevantes, consolidando la efectividad de la RAGT y la RV como estrategias complementarias en la rehabilitación de la marcha.

En comparación con el estudio de Pourazar et al. (25), que demostró una mejora significativa del equilibrio tras la terapia de retroalimentación virtual (TRV), otros trabajos ofrecen resultados consistentes que refuerzan esta conclusión. Por ejemplo, Chunhee Cho et al. (19) evidenció que el grupo con entrenamiento combinado con realidad virtual (VRTT) mejoró de manera más marcada en la escala PBS respecto al grupo con terapia tradicional, lo que confirma la efectividad de la integración tecnológica en

el equilibrio dinámico. De manera similar, Fidan Oznur et al. (13) reportó mejoras significativas en PBS tras 8 semanas de intervención con RV, lo que coincide directamente con los hallazgos de Pourazar et al. (25) y subraya la efectividad sostenida de estos programas en la estabilidad postural. Por otro lado, aunque el estudio de Hsiu Ching Chiu et al. (18) se centró principalmente en la marcha, mostró incrementos relevantes en velocidad y resistencia (10MWT y 6MWT), lo que sugiere que las intervenciones basadas en realidad virtual no solo impactan en la locomoción, sino que también pueden relacionarse con un mejor control postural, dada la estrecha vinculación entre equilibrio y capacidad de desplazamiento. En conjunto, la evidencia disponible respalda y complementa los hallazgos de Pourazar et al. (25), indicando que las intervenciones que incorporan tecnologías de realidad virtual generan mejoras significativas tanto en el equilibrio como en parámetros funcionales de la marcha, contribuyendo a una mayor independencia y movilidad en niños con PCI.

Otros estudios han demostrado efectos positivos en la independencia y la participación funcional tras el uso de tecnologías en la rehabilitación pediátrica. Por ejemplo, Hsiu Ching Chiu et al. (18) evidenció mediante la Escala de Asistencia a la Participación un incremento significativo de 1,4 puntos ($p = 0,04$), indicando que los niños necesitaron menos apoyo para involucrarse en actividades cotidianas, lo que refleja un avance en su autonomía. De manera complementaria, Fidan Oznur et al. (13) utilizó el PEDI y el QUEST, encontrando mejoras en la movilidad y puntuación total

del GE, mientras que el GC mostró progresos aún más amplios en varias subescalas de ambos instrumentos, aunque con diferencias en la magnitud de los cambios entre grupos. En este contexto, el estudio de Miraç Sezer Urgan et al. (26), que evaluó el entrenamiento con Nintendo Wii en niños con PCI hemipléjica, coincide al mostrar incrementos significativos en las puntuaciones totales del PEDI y en la subescala de movilidad, confirmando que las intervenciones basadas en realidad virtual y videojuegos activos no solo favorecen el rendimiento motor, sino que también mejoran la independencia y la participación en la vida diaria.

Diversos estudios han evaluado la fuerza muscular (FM) y el rango de movimiento (ROM) tras intervenciones con realidad virtual o terapia robótica, mostrando resultados heterogéneos. Hsiu Ching Chiu et al. (18) reportó incrementos significativos en varios grupos musculares mediante dinamometría, con mejoras destacadas en los dorsiflexores, flexores plantares y cuádriceps, mientras que Chunhee Cho et al. (19) encontró aumentos en extensión y flexión de rodilla, aunque sin diferencias significativas entre grupos, lo que sugiere un impacto más marcado en la extensión que en la flexión. Por su parte, Wen - Shen Fu et al. (14) evidenció mejoras significativas en la actividad muscular, tono, GMFM y resistencia, siendo más pronunciadas en grupos que realizaron tareas específicas, lo que resalta la importancia de intervenciones funcionalmente orientadas. En cuanto al ROM, Fabian Moll et al. (15) señaló que, pese a observarse aumentos leves en la flexión pasiva de cadera en ambos grupos, estos no alcanzaron significancia estadística, lo que limita la evidencia sobre los

efectos de la TR en esta variable. En este contexto, el estudio de Burdea et al. (27) se alinea con los hallazgos más favorables, al demostrar incrementos significativos en la fuerza muscular de dorsiflexión y flexión plantar del tobillo tras 12 semanas de entrenamiento con juegos interactivos en realidad virtual asistida por robótica, lo que confirma que el uso de entornos virtuales lúdicos puede ser una estrategia efectiva para potenciar la fuerza en niños con PCI.

5.1. Limitaciones

Es importante reconocer que esta revisión de alcance tiene ciertas limitaciones que pueden influir en la interpretación de los resultados. Entre ellas, se destacan:

La heterogeneidad en la dosificación de las intervenciones, es decir, la variabilidad en la duración, frecuencia e intensidad de los tratamientos descritos en los estudios, dificulta una comparación precisa entre ellos y puede afectar la validez de las conclusiones. Del mismo modo, la diversidad de la población estudiada, que abarca individuos con diferentes tipos y niveles de parálisis cerebral infantil (PCI), presenta características y patrones motores diversos. Esta variabilidad limita la generalización de los resultados, ya que las respuestas a las intervenciones pueden diferir según el grado de afectación.

Además, la falta de una clasificación específica según el GMFCS constituye una limitación relevante, pues no considerar este aspecto en la evaluación de los resultados puede influir en la interpretación de los hallazgos,

ocultando posibles diferencias en la efectividad de las intervenciones de acuerdo con el nivel de discapacidad motora.

Por otra parte, una de las principales limitaciones identificadas es la escasa literatura disponible sobre la motricidad fina en intervenciones basadas en terapia robótica y realidad virtual en niños con PCI. La mayoría de los estudios se centran en la motricidad gruesa y en la mejora de la marcha, mientras que las investigaciones dirigidas a las habilidades manuales, la destreza y la coordinación fina son reducidas o presentan muestras pequeñas. Esta carencia de evidencia limita la posibilidad de establecer conclusiones sólidas sobre la eficacia de estas tecnologías en la mejora de la función motora fina dentro de esta población.

VI. RECOMENDACIONES

Se sugiere que futuras investigaciones se enfoquen en evaluar los beneficios de las intervenciones combinadas de terapia de robótica y realidad virtual en niños y adolescentes con PCI, dado que la mayoría de la literatura actual se centra en evaluar estos abordajes de manera independiente. Además, analizar y evaluar el impacto de estas intervenciones en la funcionalidad, dependencia y calidad de vida, así como en la motricidad fina, un área que ha sido poco explorada en la literatura existente. De igual forma, se recomienda que los estudios futuros utilicen muestras más grandes y representativas para evitar resultados sesgados y aumentar la credibilidad de los hallazgos. Por otro lado, considerar un seguimiento post-intervención para evaluar la sostenibilidad de los resultados y determinar la efectividad a largo plazo de los abordajes terapéuticos, lo que permitiría una mejor comprensión de su impacto duradero. Finalmente, se requieren más estudios para mapear la efectividad de estos abordajes en comparación con otros tipos de intervenciones, con el fin de identificar las mejores opciones terapéuticas y optimizar los resultados en pacientes con PCI.

VII. CONCLUSIONES

1. Los resultados de los diez artículos analizados mostraron, en su mayoría (90 %), hallazgos favorables, evidenciando que las intervenciones fisioterapéuticas basadas en terapia robótica y realidad virtual generan efectos positivos en la función motora de niños y adolescentes con PCI. Se observaron mejoras significativas en la función motora gruesa, fuerza muscular, equilibrio y marcha, lo que repercutió favorablemente en la coordinación y la percepción visual. En conjunto, la evidencia confirma que estas tecnologías superan los resultados de la terapia convencional, con incrementos relevantes en las escalas GMFM-88 y GMFM-66 reflejando avances clínicamente significativos en control postural y locomoción. La terapia robótica demostró beneficios sostenidos a corto plazo, mientras que la realidad virtual, especialmente combinada con terapia tradicional, mostró mayor impacto en la bipedestación y el equilibrio. Estos hallazgos respaldan la incorporación de tecnologías asistidas en los programas de tratamiento pediátrico, al ofrecer mejoras notables en la funcionalidad y calidad de vida de los niños con PCI.
2. La variedad de tecnologías empleadas en los estudios incluyó dispositivos de realidad virtual y terapia robótica, con una notable diversidad. En el caso de la realidad virtual, el 40 % de los estudios (2 de 5) utilizaron la consola Xbox Kinect en sus versiones 360 y One, mientras que, el otro 40 % (2 de 5) correspondió al Nintendo

Wii y el 20% restante (3 de 5) al Wii Fit. Respecto a la terapia robótica, el 60 % de los estudios (3 de 5) emplearon el dispositivo Lokomat (Hocoma AG), en tanto que los demás utilizaron tecnologías como Angel Legs M20 y HAL-ML05. Esta variedad de dispositivos utilizados en las investigaciones muestra resultados positivos en la función motora gruesa de niños y adolescentes con PCI.

3. La revisión evidenció mejoras significativas en fuerza muscular, ROM, equilibrio y marcha en los participantes. El 30% de los estudios incluidos encontraron un aumento significativo en la fuerza muscular, específicamente en los músculos cuádriceps, gastrocnemio, extensores y flexores de rodilla, plantiflexores y dorsiflexores de tobillo. Un estudio (10%) informó una tendencia a mejorar el rango articular en flexión de cadera, sin embargo, no se obtuvieron mejoras notables en otros rangos articulares. Además, se encontraron mejoras en la marcha en el 70% de los estudios, en el equilibrio y en la estabilidad postural solo el 30%, lo que sugiere que el uso de tecnologías como la realidad virtual y la terapia robótica es efectiva para mejorar la función motora en niños con PCI.
4. De los diez estudios evaluados, se evidenció que solo el 70% comparó la terapia robótica o la realidad virtual frente a la terapia convencional, los cuales reportaron mejoras considerables en la

marcha, el equilibrio, las habilidades motoras gruesas, las puntuaciones totales del GMFM-88 y los resultados de los niveles del GMFCS en comparación con la terapia convencional, lo que sugiere una mayor efectividad de estas intervenciones como tratamiento terapéutico.

