



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
FUNDACIÓN TELETÓN MÉXICO A.C.
UNIVERSIDAD TELETÓN



**EFFECTOS DE LA TERAPIA ROBÓTICA EN LA MARCHA DE NIÑOS CON PARÁLISIS
CEREBRAL ESPÁSTICA GMFCS I - III: REVISIÓN SISTEMÁTICA**

TESIS

**Para obtener el grado de
MEDICO ESPECIALISTA EN MEDICINA DE REHABILITACIÓN**

PRESENTA

Edith Reyes Castillo

ASESORES

Dr. Demetrio Villanueva Ayala

Ingeniero en Electrónica

Maestro en Ciencias en Bioingeniería

Doctorado en Biomecánica

Dra. Blanca Gabriela Lizeth Legorreta Ramírez

Médico especialista en Rehabilitación

Posgrado Rehabilitación Pediátrica

Dra. Grissell Calvo Valencia

Médico especialista en Rehabilitación

Posgrado Rehabilitación Pediátrica

Ciudad Universitaria, Cd de México. 2019.





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

ANTECEDENTES CIENTÍFICOS	3
JUSTIFICACIÓN.....	13
OBJETIVOS DEL TRABAJO	14
MATERIAL Y MÉTODO.....	15
RESULTADOS.....	17
DISCUSIÓN	24
CONCLUSIONES	26
ASPECTOS ÉTICOS	27
RECURSOS HUMANOS, FÍSICOS Y FINANCIEROS	27
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
ANEXOS	31

ANTECEDENTES CIENTÍFICOS

La Parálisis Cerebral (PC) fue definida en 2006 por Rosenbaum, Paneth y Levinton como un grupo de desórdenes permanentes del desarrollo del movimiento y de la postura, que causa la limitación de la actividad y que se atribuyen a disturbios no progresivos que ocurren en el cerebro fetal o infantil en desarrollo. Los desórdenes motores en la PC están acompañados por alteraciones en la sensibilidad, percepción, cognición, comunicación y comportamiento; por epilepsia y secundariamente por problemas musculoesqueléticos. Clínicamente puede cambiar en su presentación debido al crecimiento, plasticidad y maduración del sistema nervioso central. ^(1, 2, 3)

La prevalencia de PC oscila entre 1,5 y 2,5 por 1000 nacidos vivos entre las naciones occidentales, con una tendencia a la disminución observada durante los años noventa. Sin embargo, la prevalencia ha aumentado más recientemente entre los recién nacidos prematuros en América del Norte, esto como posible consecuencia de grandes descensos en la mortalidad infantil. ^(4,5) Hay una clara relación en base a la clase social y la prevalencia de PC, observándose que a menor estatus socioeconómico es mayor la prevalencia. ⁽⁶⁾ En México se estima que existen no menos de 500 000 casos de PC y de acuerdo con datos de la Oficina de Representación para la Promoción e Integración Social de las Personas con Discapacidad de la Presidencia de la República, cada año se suman a esa cifra 12000 personas con este padecimiento, de las cuales 75% requiere a través de un entrenamiento guiado, formar los patrones de movimiento neuromuscular para la marcha funcional. ⁽⁷⁾

Se ha identificado una amplia gama de trastornos causales y factores de riesgo para la PC. Se clasifican en los grupos de lesión cerebral prenatal, perinatal y postnatal. Estos factores pueden coexistir e interactuar entre sí contribuyendo a la patogénesis de la lesión cerebral que resulta en parálisis cerebral, siendo la hipoxia, la prematurez y el peso bajo al nacer los factores de riesgo más importantes en países desarrollados. ⁽⁸⁾

Debido a la amplia variabilidad en la presentación clínica de la PC, han sido descritos varios esquemas de clasificación: de acuerdo con su fisiología se divide en espástica o con afección de la vía piramidal, discinética o extrapiramidal y mixta; dentro de la PC espástica se subclasifica de acuerdo a la región del cuerpo afectada en monoplejía, diplejía y cuadriplejía. La extrapiramidal se subdivide en coreoatetoide, distónica, atáxica e hipotónica. Otra forma de clasificación es de acuerdo con la funcionalidad. ^(8, 9)