5. Estos abordajes terapéuticos demostraron tener un impacto positivo en la calidad de vida de los niños con PCI , al aumentar su independencia en la participación y mejorar sus habilidades para la vida diaria, incluyendo el autocuidado y la movilidad. Esto se evidenció en el 30% de los estudios, que utilizaron pruebas estandarizadas como el PEDI, PEDI-CAT y la Escala de Asistencia a la Participación para medir estos cambios positivos.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Patel DR, Neelakantan M, Pandher K, Merrick J. Parálisis cerebral infantil: una perspectiva clínica. Translational Pediatrics [Internet]. 2020 [citado 12 de diciembre del 2025] Disponible en: <https://tp.amegroups.org/article/view/35534/html>
2. Llorente L, Robles K. Terapia lokomat en pacientes con parálisis cerebral y síndromes atáxicos: Experiencia del instituto de rehabilitación infantil Teletón de concepción - Chile. [Internet]. Chile. Revista Médica Clínica Las Condes. (2014) [citado el 12 de diciembre de 2024] Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864014700355>
3. Chen Y, Fanchiang H, Howard A. Efectividad de la realidad virtual en niños con parálisis cerebral: una revisión sistemática y metaanálisis de ensayos controlados aleatorios. [Internet]. USA. Physical Therapy and Rehabilitation Journal. 2018. [Citado el 14 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://academic.oup.com/ptj/article/98/1/63/4562627?login=false>
4. Lavender K. Sistema de clasificación de la función motora gruesa. [Internet]. EEUU. Cerebralpalsyguide.com. 2025. [Citado el 3 de octubre del 2025]. Disponible en: <https://www.cerebralpalsyguide.com/cerebral-palsy/gross-motor-fu>
5. Valdivia JP, Sánchez J. Nivel de clasificación de la función motora gruesa en niños con parálisis cerebral de una institución pediátrica de alta complejidad en Perú. [Internet]. Perú. Investig Innov Clin

- Quir Pediatr. 2023 [Citado el 3 de octubre del 2025]. Disponible en: <https://investigacionpediatrica.insnsb.gob.pe/index.php/iccqp/articloe/view/10>
6. Choi JY. Medición de la función motora en niños: Gross Motor Function Measure (GMFM). [Internet]. Corea del Sur. Ann Rehabil Med. 2024 [Citado el 3 de octubre del 2025]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11540451/>
 7. Rodriguez A. Uso de la robótica y la tecnología en la rehabilitación de la marcha en niños con parálisis cerebral. [Internet]. España: Universidad de Valladolid. (2019) [Citado 18 de diciembre del 2024] Disponible en: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/38781>
 8. Banyai A, Brisan C. Robótica en la rehabilitación física: revisión sistemática. [Internet] Rumania: Universidad Técnica de Cluj-Napoca (2024) [Citado 18 de diciembre del 2024] Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11395122/>
 9. Iberdrola. com. Realidad virtual: La tecnología del futuro. [Sede web] Iberdrola. com. [Citado 18 de diciembre del 2024] Disponible en: <https://www.iberdrola.com/innovacion/realidad-virtual>
 10. Monge E, Molina F, Alguacil I, Cano de la Cuerda R, de Mauro A, Miangolarra J. Empleo de sistemas de realidad virtual como método de propiocepción en parálisis cerebral: guía de práctica clínica. [Internet]. Neurología. España. 2014. [Citado 20 de diciembre del 2024] Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-neurologia->

295-articulo-empleo-sistemas-realidad-virtual-como-S0213485312000047

11. Olmos R, Calvo I, Gómez A. Tratamiento con el entrenador de marcha asistido por robot Walkbot junto con fisioterapia vs. fisioterapia aislada en niños y adolescentes con parálisis cerebral. Estudio experimental. [Internet]. BMC Neurology. España. 2024 . [Citado 15 de enero del 2025] Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/3091291174?pq-origsite=primo&sourcetype=Scholarly%20Journals>
12. Choi J, Kim F. Entrenamiento de la marcha sobre el suelo con un robot portátil en niños con parálisis cerebral. Jama Network [Internet] República de Corea. 2024 [Citado 15 de enero del 2025] Disponible en: <https://jamanetwork.com/journals/jamanetworkopen/fullarticle/2821278>
13. Fidan O, Genc A. Efecto del entrenamiento en realidad virtual sobre el equilibrio y la funcionalidad en niños con Parálisis cerebral: Un ensayo controlado aleatorizado. Revista Turca de Fisioterapia y Rehabilitación [Internet] Turquía. 2023 [Citado 15 de enero del 2025] Disponible en: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2058043>
14. Fu W, Song Y, Wu B, Qu C, Zhao J. Realidad virtual combinada con entrenamiento de la marcha asistido por robot para mejorar la capacidad de caminar en niños con parálisis cerebral: Un ensayo

- controlado aleatorizado. Technol Health Care [Internet] China. 2022 [Citado 15 de enero del 2025] Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3233/THC-212821>
15. Moll F, Kessel A, Bonetto A, Stresow J, Herten M , Dudda M, Adermann J. Uso de robot: entrenamiento de la marcha asistido en pacientes pediátricos con parálisis cerebral en un entorno hospitalario: un ensayo controlado aleatorizado. [Internet]. Sensors. Alemania. 2022 [Citado 15 de enero del 2025] Disponible en: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/24/9946#>
16. Hamed S, Waked N, Helmy A. Efecto de los juegos de realidad virtual sobre el nivel de rendimiento motor en niños con parálisis cerebral espástica. [Internet]. Physiotherapy Quarterly. Egipto. 2021 [Citado 15 de enero del 2025] Disponible en: <https://physioquart.awf.wroc.pl/Effect-of-virtual-reality-games-on-motor-performance-level-in-children-with-spastic,140154,0,2.html>
17. Žarković D, Šorfova M, Tufano JJ, Kutílek P, Vítečková S, Ravník D. Cambios en la marcha tras el entrenamiento de la marcha asistido por robot en niños con parálisis cerebral. [Internet]. Physiol Res. República Checa 2021. [Citado el 3 de octubre del 2025]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8884401/>
18. Chiu H, Ada L, Lee Sh. Entrenamiento de equilibrio y movilidad en casa mediante *Wii Fit* en niños con parálisis cerebral: un estudio de viabilidad. [Internet]. BMJ Open. Australia. 2018 [Citado 15 de

enero del 2025] Disponible en:

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5961583/>

19. Cho Ch, Hwang W, Hwang S, Chung Y. El entrenamiento en cinta con realidad virtual mejora la marcha, el equilibrio y la fuerza muscular en niños con parálisis cerebral. [Internet]. The Tohoku Journal of Experimental Medicine. República de Corea. 2016 [Citado 15 de enero del 2025] Disponible en: https://www.jstage.jst.go.jp/article/tjem/238/3/238_213/_html/-char/en
20. Shin J-W, Song G-B, Hwangbo G. Efectos del tratamiento neurológico convencional y de un programa de entrenamiento en realidad virtual sobre la coordinación ojo-mano en niños con parálisis cerebral [Internet]. *Journal of Physical Therapy Science*. 2015. [Citado el 03 de octubre de 2025]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26311943/>
21. Drużbicki M, Rusek W, Snela S, Dudek J, Szczepanik M, Zak E, Durmala J, Czernuśzenko A, Bonikowski M, Sobota G. Efectos funcionales de la terapia locomotora asistida por robot en cinta de correr en niños con parálisis cerebral. [Internet] *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2013 [Citado 03 de octubre del 2025] Disponible en: <https://medicaljournalssweden.se/jrm/article/view/15837>
22. Jin L, Yang S, Choi J. y Min Kyun Sohn. El efecto del entrenamiento de la marcha asistido por robot en la función locomotora y la

capacidad funcional para las actividades diarias en niños con parálisis cerebral: un ensayo cruzado, aleatorizado y simple ciego.[Internet] Brain Sciences. República de Corea. 2020 [Citado 03 de octubre del 2025] Disponible en: <https://www.google.com/url?q=https://www.mdpi.com/2076-3425/10/11/801&sa=D&source=docs&ust=1759298722379200&usg=AOvVaw0hCCv89Iv-dwFDnigN7V7F>

23. Conner B, Remec N, y Lerner Z. ¿Es eficaz el entrenamiento robótico de la marcha para personas con parálisis cerebral? Una revisión sistemática y un metaanálisis de ensayos controlados aleatorizados. [Internet] Clinical Rehabilitation. Estados Unidos. 2022 [Citado 03 de octubre del 2025] Disponible en: <https://www.google.com/url?q=https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/02692155221087084&sa=D&source=docs&ust=1759298757752066&usg=AOvVaw0wc97at6sCQQ0dZzd4mzAG>

24. Hong J, Lee J, Choi T, Choi W, Kim T, Kwak K, Kim S, Kim K y Kim D. Viabilidad del entrenamiento de la marcha sobre el suelo mediante un robot exoesquelético portátil con asistencia de torsión articular en niños con lesión cerebral estática. [Internet] Sensors. República de Corea. 2022 [Citado 03 de octubre del 2025] Disponible en: <https://www.google.com/url?q=https://www.mdpi.com/1424-8220/22/10/3870&sa=D&source=docs&ust=1759299005802128&usg=AOvVaw2Ns2UkICplHWj4mgmfBvhs>

25. Pourazar M, Bagherzadeh F, Mirakhori F. El entrenamiento con realidad virtual mejora el equilibrio dinámico en niños con parálisis cerebral. *Int J Dev Disabil* [Internet]. 2019.[Citado 03 de de octubre del 2025] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/20473869.2019.1679471>
26. Urgan M. , Akbayrak T , Günel M., Çankaya O , Güçhan Z , Türkyılmaz E. Investigación de los efectos del entrenamiento NintendoWii-Fit sobre el equilibrio y el rendimiento motor avanzado en niños con parálisis cerebral hemipléjica espástica: un ensayo controlado aleatorio.Revista Internacional de Investigación en Terapias y Rehabilitación. 2016.[Citado 03 de octubre del 2025] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/302982872_Investigation_of_the_effects_of_the_NintendoWii-Fit_training_on_balance_and_advanced_motor_performance_in_children_with_spastic_hemiplegic_cerebral_palsy_A_Randomized_Controlled_Trial
27. Burdea GC, Cioi D, Kale A, Janes WE, Ross SA, Engsberg JR. Robótica y videojuegos para mejorar la fuerza del tobillo, el control motor y la función en niños con parálisis cerebral: una serie de estudios de caso. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* [Internet]. 2013. [Citado 03 de octubre del 2025] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1109/TNSRE.2012.2206055>

28. Gonzales J. ¿En qué consiste la terapia robótica y qué posibilidades ofrece? [Internet]. Inrobics.com. 2023. España. [Citado 15 de enero del 2025] Disponible en: <https://inrobics.com/terapia-robotica-posibilidades-ofrece/>
29. Real Academia Española. Diccionario de la lengua española. Definición de Realidad Virtual [Sede web]. Madrid: RAE. 2014. [Citado 15 de enero del 2025] Disponible en: <https://dle.rae.es/realidad>
30. AprendiendoJuntosNeuropsi.com ¿Qué son las habilidades motoras? [Sede web]. AprendiendoJuntosNeuropsi.com. España: Granada. 2020. [Citado 15 de enero del 2025] Disponible en: <https://www.aprendiendojuntosneuropsi.com/post/qu%C3%A9-son-las-habilidades-motoras>
31. Definicion.de. Definición de niño [Sede web]. Definición.de. [Citado 18 de enero del 2025] Disponible en: <https://definicion.de/nino/>
32. Borrás T. Adolescencia: definición, vulnerabilidad y oportunidad. [Internet]. Holguín. Scielo (2014). [Citado 18 de enero del 2025] Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1560-43812014000100
33. Clínica Universidad de Navarra Parálisis cerebral infantil: Síntomas, diagnóstico y tratamiento. [Internet] Madrid: Clínica Universidad de Navarra. [Citado 20 de enero del 2025] Disponible en:

<https://www.cun.es/enfermedades-tratamientos/enfermedades/paralisis-cerebral-infantil>

34. Real Academia Española. [Internet]. Definición de marcha. Asociación de Academia de la lengua española (2014). [Citado 03 de abril del 2025] Disponible en: <https://dle.rae.es/marcha>
35. Real Academia Española. [Internet]. Definición de calidad de vida. Asociación de Academia de la lengua española (2014). [Citado 04 de abril del 2025] Disponible en: <https://www.rae.es/drae2001/calidad>

IX. TABLAS

Tabla 1: Características de los artículos

Autor	Año	País	Diseño de estudio	Edad	Objetivos
Choi J., et al. (12)	2024	Corea del Sur	Ensayo Controlado Aleatorizado	6-15 años	Investigar los efectos del RAGT sobre el suelo utilizando un robot exoesquelético portátil asistido por torsión sin ataduras en niños con PCI.
Oznur F., et al. (13)	2023	Turquía	Ensayo Controlado Aleatorizado	2-12 años	El objetivo de este estudio fue investigar la efectividad del entrenamiento en realidad virtual sobre el equilibrio y la funcionalidad en niños con parálisis cerebral.
Fu W., et al. (14)	2022	China	Ensayo Controlado Aleatorizado	6-11 años	Este estudio tiene como objetivo investigar la efectividad de la realidad virtual (RV) combinada con RAGT en la capacidad de caminar en niños con PCI y aclarar el grado más efectivo de reducción de peso.
Moll F., et al. (15)	2022	Alemania	Ensayo Controlado Aleatorizado	9 - 17 años	Investigar el impacto del RAGT en la velocidad de la marcha y los parámetros de la marcha en pacientes pediátricos con PCI.
Hamed S., et al. (16)	2021	Egipto	Ensayo Controlado Aleatorizado	7 - 10 años	Examinar los efectos de los juegos de realidad virtual (RV) en el nivel de función motora gruesa en niños con PCI. espástica.

Zarkovic D., et al. (17)	2021	Republica Checa	Ensayo Clinico de un solo brazo	5-17 años	Investigar los cambios en el patrón de marcha después de 4 semanas de entrenamiento de la marcha asistido por robot (RAGT) como monoterapia en niños con parálisis cerebral espástica diparesia ambulatoria.
Chiu H., et al. (18)	2018	Australia	Ensayo Clínico de un solo brazo	5 - 13 años	Investigar si el entrenamiento del equilibrio y la movilidad en casa utilizando Wii Fit es factible y puede proporcionar beneficios clínicos.
Cho Ch., et al. (19)	2016	Corea del Sur	Ensayo Controlado Aleatorizado	4-16 años	Investigar los efectos del entrenamiento en cinta rodante con RV sobre la marcha, el equilibrio, la fuerza muscular y la función motora gruesa en niños con PCI.
Shin J., et al. (20)	2015	Corea del Sur	Ensayo Controlado Aleatorizado	4-8 años	El objetivo del estudio fue evaluar los efectos del tratamiento neurológico convencional y un programa de entrenamiento de realidad virtual sobre la coordinación ojo-mano en niños con parálisis cerebral.
Družbicki M., et al. (21)	2013	Polonia	Ensayo Clinico aleatorizado	6-13 años	Evaluar los efectos del entrenamiento de la marcha con ortesis activa Lokomat en niños con parálisis cerebral espástica diparética, mediante parámetros temporoespaciales y cinemáticos de la marcha.

RAGT: Entrenamiento de la marcha asistida por robot

Tabla 2: Características de la población

Autor	Tipo de PC	Muestra	Sexo		GMFCS					
			Varones	Mujeres	I	II	III	IV	V	
Choi J., et al. (12)	PC Espástica	78	GC	41	26	15	15	16	10	
			GE	37	19	18	14	15	8	
Oznur F., et al. (13)	PC Espástica	52	GC	25	14	11		No refiere		
			GE	27	17	10				
Fu W., et al. (14)	PC Espástica	60	GC	15	8	7	10	5		
			GE	A: 15	A:6	A:9	A:9	A:6		
				B: 15	B: 7	B:8	B:9	B:6		
				C: 15	C: 7	C:8	C:8	C:7		

Moll F., et al. (15)	PC Espástica	30		30	23	7				Nivel II a III
Hamed S., et al. (16)	PC Dipléjica Espástica	30		30						Nivel III
Zarkovic D., et al. (17)	PC Espastica Diparesia	12			10	2				Nivel I, II y III
Chiu H., et al. (18)	PC (hemiplejia, diplejia y cuadriplejia)	20		20	11	9	17	3		
Cho Ch., et al. (19)	PC Espástica	18		18			6	3	9	I y III
Shin J., et al. (20)	PC diplejica espástica	16	GC		3	5				Nivel I-II-III
				8						
Družbicki M., et al. (21)	PC Espastica Diparetica	52	GE	26	19	16				Nivel II y III
				9						

GC: Grupo control; GE: Grupo experimental; GMFCS: Sistema de Clasificación de la Función Motora Gruesa

Tabla 3: Características de la Intervención en Terapia Robótica

Autor	Dispositivo	Método	Método/ Frecuencia/ Tiempo
Choi J., et al. (12)	Dispositivo RAGT Angel Legs M20	GC: Caminata en RAGT GE: Terapia convencional	<ul style="list-style-type: none"> • Sesiones de 30 minutos, 3 veces por semana, durante 6 semanas (18 sesiones)
Moll F., et al. (15)	Dispositivo HAL (tipo de miembro inferior ML-05, Cyberdyne Inc.)	GC: Terapia hospitalaria estándar GE: Terapia hospitalaria estándar más caminata en HAL	<ul style="list-style-type: none"> • Sesiones de 90 minutos, durante 11 días
Fu W., et al. (14)	Lokomat (Hocoma AG, Suiza)	GC: Terapia convencional GE: Terapia con Lokomat	Sesiones de 50 minutos, 4 veces por semana, durante 12 semanas (48 sesiones)
Zarkovic D., et al. (17)	Lokomat Pro (Hocoma AG, Suiza),	GE: Terapia con Lokomat	Sesiones de 30 a 45 minutos, 20 días consecutivos (20 sesiones).
Družbicki M., et al. (21)	Dispositivo Lokomat	GC: Terapia Convencional GE: Terapia Lokomat + ejercicios	Sesiones de 45 minutos durante 4 semanas (20 sesiones)

HAL: Extremidad Asistida Híbrida

Tabla 4: Características de la Intervención en Realidad Virtual

Autor	Dispositivo	Método	Método/ Frecuencia/ Tiempo
Oznur F., et al. (13)	La consola Xbox Kinect (Xbox One Kinect, Microsoft) con sensor Kinect	GC: Terapia de neurodesarrollo (NDT) GE: Entrenamiento de fuerza con	<ul style="list-style-type: none"> • Sesiones de 45 minutos, 2 veces por semana, durante 8 semanas (16 sesiones).
Hamed S., et al. (16)	Kinect de Xbox 360	GC: Ejercicios NDT GE: Ejercicios convencionales basados en el enfoque NDT combinados con juegos de realidad virtual	<ul style="list-style-type: none"> • Sesiones de 60 minutos (GC) y 90 minutos (GE), 3 veces por semana, durante 3 meses.
Chiu H., et al.(18)	Consola Wii Fit	Realizaron 8 juegos	<ul style="list-style-type: none"> • Sesiones de 20 minutos, 3 veces por semana, durante 8 semanas (24 sesiones)
Shin J., et al. (20)	Nintendo Wii.	GC:Fisioterapia neurológica convencional GE: Entrenamiento de realidad virtual	<ul style="list-style-type: none"> • Sesiones de 45 minutos, 2 veces por semana, durante 8 semanas.
Cho Ch., et al. (19)	Programa de Jogging de la Nintendo Wii	GC: Entrenamiento en cinta de correr GE: Entrenamiento en cinta de correr utilizando el Programa de Jogging de la Nintendo Wii	Sesiones de 30 minutos, 3 veces por semana, durante 8 semanas (24 sesiones)