La Parálisis cerebral de tipo espástica es la forma más común y constituye aproximadamente el 80% de los casos, asociado con lesión de la vía piramidal. La espasticidad es el aumento del tono muscular dependiente de velocidad con el estiramiento pasivo, causado por una exageración del reflejo de estiramiento muscular. ⁽⁹⁾ Esta función muscular alterada conduce a la deposición de colágeno tipo I en el endomisio del músculo afectado, lo que lleva a un engrosamiento y fibrosis, cuyo grado se correlaciona con la severidad de la espasticidad. A menudo, los pacientes tienen una cocontracción simultánea de grupos musculares normalmente antagónicos que provocan fatiga, pérdida de destreza, coordinación y dificultades de equilibrio. Las contracturas articulares, la subluxación y la degeneración son comunes en pacientes con PC espástica. ⁽⁹⁾

La PC discinética o extrapiramidal constituye aproximadamente del 10 al 15% de los casos de parálisis cerebral. Los pacientes son incapaces de realizar movimientos significativos debido a la implicación inapropiada de los músculos agonistas y antagonistas. El estado mental está conservado.

En cuanto a su clasificación topográfica, la hemiplejía constituye un 20% de los casos de parálisis cerebral espástica, la diplejía aproximadamente 50% y la cuadriplejía un 30%.

Para su clasificación funcional, se cuenta con el Gross Motor Function Measure (GMFM) y el Gross Motor Function Classification System (GMFCS):

1. GROSS MOTOR FUNCTION MEASURE: Es una herramienta que evalúa el cambio en la función motora gruesa en niños con parálisis cerebral de 5 meses a 16 años de

edad. Mide la "actividad" definida en la Clasificación Internacional del Funcionamiento, la Discapacidad y la Salud.

Para administrar el GMFM, un terapeuta entrenado observa que el niño completa una serie de tareas motoras gruesas en un ambiente estandarizado y se mide la mejor capacidad del niño (lo que una persona puede hacer en un ambiente estandarizado y controlado) en lugar de desempeño (lo que una persona realmente hace en su ambiente diario). ⁽¹⁰⁾ (Anexo 1: GMFM).

2. GROSS MOTOR FUNCTION CLASSIFICATION SYSTEM: Es un sistema de clasificación de 5 niveles, que describe la función motora gruesa de niños y jóvenes con PC sobre la base del movimiento iniciado voluntariamente, con énfasis en la sedestación, transferencias y movilidad, se divide por grupos de edad: de 0 a 2 años, de 2 a 4 años, de 4 a 6 años y de 6 a 12 años. Las diferencias se basan en limitaciones funcionales, la necesidad de utilizar dispositivos de apoyo manual para la movilidad (andadores, bastones, muletas) o sillas de ruedas y en menor medida, en la cualidad del movimiento. ⁽¹¹⁾ (Anexo 2: GMFCS)

Bleck describió que al encontrar 2 de los siguientes signos en un paciente, el pronóstico de marcha es nulo: persistencia del reflejo tónico asimétrico del cuello, persistencia de reflejo tónico simétrico del cuello, persistencia de reacción positiva de soporte, reflejo persistente de Moro, un reflejo persistente del enderezamiento del cuello, ausencia de la reacción de colocación (escalón) y una ausencia de la reacción normal de paracaídas después de los 11 meses. La persistencia de estos reflejos primitivos se asocia con daño cerebral extenso y severo y un mal pronóstico para la marcha independiente, el autocuidado y las actividades de la vida diaria.

La presencia de reflejos tónicos del cuello por lo general es incompatible con el equilibrio y la capacidad de realizar movimientos alternantes de las extremidades inferiores necesarias para caminar. Sentarse de forma independiente a los 2 años de edad es un buen predictor de la marcha independiente. Si un niño no puede sentarse de forma independiente a los 4 años, es poco probable camine sin ayuda. Si un niño no ha

aprendido a caminar a los 8 años de edad y está limitado por contracturas severas, es poco probable que llegue a caminar. ^(9,12).