Tabla 5: Resultados de Terapia Robótica

Autor	Escala	Resultado	Conclusiones
Choi J., et al. (12)	<p>1. Medida de Función Motora Gruesa GMFM -88, GMFM-66 y Dimensión E .</p> <p>2. Escala de equilibrio pediátrica (PBS)</p> <p>3. Evaluación de control selectivo de la extremidad inferior (SCALE).</p> <p>4. Prueba de marcha de 6 minutos.</p> <p>5. Pediatric Evaluation of Disability Inventory–Computer Adaptive Test (PEDI-CAT)</p>	<p>1. El grupo RAGT mostró mejoras significativas: GMFM-88 (DM: 2,64; IC del 95%: 0,50-4,78), GMFM-66 (DM: 2,52; IC del 95%: 0,42-4,63), dimensión E del GMFM-88 (DM: 2,70; IC 95 %: 0,08–5,33) y dimensión D (DM: 3.48; IC del 95%: 0.89 a 6.07) en comparación con el grupo control (GC). Aumentos inmediatos del 2,7% y 2,3% en las puntuaciones del GMFM-88 y GMFM-66, respectivamente, superando el umbral de cambio clínicamente significativo (MCID).</p> <p>2. El grupo RAGT presentó mejoras significativas en el equilibrio, en comparación con el GC (DM: 1,48; IC del 95%: 0,03-2,94).</p> <p>3. Ambos grupos mostraron mejoras, pero sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos. (DM: 0.23 ; IC del 95%: -0.68 a 1.3)</p> <p>4. Solo el grupo RAGT mostró mejoras a las 4 semanas de seguimiento (DM: 1.41 ; IC del 95%: -16.52 a 19.33), aunque no hubo diferencias significativas entre los grupos</p> <p>5. El grupo RAGT mostró mayores cambios en el dominio de responsabilidad (DM: 2.52; IC del 95%: 0,42-4,63).</p>	<p>Estas intervenciones resultaron en mejoras significativas en los valores totales del GMFM y en las dimensiones D y E, aunque los cambios en la variable principal no fueron estadísticamente significativos. No obstante, el uso del sistema HAL en pacientes pediátricos con parálisis cerebral (PC) demuestra un potencial prometedor para mejorar los parámetros de la marcha. Una ventaja destacada de este sistema es que fomenta la participación activa del paciente mediante biofeedback interactivo, lo que impide una implicación pasiva o la simulación de participación durante la terapia.</p>

Moll F., et al. (15)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prueba de marcha de 10 metros (10 MWT) 2. Prueba de marcha de 6 min (6MWT) 3. Medida de la función motora gruesa (GMFM-88) 4. Rango de movimiento pasivo de las extremidades (ROM) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. GE redujo el tiempo de 41,4 s a 35,9 s, mientras que el GC aumentó ligeramente de 28,3 s a 30,1 s. 2. Ambos grupos aumentaron la distancia recorrida (GE: 156,4 m a 168,2 m; GC: 142,6 m a 157,3 m), 3. GE mejoró significativamente en comparación con el GC (68,5% a 75,5% vs 64,9% a 67,3%). 4. En el GE, la flexión pasó de 105,4° a 106,5°, mientras que en el GC el aumento fue algo mayor, de 101,3° a 105,8°. A pesar de estos cambios, los datos sugieren que la intervención aplicada no tuvo un efecto claro ni significativo sobre el rango de movimiento pasivo de la cadera. 	<p>Estas intervenciones resultaron en mejoras significativas en los valores totales del GMFM y en las dimensiones D y E, aunque los cambios en la variable principal no fueron estadísticamente significativos. No obstante, el uso del sistema HAL en pacientes pediátricos con parálisis cerebral (PC) demuestra un potencial prometedor para mejorar los parámetros de la marcha. Una ventaja destacada de este sistema es que fomenta la participación activa del paciente mediante biofeedback interactivo, lo que impide una implicación pasiva o la simulación de participación durante la terapia.</p>
Fu W. et al. (14)	<ol style="list-style-type: none"> 1. EMG 2. Escala de Ashworth modificada 3. Dimensión E y D del GMFM - 88 4. Prueba de marcha de 6 min (6MWT) 	<p>Se observaron mejoras significativas en todos los grupos ($P < 0,01$) en la actividad muscular (iEMG), frecuencia media (MF), cocontracción (CR), tono muscular, GMFM (dimensiones D y E) y 6MWT. Sin embargo, estas mejoras fueron significativamente mayores en los grupos que realizaron tareas específicas frente al GC ($P < 0,05$), lo que indica que las intervenciones basadas en tareas fueron más eficaces. En particular, el Grupo B mostró los mayores avances en casi todos los indicadores, excepto en la CR, donde no se observaron diferencias significativas ($P > 0,05$). Además, entre los grupos A y C no se encontraron diferencias relevantes, salvo en la dimensión</p>	<p>Los resultados indican que la combinación de Realidad Virtual (RV) y entrenamiento robótico asistido para la marcha (RAGT) es más eficaz que el RAGT por sí solo para reducir el espasmo del gastrocnemio y el tobillo, aumentar la fuerza muscular y mejorar el equilibrio, la marcha y la función motora gruesa en niños con PCI. En conjunto, estos hallazgos destacan el efecto positivo superior de las terapias orientadas a tareas específicas sobre la</p>

D del GMFM y en la 6MWT, donde uno de ellos tuvo mejor rendimiento ($P < 0,05$)

función motora gruesa, la fuerza, el tono muscular y la resistencia física, especialmente cuando se aplican mediante enfoques diferenciados según el tipo de tarea.

Zarkovic D., et al. (17)
Análisis computarizado de la marcha (CGA) en 3D
Cinemática articular (cadera, rodilla, tobillo, pelvis, tórax).
Cinética (momentos articulares, potencia).
Electromiografía de superficie (sEMG) en TA, MG, RF, BF.
Parámetros espaciotemporales (cadencia, longitud de paso, doble apoyo, zancada).

1. CINEMÁTICA ARTICULAR

1.1 FASES INICIALES Y MEDIAS DE LA MARCHA

Rotación de cadera (MIL IC, LR, MST, LIL MST, MIL TS):

Todos los valores disminuyen en magnitud después de la intervención (menos negativos)

MIL IC de -104.81 a -35.35

MIL LR de -407.57 a -131.40.

1.2 FASE DE APOYO FINAL Y OSCILACIÓN

Rotación de cadera (PSW, ISW, MSW, LIL MSW):

Los valores también se reducen (menos negativos o menos positivos).

MIL PSW de -198.09 a -91.20, MIL ISW de -100.69 a -35.89.

Incluye rotaciones de cadera en TSW y el progreso del pie:

Rotación de cadera TSW:

Tras la intervención, se observó una mejor coordinación de la cadera y del progreso del pie, indicando una reorganización motora del patrón de marcha. Aunque la cinética no mostró cambios relevantes, el EMG evidenció una reorganización muscular significativa en BF, RF y TA, sobre todo en el miembro lesionado. Además, los parámetros espaciotemporales reflejaron una marcha más rápida, eficiente y estable, con mayor velocidad, cadencia y longitud de paso, y menor tiempo de zancada y soporte doble.

MIL TSW baja de 256.71 a 106.67, LIL TSW de 166.93 a 12.35.

Claramente, hay gran mejora en la coordinación de la cadera en la fase de oscilación terminal.

1.3.PROGRESO DEL PIE

LIL IC: de -53.74 a +7.65

MIL MST: de -80.71 a +14.77

MIL TS: de -81.67 a +265.39

2. CINÉTICA

En el análisis cinético, se hallaron los siguientes resultados:

En la cadera, los momentos de flexión/extensión oscilaron de -0,46 a 0,19.

En la rodilla, los momentos variaron de -0,52 a 0,35.

En el tobillo, los momentos de plantiflexión/dorsiflexión fluctuaron entre -0,28 y 0,27.

No se observaron cambios significativos en los momentos articulares de cadera, rodilla ni tobillo tras la RAGT.

La potencia articular mostró resultados estables: en cadera entre -0,30 y 0,38, en rodilla de -0,28 a 0,36, y en tobillo de -0,47 a 0,22, sin evidenciar incrementos en la capacidad de generar o absorber energía.

Las fuerzas de reacción del suelo (GRF) se mantuvieron prácticamente sin variación en los tres ejes, con valores que oscilaron entre $-0,49$ y $0,28$.

3. ELECTROMIOGRAFÍA DE SUPERFICIE (sEMG):

- Bíceps femoral (BF): presentó diferencias significativas en ambos miembros y en casi todas las fases de la marcha ($p < 0.01$), con efectos moderados a altos.
MIL ($r = 0.52-0.56$) LIL ($r = 0.47-0.50$)
- Recto femoral (RF): mostró cambios significativos en ambas piernas durante LR, MST y TS ($p < 0.01$), con efectos moderados-altos.
MIL ($r = 0.57-0.62$) LIL ($r = 0.59-0.60$)
- Gastrocnemio medial (MG): evidenció cambios significativos principalmente en el miembro no lesionado y en fases específicas, con efectos bajos-moderados.
MIL ($r = 0.35-0.46$) LIL ($r = 0.36-0.39$)
- Tibial anterior (TA): registró diferencias significativas en todas las fases de ambos miembros ($p < 0.01$)
MIL ($r = 0.46-0.48$) LIL ($r = 0.59-0.62$)

4. PARÁMETROS ESPACIOTEMPORALES

- Velocidad de marcha: aumentó significativamente ($0.80 \rightarrow 0.87$ m/s, $p < 0.01$, $r = 0.52$), reflejando una mejora global del rendimiento locomotor.

- Cadencia: incremento significativo (109.04 → 111.57 pasos/min, $p < 0.01$, $r = 0.62$), indicando mayor frecuencia de pasos.
 - Longitud del paso: aumento significativo (0.43 → 0.46 m, $p < 0.01$, $r = 0.61$), mostrando mayor amplitud de movimiento.
 - Tiempo de zancada: disminuyó significativamente (1.16 → 1.13 s, $p < 0.01$, $r = 0.59$), con ciclos de marcha más rápidos.
 - Soporte doble: disminución significativa (0.36 → 0.34 s, $p < 0.01$, $r = 0.63$), lo que sugiere mayor estabilidad y seguridad al caminar.
 - Foot off (% de despegue del pie): reducción leve pero significativa (64.35% → 64.19%, $p < 0.01$, $r = 0.52$).
 - Parámetros sin cambios significativos: contacto del pie opuesto, despegue del pie opuesto, soporte simple, tiempo del paso, ancho del paso.
- Longitud de zancada: presentó un valor $p < 0.01$, pero tras corrección no se consideró un cambio concluyente.

Družbicki M., et al. (21)

1. Parámetros temporoespaciales (fase de apoyo, fase de doble apoyo, ancho de paso, velocidad de la marcha, longitud del paso)

2. Parámetros cinemáticos: rango de movimiento pélvico (planos sagital, coronal y transversal), aducción de cadera en contacto inicial,

1. Parámetros Temporoespaciales:

- Velocidad media inicial: GE: 0.34 m/s (DE 0.14) y GC: 0.35 m/s (DE 0.14) ($p = 0.8096$). Tras intervención: GE: 0.36 m/s y GC: 0.39 m/s ($p = 0.7247$).
- Fase de apoyo derecho inicial: 67.8% vs. 67.9% ($p = 0.9262$). Tras intervención: 67.9% vs. 68.2% ($p = 0.8676$).
- Ancho de paso inicial: 0.19 m vs. 0.18 m ($p = 0.8096$). Tras intervención: 0.18 m vs. 0.20 m ($p = 0.5157$).

El entrenamiento con Lokomat no mostró diferencias significativas frente a la fisioterapia convencional en la mayoría de parámetros temporoespaciales y cinemáticos tras 4 semanas. La única mejora significativa fue el aumento del rango de movimiento pélvico derecho acompañado de una tendencia no significativa a reducir el doble

extensión máxima de cadera en apoyoflexión máxima de cadera en balanceo, rango de movimiento de cadera en plano sagital)

- Ninguna diferencia significativa en longitud de paso ni doble apoyo.

2. Parámetros Cinemáticos:

- Rango de movimiento pélvico en plano coronal derecho aumentó significativamente en GE de 8.8° (DE 5.2) a 13.8° (DE 7.7), mientras en GC se redujo de 8.9° a 8.2°. Diferencia significativa ($p = 0.0130$).
- Resto de parámetros pélvicos y de cadera: sin cambios significativos ($p > 0.05$).
- Único hallazgo significativo adicional: incremento en flexión máxima de cadera durante balanceo para toda la cohorte ($p = 0.0065$), sin diferencias grupo-grupo.
- Mayor rango de movimiento en cadera se asoció a mayor velocidad de marcha ($r = 0.48$, $p = 0.0035$) y mayor longitud de paso ($r = 0.62$, $p = 0.0001$).
- Aducción de cadera disminuida se asoció a mayor velocidad de marcha ($r = -0.53$, $p = 0.0011$).

apoyo. Además, se observaron correlaciones positivas entre amplitud articular y velocidad de marcha, lo que sugiere beneficios potenciales con mayor entrenamiento. Se concluye que el Lokomat no fue claramente superior, aunque mostró efectos prometedores en simetría de carga y movilidad pélvica.

CGA: Análisis computarizado de la marcha, MIL: extremidad más afectada, LIL: extremidad menos afectada, IC: contacto inicial, LR: respuesta a la carga, MST: apoyo medio, TS: apoyo terminal, PSW: presión, ISW: balanceo inicial, MSW: balanceo medio, TSW: balanceo terminal, RAGT: Entrenamiento de la marcha asistido por robot, GRF: fuerzas de reacción del suelo, BF: bíceps femoral, RF: recto femoral, MG: gastrocnemio medial, TA: tibial anterior, DM: Diferencia de Medias.

Tabla 6: Resultados de Realidad Virtual

Autor	Escala	Resultados	Conclusiones
Oznur F., et al. (13)	1. Escala de equilibrio pediátrica (PBS) 2. GMFM-88 3. QUEST 4. PEDI	<p>1. GE: $44,88 \pm 10,93$ frente a GC: $48,96 \pm 4,92$, sin diferencia significativa ($p = 0,419$).</p> <p>Mejoras en ambos grupos; el entrenamiento con videojuegos y el NDT favorecieron el equilibrio y control postural.</p> <p>2. Los promedios fueron en el GE: $87,41 \pm 9,82$ y GC: $90,95 \pm 6,23$ ($p = 0,227$). Incremento en el GMFM en los dos grupos, sin diferencias entre ellos; la repetición activa y los estímulos multisensoriales favorecieron el rendimiento.</p> <p>3. Total: GE: $88,81 \pm 13,98$ vs. GC: $89,44 \pm 8,91$, $p = 0,533$. Movimiento disociado: $88,04 \pm 13,89$ vs. $86,40 \pm 13,10$, $p = 0,379$. Comprender: $82,16 \pm 20,85$ vs. $85,73 \pm 11,47$, $p = 0,941$. Extensión protectora: $95,57 \pm 11,43$ vs. $92,99 \pm 11,73$, $p = 0,638$. Carga de peso: $92,22 \pm 14,59$ vs. $92,64 \pm 9,65$, $p = 0,273$.</p> <p>Se observaron mejoras en la función de extremidades superiores, siendo el NDT más efectivo que la VRT en disociación de movimientos y soporte de peso.</p> <p>4. Total: GE: $165,48 \pm 24,52$ frente a GC: $164,28 \pm 27,81$ ($p = 0,833$) Cuidados personales: $59,92 \pm 10,41$ vs. $56,32 \pm 13,02$, $p = 0,359$. Movilidad: $45,62 \pm 11,38$ vs. $47,40 \pm 8,58$, $p = 0,734$.</p>	<p>Tanto la realidad virtual (VRT) como el tratamiento neuroevolutivo (NDT) mostraron efectos positivos en equilibrio, función motora gruesa, participación funcional y habilidades de extremidad superior en niños con parálisis cerebral. VRT resultó eficaz para mejorar el equilibrio y la movilidad de forma motivante, mientras que NDT fue superior en la mejora de habilidades manuales finas y autocuidado. La combinación de ambos enfoques podría optimizar la rehabilitación.</p>

Función social: $59,88 \pm 9,17$ vs. $59,32 \pm 8,25$, $p = 0,985$.

Aumentaron los puntajes totales en ambos grupos; en VRT mejoró la movilidad, mientras que en NDT se observó avance adicional en autocuidado.

Hamed S., et al.
(16) 1.GMFM
2. GMFCS

1. El GE mostró una mejora considerable, alcanzando una mediana entre 60% y 90%, Además, el análisis intragrupo reveló que solo el GE experimentó una mejora significativa antes y después de la intervención ($p = 0,001$), mientras que el GC no mostró cambios estadísticamente significativos ($p = 0,317$).
2. Al analizar los cambios dentro de cada grupo, solo el GE presentó una mejora significativa ($p = 0,025$), mientras que el GC no presentó diferencias significativas ($p = 0,083$).

En conjunto, los resultados sugieren que las intervenciones más intensivas o asistidas tecnológicamente, como la realidad virtual, resultan más eficaces para mejorar tanto la función motora gruesa (GMFM) como la clasificación funcional (GMFCS). Si bien tanto la VRTT como la realidad virtual favorecen el desarrollo de habilidades dinámicas, la incorporación de esta última muestra un impacto superior, especialmente en actividades estáticas como la bipedestación.

Chiu H., et al.
(18) 1. Prueba de Apoyo Unilateral
2. PowerTrack II Commander (fuerza)
3. la prueba de marcha de 10 m
4. la prueba de marcha de 6 min

1. No se encontraron resultados relevantes.
2. La fuerza aumentó en los dorsiflexores ([DM]: $2,2 \text{ N}\cdot\text{m}$; IC del 95 %: 1,1 a 3,2; $p < 0,001$), los flexores plantares (DM: $2,2 \text{ N}\cdot\text{m}$; IC del 95 %: 1,3 a 3,1; $p < 0,001$) y el cuádriceps (DM: $7,8 \text{ N}\cdot\text{m}$; IC del 95 %: 5,2 a 10,5; $p < 0,001$).
3. la velocidad preferida aumentó en $0,25 \text{ m/s}$ (IC del 95 %: $0,09$ a $0,41$; $p = 0,004$), mientras que la velocidad rápida mejoró en $0,24 \text{ m/s}$ (IC del 95 %: $0,13$ a $0,35$; $p = 0,0001$).
4. la distancia recorrida se incrementó en 28 metros (IC del 95 %: 10 a 45; $p = 0,004$), lo que indica una mejora tanto en la velocidad como en la resistencia de la marcha.

Los niños requirieron menos asistencia para participar en actividades cotidianas, lo que sugiere un progreso en su autonomía funcional y una mayor capacidad de involucrarse activamente en la vida diaria, constituyendo un aspecto fundamental en los procesos de rehabilitación pediátrica.

		5. Mejora significativa en la independencia de los participantes tras la intervención. Específicamente, se registró un incremento de 1,4 puntos en dicha escala (IC del 95 %: 0,0 a 2,8; p = 0,04),	
	5. Escala de Asistencia a la Participación		
Cho Ch., et al. (19)	1.Test de fuerza muscular (dinamómetro digital) 2.GMFM (Standing; Walking, running, jumping) 3.Pediatric Balance Scale (PBS) 4.10MWT 5.2MWT	1.El GE incrementó significativamente la fuerza de los extensores de rodilla (izq. 18.9 - 29.1; der. 20.4 - 30.2) frente al GC (izq. 15.2 - 18.2; der. 14.3 - 18.5). En los flexores de rodilla, el GE también mostró mejoras relevantes (izq. 7.1 - 11.5; der. 8.6 - 11.9). 2. En la dimensión standing, el GE aumentó de 63.1 a 72.2, frente al GC que pasó de 62.0 a 65.2. En la dimensión walking, running, jumping, el GE mejoró de 52.7 a 57.9, y el grupo GC de 47.1 a 51.2. 3. Aumentó significativamente de 31,3 a 34,6 en el GE y de 28,1 a 30,2 en el GC después del entrenamiento (P < 0,05). El cambio en la puntuación PBS fue significativamente mayor en el grupo VRTT que en el grupo TT (P < 0,05). 4.La velocidad de la marcha aumentó significativamente de 0,44 a 0,89 en el GE y de 0,51 a 0,69 en el GC después del entrenamiento (P < 0,05). 5. El GE: pasó de 54.8 ± 30.1 m en el pre-test a 116.1 ± 27.7 m en el post-test, mostrando un aumento considerable en la distancia recorrida. El GC: pasó de 72.9 ± 45.2 m a 88.9 ±	No se encontraron diferencias significativas en el ítem “Walking, running, jumping” del GMFM ni en la flexión de rodilla derecha. Sin embargo, la realidad virtual aportó motivación adicional, favoreció una mayor simetría de carga y promovió un entrenamiento más activo, lo que se tradujo en mejoras en la marcha real. En este sentido, el grupo experimental (GE) combinado con la caminadora mostró una mejoría más marcada en la capacidad de resistencia al caminar en comparación con el grupo control (GC).

50.8 m, también con mejoría, pero de menor magnitud comparada con GE.