Los niños con hemiplejía y diplejía espástica con buena función cognitiva generalmente logran marcha independiente. La mayoría de los niños hemipléjicos espásticos son capaces de convertirse en adultos independientes incluso sin terapia, logrando la marcha a la edad de 3 años según Molnar. En pacientes con diplejía generalmente se logra a los 3 años de edad y es necesaria la fisioterapia y el manejo de la espasticidad para lograr una marcha más eficiente, lográndola en un 65% de los pacientes, sin embargo, la mayoría de ellos necesitan cirugía ortopédica en la infancia o la adolescencia. Aproximadamente 85% de niños con cuadriplejía son incapaces de caminar. Los niños con PC atetóide adquieren la marcha en el 75% de los casos pero su logro se puede retrasar hasta los 15 años, en las formas leves usan dispositivos de ayuda para la deambulaci3n sin embargo los severos siguen siendo totalmente dependientes. ⁽³⁾

Los pacientes con PC presentan 2 tipos de marcha anormales, dipléjica y hemiplejica:

MARCHA DIPLEJICA: La estabilidad se altera debido a deterioro del equilibrio, aumento del tono muscular que conlleva a contracturas y a debilidad muscular. Los niños diplejicos empiezan a estar de pie con las caderas, las rodillas y los tobillos extendidos y las piernas cruzadas. Posteriormente, se producen flexi3n de cadera y rodilla y flexi3n plantar de tobillo. El agazapamiento se produce cuando el ni3o crece. Los patrones de marcha se establecen aproximadamente a los 5 a 7 años de edad. En el plano sagital se esperan 3 tipos de marcha patol3gica: la de salto, agazapada y la marcha con rodilla rívida.

Marcha de salto: El ni3o camina con las caderas flexionadas, rodillas flexionadas y los tobillos en flexi3n plantar como si estuviera listo para saltar. Esto es típico cuando empiezan a caminar, la raz3n es la espasticidad de los flexores de cadera, rodilla y flexores plantares de tobillo.

Marcha agazapada: El aumento de la flexi3n de la rodilla y la hiperdorsiflexi3n del tobillo ocurren durante la fase postural. Se presentan en ni3os mayores y después de alargamientos aislados de tríceps. Los flexores de la cadera e isquiotibiales est3n contracturados y los cuádriceps y los tríceps est3n débiles. ^(14, 3)

Marcha de rodilla rígida: Se produce disminución de la flexión de la rodilla durante la fase de balanceo. El músculo recto femoral está espástico y no permite que la rodilla flexione en las fases inicial y media. La limitación de la flexión de la rodilla causa dificultad en la dorsiflexión del pie y en la escalada.

Estos patrones de marcha sagital coexisten con patologías frontales y transversales. El patrón de tijera se define como el cruce de las piernas durante la marcha, la causa es la espasticidad de los aductores de cadera y de los músculos isquiotibiales mediales combinados con una excesiva anteversión femoral.

MARCHA HEMIPLÉJICA: Se subdivide en cuatro tipos. Tipo 1: no hay dorsiflexión activa del tobillo y el pie está en equino. Tipo 2: función del tibial anterior presente y el pie persiste en equino debido a la espasticidad en gastrocnemios. Con el tipo 1, incluso si el músculo gastrocnemio se alarga, el paciente todavía necesita un aparato ortopédico para mantener el pie a la neutra; Sin embargo, con el tipo 2, el alargamiento del gastrocnemio da como resultado una marcha más funcional porque el paciente es capaz de realizar dorsiflexión del tobillo. Tipo 3: actividad anormal de isquiotibiales o recto femoral, que provoca genu recurvatum o rigidez de la rodilla, además de los problemas observados con los tipos 1 y 2. Tipo 4: además de la actividad anormal muscular de la rodilla, el incremento en la flexión de cadera y la espasticidad o contractura de aductores están presentes. También podrían presentarse deformidades en el plano transversal como la torsión tibial y la anteversión femoral. ^(14, 3)

El laboratorio de análisis de movimiento es una herramienta que facilita la comprensión de los mecanismos subyacentes de la marcha en las diferentes patologías, define perfiles de evolución en el tiempo, orienta y controla de manera objetiva los tratamientos y sus resultados con un enfoque funcional.

Los parámetros obtenidos son:

- a) Parámetros temporoespaciales: velocidad de marcha, largo de los pasos, cadencia, ancho del paso y duración de las fases del ciclo de marcha.
- b) Cinemática: Se obtiene el movimiento articular tridimensional.
- c) Cinética: fuerzas de reacción al piso.

d) Electromiografía dinámica: registro del momento en que se activan e inactivan los diferentes grupos musculares durante la marcha. ⁽¹³⁾

Para el tratamiento de la PC se necesita de un equipo multidisciplinario (neurólogo, rehabilitador, fisioterapeuta, terapeuta ocupacional, ortopedista, psicólogo, terapeuta de lenguaje, pediatra) que valore y atienda integralmente al paciente. El tratamiento debe ser individualizado para cada paciente, en función a la situación en que se encuentre dependiendo de la edad, tipo de afección motora, capacidades cognitivas y comorbilidades asociadas, tomando en cuenta el entorno familiar, social y escolar.