Shin J., et al. (20)	1. Evaluación con el K-DTVP-2 (Prueba de desarrollo coreano de la percepción visual) 1.1 Coordinación ojo-mano 1.2 La velocidad visomotora	Mejoras significativas tanto en el GC como en el GE en dos áreas clave: la coordinación ojo-mano (EHC) y la velocidad visomotora (VMS), con valores de $p < 0,05$ en ambos grupos. En el CG, la coordinación ojo-mano aumentó de $150,0 \pm 15,4$ a $167,8 \pm 12,9$, mientras que en el GE mejoró de $129,0 \pm 47,0$ a $143,5 \pm 36,4$. En cuanto a la velocidad visomotora, el CG pasó de $17,5 \pm 8,2$ a $26,9 \pm 7,5$, y el GE de $15,5 \pm 9,7$ a $22,8 \pm 10,4$. Aunque estas mejoras fueron estadísticamente significativas dentro de cada grupo, no se reportaron diferencias significativas entre los grupos en cuanto al grado de mejora.	Estos resultados sugieren que ambos enfoques terapéuticos fueron efectivos para optimizar las funciones perceptivo-motoras en niños, mejorando tanto la coordinación ojo-mano como la velocidad visomotora.
----------------------	--	--	---

PBS: Escala de Equilibrio Pediátrico , **GMFM-88:** Medida de la Función Motora Gruesa, **QUEST:** Prueba de calidad de las habilidades de las extremidades superiores, **PEDI:**Inventario de Evaluación Pediátrica de la Discapacidad , **GE:** Grupo experimental, **GC:** Grupo control, **NDT:** terapia de neurodesarrollo, **IC:** Intervalo de Confianza, **DM:** Diferencia Media, **10MWT:** Prueba de caminata 10 metros, **2MWT:** Prueba de caminata de 2 minutos, **K-DTVP-2:** Prueba de desarrollo coreano de la percepción visual, **VMS:** Velocidad Visomotora.

ANEXOS

ANEXO 1. Cuadro de operacionalización de variables

VARIABLE	Definición Conceptual	Definición operativa	Tipo y subtipo	Escala de medición	Indicador
Terapia Robótica	Es un enfoque terapéutico basado en la utilización de dispositivos robóticos que facilitan y mejoran la ejecución de los movimientos en los pacientes (18).	Es el empleo de dispositivos robóticos durante una intervención de rehabilitación física y neurológica.	Categoría Politómica	Nominal	-Lokomat -Angel Legs -Hybrid Assistive Limb (HAL)
Realidad Virtual	Representación de escenas o imágenes de objetos producida por un sistema informático, que da la sensación de su existencia real. (19).	Es una herramienta tecnológica que crea un entorno simulado el cual puede ser experimentado por el usuario de manera multisensorial e interactiva, generando un impacto positivo en la terapia ya que aumenta la motivación y el interés del paciente.	Categoría Dicotómica	Nominal	R.V Inmersiva R.V No Inmersiva
Habilidades motoras	Es la capacidad de ejecutar movimientos o acciones de grupo	Es la capacidad para realizar movimientos corporales coordinados para realizar	Categoría Dicotómica	Nominal	Habilidad Motora Guesa Habilidad motora

	musculares para llevar a cabo una actividad de manera voluntaria (20).	tareas sencillas o complejas.			Fina
Niños	Ser humano que su periodo de vida humana inicia desde el nacimiento hasta la pubertad (21).	Es toda persona que su periodo de vida transcurre desde el nacimiento hasta los 10 años	Categórica Dicotómica	Nominal	Etapa preescolar (3-5 años) Etapa de la niñez media (6-10 años)
Adolescentes	La Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que es el período de la vida que va de los 10 a los 19 años de edad. Se suele dividir en dos fases: la adolescencia temprana, que va de los 12 a los 14 años, y la adolescencia tardía, que va de los 15 a los 19 años (22).	Es una etapa de transición en la que las personas que están entre las edades desde los 10 hasta los 19 años experimentan cambios físicos, emocionales y sociales.	Categórica Dicotómica	Ordinal	Adolescencia temprana (10 a 14 años) Adolescencia tardía (15 a 19 años)
Parálisis cerebral Infantil	Es una enfermedad que causa alteraciones no progresivas en el cerebro del niño, abarcando afectación en el desarrollo del movimiento y	Es una condición neurológica que se caracteriza por una lesión en el cerebro, provocando problemas en el movimiento, postura y coordinación	Categórica Politómica	Ordinal	Nivel 1: Camina sin restricciones Nivel 2: Marcha sin apoyo, pero limitada Nivel 3: Necesita apoyo para la marcha

postura.
Además, es la causa más frecuente de discapacidad motriz en la edad pediátrica (23).

Nivel 4:
Movilidad reducida y asistida
Nivel 5:
Dependiente a silla de ruedas

Marcha	Desplazamiento o hacia delante en dos movimientos, primero avanzando el pie adelantado y luego el pie retrasado (24).	Es un movimiento que se realiza al caminar, que implica la alternancia de pasos.	Categoría Politómica	Nominal	Velocidad Longitud de paso Cadencia Zancada Ancho de paso
Calidad de vida	Conjunto de condiciones que contribuyen a hacer la vida agradable, digna y valiosa (25).	Es uno de los factores que repercuten en el bienestar de un individuo, el cual permite la satisfacción de las necesidades físicas, mentales, emocionales y sociales.	Categoría Dicotómica	Nominal	Buena Mala

ANEXO 2. Diseño de estudio PCC

	Población	Concepto	Contexto
Mesh	Niños y adolescentes con parálisis cerebral	Terapia Robótica y realidad virtual	Habilidades Motoras
	Cerebral palsy	Robotics	Motor Skills
	Child	Virtual reality Exposure	
	Adolescent	Therapy	

ANEXO 3. Estrategias de búsqueda

ANEXO 3.1. Base de datos PUBMED

BASE DE DATOS: Medline

PLATAFORMA: Pubmed

FECHA DE BÚSQUEDA: 16/10/2024

RANGO DE BÚSQUEDA: Desde los inicios de los tiempos hasta el 16/10/2024

Concepto	N	Estrategia	
Población	1	"Cerebral Palsy"[Mesh] OR CP (Cerebral Palsy) OR Little Disease OR Diplegia, Spastic OR Little's Disease OR Spastic Diplegia OR Diplegias, Spastic OR Spastic Diplegias OR Cerebral Palsy, Atonic OR Atonic Cerebral Palsy OR Cerebral Palsy, Hypotonic OR Hypotonic Cerebral Palsies OR Hypotonic Cerebral Palsy OR Cerebral Palsy, Athetoid OR Athetoid Cerebral Palsy OR Cerebral Palsies, Athetoid OR Cerebral Palsy, Dyskinetic OR Cerebral Palsies, Dyskinetic OR Dyskinetic Cerebral Palsy OR Monoplegic Cerebral Palsy OR Cerebral Palsies, Monoplegic OR Cerebral Palsy, Monoplegic OR Monoplegic Cerebral Palsies OR Cerebral Palsy, Quadriplegic, Infantile OR Infantile Cerebral Palsy, Quadriplegic OR Quadriplegic Infantile Cerebral Palsy OR Cerebral Palsy, Congenital OR Congenital Cerebral Palsy OR Cerebral Palsy, Diplegic, Infantile OR Diplegic Infantile Cerebral Palsy OR Infantile Cerebral Palsy, Diplegic OR Cerebral Palsy, Dystonic-Rigid OR Cerebral Palsies, Dystonic-Rigid OR Cerebral Palsy, Dystonic Rigid OR Dystonic-Rigid Cerebral Palsies OR Dystonic-Rigid Cerebral Palsy OR Cerebral Palsy, Mixed OR Mixed Cerebral Palsies OR Mixed Cerebral Palsy OR Cerebral Palsy, Rolandic Type OR Rolandic Type Cerebral Palsy OR Cerebral Palsy, Spastic OR Spastic Cerebral Palsies OR Spastic Cerebral Palsy OR Cerebral Palsy, Monoplegic, Infantile OR Infantile Cerebral Palsy, Monoplegic OR Monoplegic Infantile Cerebral Palsy	178, 298

	2	"Child"[Mesh] OR Children"	3,321,569
	3	"Adolescent"[Mesh] OR Adolescents OR Adolescence OR Adolescents, Female OR Adolescent, Female OR Female Adolescent OR Female Adolescents OR Adolescents, Male OR Adolescent, Male OR Male Adolescent OR Male Adolescents OR Youth OR Youths OR Teens OR Teen OR Teenagers OR Teenager	2,485,415
	4	#1 AND #2 AND #3	17,594
Concepto	5	"Robotics"[Mesh] OR Remote Operations (Robotics) OR Operation, Remote (Robotics) OR Operations, Remote (Robotics) OR Remote Operation (Robotics) OR Telerobotics OR Soft Robotics OR Robotic, Soft OR Soft Robotic OR Socially Assistive Robots OR Assistive Robot, Socially OR Robot, Socially Assistive OR Socially Assistive Robot OR Social Robots OR Robot, Social OR Social Robot OR Humanoid Robots OR Humanoid Robot OR Robot, Humanoid OR Companion Robots OR Companion Robot OR Robot, Companion	71,929
	6	"Virtual Reality Exposure Therapy"[Mesh] OR Virtual Reality Immersion Therapy OR Virtual Reality Therapy OR Reality Therapies, Virtual OR Reality Therapy, Virtual OR Therapies, Virtual Reality OR Therapy, Virtual Reality OR Virtual Reality Therapies	5,763
	7	#5 OR #6	77,399
Contexto	8	"Gait Analysis"[Mesh] OR Analysis, Gait OR Gait Analyses OR Physical Functional Performance OR Walking speed	70,184
	9	"Motor Skills"[Mesh] OR Motor Skill OR Skill, Motor OR Skills, Motor	45,059
	10	"Movement"[Mesh]OR Movements OR Motor activity	1,111,779
	11	"Locomotion"[Mesh]OR Locomotor Activity OR Activities, Locomotor OR Activity, Locomotor OR Locomotor Activities	355,997
	12	#8 OR #9 OR #10 OR #11	1,188,378

RESULTADO	13	#4 AND #7 AND #12	123
-----------	----	--------------------------	-----

ANEXO 3.2. Base de datos EMBASE

BASE DE DATOS: Embase

PLATAFORMA: OVID

FECHA DE BÚSQUEDA: 19/11/2024

RANGO DE BÚSQUEDA: Desde los inicios de los tiempos hasta el 19/11/2024

Concepto	N	Estrategia	
Población	1	Cerebral palsy/ OR cerebral palsy.mp.	52,439
	2	Child/ or Child.mp.	2,866,825
	3	adolescent/ or adolescent.mp.	1,940,735
	4	#1 AND #2 AND #3	9405
Concepto	5	Robotics/ or Robotics.mp.	56,586
	6	Virtual Reality Exposure Therapy/ OR Virtual Reality Exposure Therapy.mp.	1,250
	7	#5 OR #6	57,821
Contexto	8	Gait analysis/ OR Gait.mp.	76,173
	9	Motor Skills/ OR Motor Performance.m.p.	103,739