Se ha encontrado que los niños con PC presentan un mayor costo de energía durante la marcha que sus pares en desarrollo. La disminución en la función motora es predictiva de una reducción de la capacidad de actividad, participación e interacción social. Por tanto, la eficiencia y el desarrollo de la marcha independiente son a menudo el foco de las intervenciones terapéuticas para los niños con PC. La teoría del aprendizaje motor sugiere que cuando se encuentra una nueva habilidad motora o cuando se adapta una habilidad motora a una situación específica, se selecciona un grupo de neuronas interconectadas de un repertorio neuronal primario basado en la experiencia previa de la tarea. Los patrones de movimiento generados y los ajustes posturales se definen a través de retroalimentación aferente. Por tanto, se ha argumentado que para desarrollar y mejorar una habilidad motora tal como caminar, se necesitan tareas repetitivas. ⁽¹⁵⁾

Los resultados de estudios en modelos animales sugieren la existencia de redes neuronales dentro de la médula espinal que son capaces de generar patrones de actividad muscular que replican la marcha. Que tales redes espinales también pueden existir en los seres humanos se apoya en el hecho de que el reflejo de escalonamiento se conserva en los recién nacidos anencefálicos. Existe evidencia de que la terapia locomotora para recuperar la capacidad de caminar utilizando el principio de la neuroplasticidad mediante entrenamiento de tareas específicas es eficaz en el proceso de rehabilitación de pacientes con trastornos centrales de la marcha. ^(4,15)

La activación de los músculos de los miembros inferiores durante la marcha, es producida por los circuitos neuronales dentro de la médula espinal, es decir, los generadores centrales de patrones. Para el control de la locomoción humana, la información aferente de los sistemas visual, vestibular y propioceptivo es utilizada por los generadores centrales de patrones. La convergencia de las vías reflejas espinales y las vías descendentes en las interneuronas espinales comunes parecen desempeñar un papel integrador. La generación de un patrón locomotor apropiado depende de una combinación de la programación central y de las entradas aferentes, así como la instrucción para la condición motora respectiva. Esta información determina el modo de organización de las sinergias musculares que están diseñadas para satisfacer múltiples condiciones de postura y marcha. Los mecanismos centrales y las señales aferentes interactúan de tal manera que la fuerza de un reflejo en un músculo o un grupo sinérgico de músculos sigue un programa que depende de la tarea real. ⁽¹⁶⁾.

Se sabe que el fortalecimiento muscular y la terapia basada en ejercicios mejoran la recuperación motora después de una lesión cerebral, pero la restauración de una función está mediada en gran medida por la neuroplasticidad, la capacidad de la corteza cerebral para modificar su organización funcional como resultado de la experiencia. Los cambios en los mapas corticales son impulsados por aspectos específicos de la demanda de comportamiento (es decir, motivación, adquisición de habilidades) y no son simplemente el resultado de un uso repetitivo o entrenamiento de fuerza. La dosificación (número de movimientos) y la intensidad (movimientos por unidad de tiempo) del entrenamiento son importantes y son factores críticos para la activación de la plasticidad cortical. Si este fenómeno se generaliza a las lesiones del sistema nervioso central, entonces las técnicas de rehabilitación pueden tener mejores resultados si se inducen niveles crecientes de volumen e intensidad de entrenamiento de las habilidades motoras. ⁽¹⁷⁾

Una de las definiciones más completas de neuroplasticidad fue descrita por Mary L. Dombrov en 2011, quien refiere que la plasticidad son cambios en las redes neuronales en respuesta al entrenamiento, el daño, rehabilitación, farmacoterapia, estimulación eléctrica o magnética y a terapias génicas y de células madre. La plasticidad del sistema

nervioso central incluye la neurogénesis, la apoptosis, los brotes dendríticos y axónicos, la potenciación a largo plazo de la transmisión sináptica, la depresión a largo plazo de la transmisión sináptica, el reclutamiento de la corteza adyacente y el reclutamiento del hemisferio contralateral. ⁽¹⁸⁾

El entrenamiento de la marcha sobre una banda caminadora con el peso corporal parcialmente suspendido es una manera de entrenar repetidamente todo el ciclo de la marcha y facilitar un patrón mejorado de la misma; cuando se utiliza junto con un soporte de peso corporal, se puede reducir el impacto de un pobre equilibrio en la capacidad del niño para mantener su peso durante la marcha. El entrenamiento con soporte parcial de peso es factible en niños con parálisis cerebral de tan solo 15 meses y puede ser usado en niños que aún no logran marcha independiente.