	10	Movement / OR ``Movement(Physiology)``.m.p.	517,769
	11	Locomotion/ OR Locomotion.m.p.	108,332
	12	#8 OR #9 OR #10 OR #11	746,567
RESULTADO	13	#4 AND #7 AND #12	51

ANEXO 3.3. Base de datos LILACS

BASE DE DATOS: LILACS

FECHA DE BÚSQUEDA: 26/11/2024

RANGO DE BÚSQUEDA: Desde los inicios de los tiempos hasta el 26/11/2024

Estrategia

cerebral palsy AND motor skills AND robotic therapy	8
cerebral palsy AND motor skills AND virtual reality	11
RESULTADO	19

ANEXO 3.4. Base de datos PEDro

BASE DE DATOS: PeDRO

FECHA DE BÚSQUEDA: 23/11/2024

RANGO DE BÚSQUEDA: Desde los inicios de los tiempos hasta el 23/11/2024

Estrategia

Child* Adolescent* Cerebral Palsy* Virtual Reality* Motor Skills*	2
Child* Cerebral Palsy* Virtual Reality* Gait*	5
Child* Cerebral Palsy* Virtual Reality* Motor Skills*	11

Child* Cerebral Palsy* Robotic Therapy* Motor Skills 2

RESULTADO 20

ANEXO 3.5. Base de datos SCOPUS

BASE DE DATOS: Scopus

PLATAFORMA: Science Direct

FECHA DE BÚSQUEDA: 23/11/2024

RANGO DE BÚSQUEDA: Desde los inicios de los tiempos hasta el 16/10/2024

	N	Estrategia	
Población	1	cerebral AND palsy	165,107
	2	TITLE-ABS-KEY (child)	3,850,727
	3	TITLE-ABS-KEY (adolescents)	2,708,849
	4	#1 AND #2 AND #3	21,364
Concepto	5	TITLE-ABS-KEY (robotics)	400,007

	6	TITLE-ABS-KEY (virtual AND reality AND exposure AND therapy)	2,762
	7	#5 OR #6	402,720
Contexto	8	TITLE-ABS-KEY (gait AND analysis)	68,303
	9	TITLE-ABS-KEY (motor AND skills)	61,179
	10	TITLE-ABS-KEY (movement)	1,536,892
	11	TITLE-ABS-KEY (locomotion)	141,261
	12	#8 OR #9 OR #10 OR #11	1,747,100
<hr/>			
RESULTADO	13	#4 AND #7 AND #12	131
<hr/>			

ANEXO 4. Artículos no recuperados

AUTOR	TÍTULO	LINK	OBJETIVO	POBLACIÓ N	MÉTODO	RESULTADO
Volpini M et al.	Los efectos clínicos del entrenamiento de la marcha asistido por robot en la distancia recorrida, la velocidad y la funcionalidad se mantienen a largo plazo en personas con parálisis cerebral: una revisión sistemática y un metanálisis.	https://pesquisa.bvsalud.org/porta/resource/es/mdl-34232847	Identificar los efectos a corto plazo del entrenamiento de la marcha asistido por robot (RAGT) en la distancia de caminata, la velocidad de la marcha y la funcionalidad de los pacientes con parálisis cerebral (PC), y verificar si los efectos del RAGT se mantienen a largo plazo.	-----	Se realizó una revisión sistemática de la literatura en las bases de datos PubMed, PEDro, CINAHL y LILACS. Se incluyeron estudios considerando: (1) población (individuos con PC); (2) diseño del estudio (estudios experimentales); (3) tipo de intervención (RAGT); (4) resultado (parámetros y función de la marcha); y (5) período (corto y largo plazo).	Esta revisión sistemática incluyó siete artículos en un metaanálisis. Solo la distancia de caminata, a través de una prueba de caminata de seis minutos, aumentó estadísticamente después del RAGT. Sin embargo, el RAGT demostró grandes diferencias en los efectos clínicos (diferencia mínima clínicamente importante - MCID) en la velocidad de la marcha y la puntuación de la medida de la función motora gruesa (dimensiones D y E), para la población con PC.

Bruno J et al.	Realidad virtual no inmersiva como rehabilitación complementaria de la movilidad funcional y la marcha en la parálisis cerebral: un ensayo clínico controlado aleatorio.	https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/g4h.2021.0009?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Aacsref.org&rfr_dat=cr_pub++0pubmed	Investigar los efectos de la realidad virtual (RV) no inmersiva como rehabilitación complementaria sobre la movilidad funcional y la marcha en niños con parálisis cerebral unilateral leve.	22 niños con parálisis cerebral unilateral	Tras las evaluaciones iniciales, los participantes iniciaron la intervención de RV (GI) asociada a la terapia convencional o continuaron con la fisioterapia convencional (grupo control). Los participantes del GI asistieron a sesiones de entrenamiento de 45 minutos dos veces por semana durante 8 semanas. Los participantes del grupo control se sometieron a terapia estándar durante 50 minutos, dos veces por semana. Se midieron la prueba Timed Up and Go (TUG), las variables espaciotemporales de la marcha y los ángulos pélvicos al inicio y después de las sesiones de tratamiento.	En comparación con el grupo control, el GI realizó las siguientes actividades en menor tiempo: TUG y tiempo de zancada. Además, el GI aumentó la velocidad de la marcha y la retroversión pélvica, y disminuyó el intervalo pélvico/rotaciones externas y la amplitud de la rotación pélvica al caminar.
----------------	--	---	--	--	--	--

Julien L. et al	El entrenamiento de la marcha asistido por robot mejora la marcha y la conectividad cerebral en niños con parálisis cerebral unilateral	https://doi.org/10.1038/s41390-024-03240-1		40 niños con parálisis cerebral unilateral de entre 4 y 18 años	Fueron asignados aleatoriamente en diez sesiones de RAGT de 20 minutos con el sistema G-EO, cinco días a la semana ($n = 20$) o a un grupo control (que continuó la atención convencional con seis sesiones de fisioterapia de 30 minutos, tres días a la semana) ($n = 20$), dos semanas seguidas.	La velocidad de la marcha y la distancia recorrida en la prueba de marcha de 6 minutos mejoraron más tras la prueba RAGT. La conectividad funcional en reposo aumentó tras la prueba RAGT, pero disminuyó en los controles entre las redes sensoriomotoras superiores y laterales sanas o laterales lesionadas.
Warnier N. et al.	Efecto de la terapia de realidad virtual sobre el equilibrio y la marcha en niños con parálisis cerebral: una revisión sistemática	https://doi.org/10.1080/0/17518423.2019.1683907 https://scihub.se/https://doi.org/10.1080/17518423.2019.1683907	Investigar el efecto de la terapia de realidad virtual (TRV) sobre el equilibrio y la marcha en niños con parálisis cerebral (PC).	-----	Se realizó una búsqueda sistemática en PubMed y Embase hasta el 9 de julio de 2019. Se incluyeron los artículos cuya población estaba compuesta por niños con parálisis cerebral y se reportaban datos sobre el equilibrio y/o la marcha. Los resultados se agruparon en dos metanálisis.	Se incluyeron 26 artículos. Para los metanálisis, se utilizaron 5 para el equilibrio y 4 para la marcha. Los metanálisis mostraron un resultado significativo a favor de la VRT para el equilibrio (DME 0,89 [IC del 95 %, DE 0,14; 1,63]) y para la marcha (DME 3,10 [IC del 95 %, DE 0,78; 5,35]).

Hao J. et al.	La aplicación de la realidad virtual a la rehabilitación domiciliar de niños y adolescentes con parálisis cerebral: una revisión sistemática y un metanálisis	https://doi.org/10.1080/09593985.2023.2184220	Examinar la viabilidad y los efectos de la rehabilitación domiciliar mejorada con realidad virtual sobre las funciones y estructuras corporales, la actividad y los resultados de participación en niños y adolescentes con parálisis cerebral.	-----	Una revisión sistemática de 18 estudios evaluó la efectividad de la rehabilitación con realidad virtual en el hogar, encontrando mejoras significativas en función manual, función motora gruesa y capacidad de marcha. Dos revisores independientes seleccionaron y evaluaron los estudios, utilizando herramientas de evaluación de calidad como la escala de la Base de Datos de Evidencia de Fisioterapia y las Herramientas de Evaluación de la Calidad de los Estudios de los Institutos Nacionales de Salud (NIH).	La rehabilitación con realidad virtual en el hogar muestra potencial para mejorar diversas áreas, incluyendo función motora, fuerza, equilibrio, marcha, cognición y participación en actividades diarias, en personas con ciertas condiciones.
---------------	---	---	---	-------	---	---

Yaşar B. et al.	Efectividad del entrenamiento de la marcha asistido por robot sobre las habilidades funcionales en niños con parálisis cerebral	.https://www.researchgate.net/publication/350317474_Effectiveness_of_Robot-Assisted_Gait_Training_on_Functional_Skills_in_Children_with_Cerebral_Palsy	Investigar los efectos del entrenamiento de la marcha asistido por robot (RAGT) sobre las funciones motoras, el estado de espasticidad, el equilibrio y la funcionalidad en niños con parálisis cerebral (PC).	Un total de 26 pacientes a los que se les había diagnosticado parálisis cerebral (dipléjicos, con niveles 2-5 en el sistema de clasificación de la función motora gruesa [GMFCS]) y que participaban regularmente en un programa de rehabilitación fueron reclutados en el estudio después de obtener la aprobación de sus padres.	El estudio asignó aleatoriamente a 26 pacientes en dos grupos: Grupo 1 (n = 13) recibió fisioterapia convencional (65 minutos, 2 veces/semana x 8 semanas) y Grupo 2 (n = 13) recibió fisioterapia convencional (40 minutos) más terapia de fuerza con RoboGait (25 minutos), ambos grupos con una frecuencia de 2 veces/semana durante 8 semanas. Se evaluaron funciones motoras, espasticidad, equilibrio y estado funcional.	Un estudio de 8 semanas con 26 niños con parálisis cerebral encontró que tanto la fisioterapia convencional (TC) como la TC combinada con terapia de fuerza asistida por robot (RAGT) redujeron significativamente la espasticidad ($p < 0,05$) y mejoraron la independencia funcional, el equilibrio y el rendimiento ($p < 0,05$). Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los grupos ($p > 0,05$), lo que sugiere que agregar RAGT a la TC no ofrece beneficios adicionales en este contexto.
-----------------	---	--	--	--	---	--

Conner B. et al.	Evaluación piloto de los cambios en el control motor después del entrenamiento de resistencia robótica portátil en niños con parálisis cerebral.)	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=343322 <u>14</u>	Determinar la respuesta neuromuscular y biomecánica a cuatro semanas de terapia de resistencia del tobillo con exoesqueleto (exoterapia) en niños con parálisis cerebral.	Cinco niños con parálisis cerebral (12-17 años, GMFCS I-II, dos dipléjicos y tres hemipléjicos, cuatro varones y una mujer)	Después de 10 sesiones de 20 minutos de exoterapia, los participantes mostraron mejoras significativas en el control neuromuscular, incluyendo una reducción del 29% en la cocontracción muscular ($p = 0,02$), un aumento del 33% en la correlación con un perfil de activación típico del sóleo ($p = 0,01$) y un aumento del 7% en la complejidad del control neural ($p < 0,01$). Estas mejoras resultaron en un patrón de marcha más eficiente (58% de mejora, $p < 0,05$) y un menor coste metabólico de transporte (-29%, $p = 0,02$).	La terapia de resistencia con exoesqueleto de tobillo muestra potencial para mejorar el control neuromuscular en niños con parálisis cerebral y podría ser un valioso complemento en la rehabilitación.
---------------------	---	--	---	---	---	---

Ravi D. et al.	Efectividad de la rehabilitación con realidad virtual para niños y adolescentes con parálisis cerebral: una revisión sistemática actualizada basada en evidencia	https://www.physiotherapyjournal.com/article/S0031-9406(16)30064-5/abstract	Proporcionar una guía actualizada basada en evidencia para la rehabilitación con realidad virtual en las habilidades motoras sensoriales y funcionales de niños y adolescentes con parálisis cerebral.	-	La revisión encontró evidencia moderada de que ciertas intervenciones mejoran el equilibrio y el desarrollo motor general en personas con parálisis cerebral, aunque la evidencia para otras habilidades motoras es limitada. Se analizaron datos de 369 participantes.	La rehabilitación con realidad virtual muestra evidencia moderada de mejorar el equilibrio y las habilidades motoras en niños y adolescentes con parálisis cerebral, aunque se requiere más investigación y seguimiento a largo plazo para determinar su papel exacto en el manejo de la condición.
Colomera J. et al.	Eficacia de la asistencia robótica para el entrenamiento de la marcha en niños con parálisis cerebral. Una revisión sistemática	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048712019301057	Evaluar sistemáticamente los efectos de la asistencia robótica para el entrenamiento de la marcha, en comparación con la terapia física de rehabilitación en niños con parálisis cerebral (PC), basándose en la Clasificación internacional del funcionamiento (CIF), salud y discapacidad.	-----	Se incluyeron ensayos clínicos aleatorizados o cuasi aleatorizados. La búsqueda se llevó a cabo en las bases de datos PubMed, PEDro, CENTRAL, CINALH, Cochrane, Embase, Europe PMC, LILACS y Science Direct.	Cuatro estudios cumplieron con los criterios de elegibilidad. En su mayoría se evaluaron parámetros temporoespaciales, cinéticos y cinemáticos de la marcha.

Snider et al.	L. La realidad virtual como modalidad terapéutica para niños con parálisis cerebral	https://search.proquest.com/docview/230811100 = results/record-detail/37969	Se examinó la evidencia del uso de la realidad virtual (RV) con niños con parálisis cerebral (PC).	-----	Una búsqueda en 13 bases de datos electrónicas identificó todos aquellos estudios respecto al uso de VR como una intervención para niños por CP	Los resultados documentados fueron reorganización/plasticidad cerebral, capacidad motriz, habilidad visuoespaciales, participación social y factores personales. Dos estudios eran ensayos clínicos aleatorizados.
Menekseoglu et al.	El efecto de un programa de rehabilitación gamificado mediado por realidad virtual sobre las funciones de las extremidades superiores en niños con parálisis cerebral hemipléjica: un estudio prospectivo, aleatorizado y controlado	https://search.proquest.com/docview/230811100 = results/record-detail/70499	El objetivo del estudio es investigar los efectos de un programa de rehabilitación gamificado mediado por realidad virtual sobre las funciones, habilidades, rango de movimiento, tono muscular y calidad de vida de las extremidades superiores en niños con parálisis cerebral hemipléjica.	36 niños con parálisis cerebral hemipléjica	Los niños se dividieron aleatoriamente en dos grupos: el grupo de realidad virtual ($n = 18$) y el grupo control ($n = 18$). Se realizaron ejercicios de estiramiento y de amplitud de movimiento en la extremidad superior afectada de ambos grupos. El grupo de realidad virtual realizó rehabilitación de la extremidad.	Se observó un aumento significativo en los valores de la Evaluación de la Mano de Asistencia, ABILHAND-Kids, la Prueba de Calidad de las Habilidades de las Extremidades Superiores y KINDL en el grupo de realidad virtual. Además, se observaron aumentos significativos en el rango de movimiento articular activo de flexión de dedos, flexión de muñeca, pronación y supinación en el grupo de realidad virtual.

El-Shamy
S. et al.

Eficacia de la <https://search.pedro.org.au/search-results/rec-ord-detail/51408>
terapia robótica Armeo versus la terapia convencional sobre la función de las extremidades superiores en niños con parálisis cerebral hemipléjica

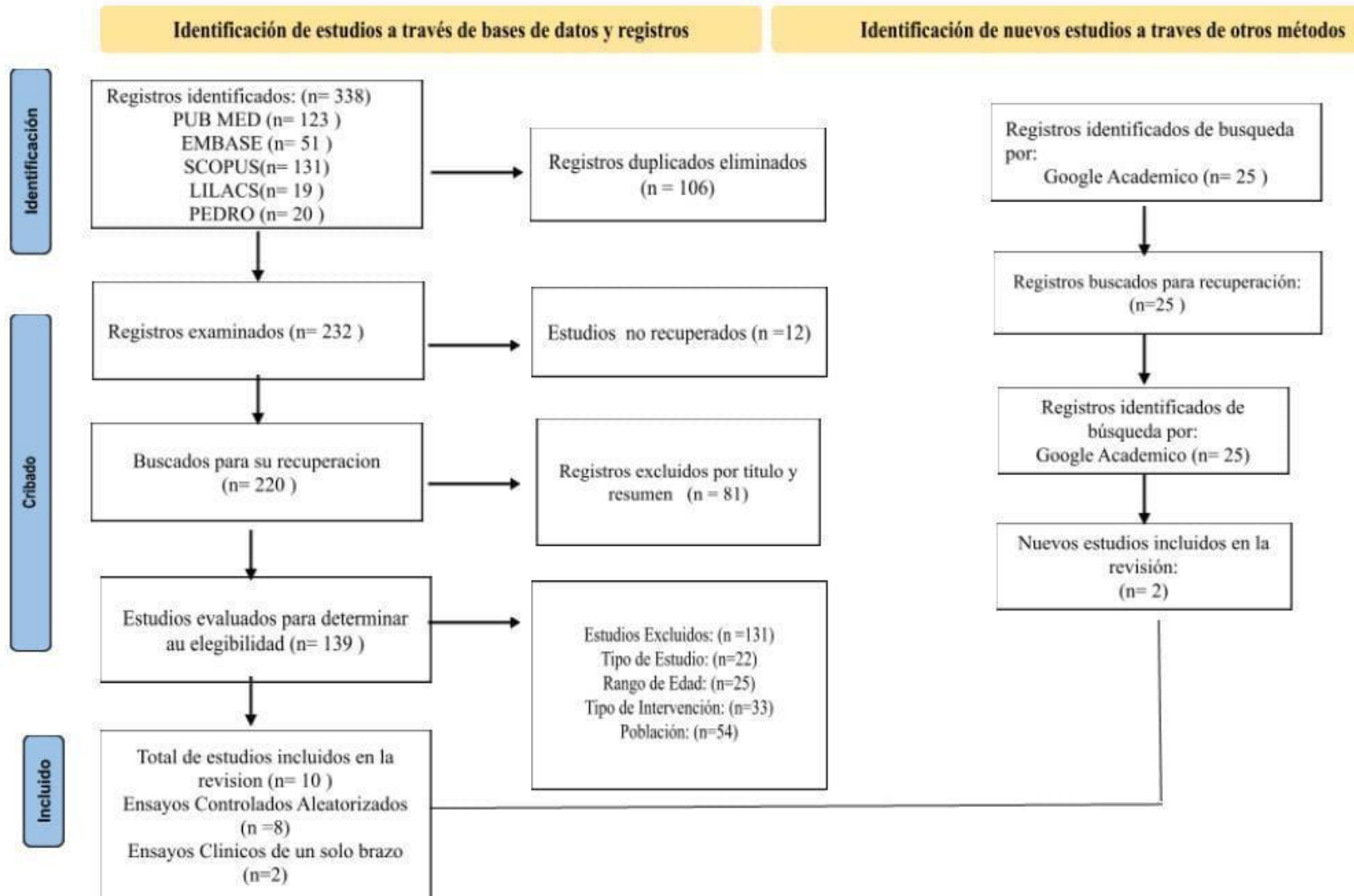
El objetivo de este estudio fue examinar la eficacia de la terapia robótica Armeo, en comparación con la terapia convencional, en la función de las extremidades superiores en niños con parálisis cerebral hemipléjica.

30 niños con parálisis cerebral hemipléjica

Asignados aleatoriamente a dos grupos. El grupo de estudio ($n = 15$) recibió 12 semanas de terapia robótica Armeo y el grupo control ($n = 15$) recibió terapia convencional durante el mismo período. Los resultados medidos al inicio y después de 12 semanas de intervención.

Los niños del grupo de estudio mostraron una mejora significativa en las medias de todas las variables medidas, en comparación con los del grupo control ($p < 0,05$).

ANEXO 5. Flujograma Prisma ScR



ANEXO 6. Ficha de extracción de datos

Título	
Pregunta de la investigación	
Objetivo de la investigación	

Título	Autores	Año de publicación	País	Idioma	Diseño de estudio	Objetivo	Tamaño de muestra	Método	Instrumento	Resultados
---------------	----------------	---------------------------	-------------	---------------	--------------------------	-----------------	--------------------------	---------------	--------------------	-------------------