En los últimos 20 años, la neurorrehabilitación ha sufrido una revolución debido a la influencia de los avances en neurociencia y neurotecnología. Estos dieron lugar a los sistemas de realidad virtual, los neurorrobots, los estimuladores electromagnéticos neurales y dispositivos portátiles.

Un sistema de entrenamiento robótico debe de ser favorable para el paciente, esto es, proporcionar alta relación riesgo/ beneficio; debe haber conocimiento previo de la neurofisiología y de la tecnología por parte del terapeuta, para así tomar buenas decisiones clínicas y hacer un óptimo uso del sistema robótico, obteniendo el mejor beneficio para el paciente. ⁽¹⁹⁾

La rehabilitación robótica puede reemplazar el esfuerzo de entrenamiento físico de un terapeuta, permitir movimientos repetitivos más intensos, proporcionar la terapia a un costo razonable, y evaluar cuantitativamente el nivel de recuperación motora midiendo la fuerza y los patrones de movimiento. Se han desarrollado diferentes robots para el re-entrenamiento de la marcha, entre ellos: Lokomat, LokoHelp, ReoAmbulator, ARTHuR, POGO and PAM, ALEX, LOPES, ALTRACO, RGR, String-Man. De estos 10 sistemas que componen el grupo, sólo tres están en el mercado: el LokoHelp, ReoAmbulator y Lokomat.

⁽²⁰⁾

El Lokomat es hasta la fecha el más evaluado clínicamente y uno de los primeros de su tipo. Su propósito principal es volver a adquirir la marcha funcional mediante una simulación intensiva y repetitiva del modo de andar de las extremidades inferiores y una estimulación sensorial mediante retroalimentación visual y auditiva de diferentes juegos; consiste en una órtesis de marcha robótica y un avanzado sistema de soporte de peso corporal, combinado con una banda sin fin. Utiliza motores controlados por computadora que están integrados en la órtesis de marcha en cada articulación de cadera y rodilla. Los impulsores se sincronizan precisamente con la velocidad de la máquina para correr para asegurar una coincidencia precisa entre la velocidad de la órtesis de marcha y la caminadora. Están disponibles dispositivos para adulto (longitud del fémur entre 350 y 470 mm), así como un dispositivo pediátrico (210-350 mm). ^(20, 21,22)

Las contraindicaciones del sistema de entrenamiento robótico son: peso corporal superior a 135 kg, contracturas fijas pronunciadas, inestabilidad ósea, lesiones dérmicas abiertas en tronco o miembros inferiores, circulación inestable, contraindicaciones cardíacas, comportamiento no cooperador; pacientes agresivos o con deficiencia cognitiva severa, o en pacientes con infusiones (permanentes), ventilación mecánica, trastornos vasculares en miembros inferiores o con crecimiento desproporcionado de miembros pélvicos y/o columna. ⁽²³⁾

A partir de esta información se considera que la base de la terapia robótica está en el número de repeticiones que se logran conseguir para obtener un aprendizaje motor, por lo cual se utiliza no solo en pacientes con PC, sino en aquellos con enfermedad vascular cerebral, traumatismo craneoencefálico y diversos trastornos neurológicos, echando mano de todos los demás sistemas robóticos no solo para entrenamiento de marcha sino también para miembro superior. Las herramientas más importantes con las que podemos observar una mejoría objetiva tras el entrenamiento robótico son: el laboratorio de análisis de movimiento y las escalas de funcionalidad. Aún no contamos con un consenso que determine el número de sesiones y periodicidad necesarias para lograr mejorías en la marcha, siendo este un campo para investigación.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La capacidad de marcha en los niños con PC incrementa su calidad de vida ya que es esencial para la realización de sus actividades de la vida diaria y su participación social; sin embargo, estos pacientes presentan patrones anormales de marcha, por lo cual existe la necesidad de someterlos a tratamiento de rehabilitación para la mejoría de la misma, existiendo sistemas manuales que tienen la función de guiar las extremidades inferiores durante las terapias de marcha. Con la integración de la tecnología robótica y conocimiento científico en el campo de la rehabilitación, es necesario conocer esta información y mantenerse actualizados de manera constante y permanente, para conocer las ventajas que el entrenamiento de la marcha robótica puede ofrecer. Ante esta situación, nos establecemos la pregunta:

¿Cuál es la evidencia existente de los efectos de la terapia robótica de marcha de los niños con Parálisis Cerebral espástica GMFCS I-III, en términos de parámetros biomecánicos y/o funcionales, a través de una revisión sistemática de la literatura?

JUSTIFICACIÓN

Se estima que en México existen no menos de 500 000 casos de parálisis cerebral y cada año se suman a esta cifra 12 000 personas con este padecimiento, esto asociado al aumento en la supervivencia de los niños prematuros al tener un mejor equipamiento y tecnología en los servicios de salud. ⁽⁷⁾ Un 75% de éstos pacientes requiere a través de un entrenamiento guiado, formar los patrones de movimiento neuromuscular para la marcha funcional, siendo los pacientes con diparesia y hemiparesia espástica los que mejor pronóstico de marcha tienen ^(3,7)

Actualmente los sistemas robóticos tienen mayor presencia en las áreas clínicas, siendo necesario tener un mejor conocimiento y una actualización constante en el área. Por lo anterior se considera importante realizar esta revisión sistemática, para obtener la mejor evidencia disponible de los efectos en los parámetros biomecánicos y funcionales en la marcha de los niños con parálisis cerebral al utilizar terapia robótica de entrenamiento de la marcha.

OBJETIVOS DEL TRABAJO

GENERAL

- Realizar una búsqueda sistemática de la literatura, en cuanto a la evidencia existente de los efectos de la terapia robótica de marcha de los niños con parálisis cerebral espástica GMFCS I-III, en términos de parámetros biomecánicos y/o funcionales.

ESPECÍFICOS

- Clasificar por nivel de evidencia los estudios encontrados que evalúen el resultado de la terapia robótica para mejoría de la marcha en niños con parálisis cerebral espástica GMFCS I-III, ya sea en términos funcionales (GMFCS, GMFM) y/o biomecánicos (análisis de movimiento).
- Conocer los efectos del entrenamiento robótico de la marcha en niños con parálisis cerebral espástica GMFCS I-III, desde el punto de vista funcional y/o biomecánico.
- Conocer cuales elementos en el entrenamiento robótico de la marcha deben de estar siempre presentes para obtener efectos funcionales y/o biomecánicos de la marcha.
- Conocer las dosis en términos de volumen, intensidad y duración más comúnmente utilizados en la terapia robótica de entrenamiento de la marcha en niños con parálisis cerebral, sobre los efectos en las pruebas funcionales como el GMFCS y GMFM y/o en las pruebas biomecánicas de la marcha.

MATERIAL Y MÉTODO

Diseño metodológico: Revisión sistemática, descriptivo, retrospectivo y recolección de datos.

Se consultaron las bases de datos electrónicas Cochrane Database of Systematic Reviews (The Cochrane Library), Scopus, PubMed, Science Direct y PEDro.

Se identificaron los términos de búsqueda (descriptores DeCs), utilizando las siguientes palabras clave:

- Robotics (robótica)
- Therapy (terapéutica)
- Children (niño)
- Cerebral palsy (parálisis cerebral)
- Gait (marcha)
- Lokomat

Con las siguientes combinaciones de términos:

- Robotics + therapy + gait + cerebral palsy + children
- Robotics + therapy + gait + cerebral palsy
- Robotics + gait + cerebral palsy + children
- Robotics + gait + cerebral palsy
- Lokomat + cerebral palsy + children

Criterios de inclusión: Se llevaron a cabo búsquedas de la literatura con fechas de publicación desde enero de 2012 hasta diciembre de 2017. Se incluyeron estudios experimentales (ensayos clínicos aleatorizados, estudios de cohorte, casos y controles), series de caso, reporte de caso, revisiones sistemáticas y metanálisis, en idiomas español e inglés.

Artículos en donde se evaluó el resultado de la terapia robótica para mejoría de la marcha en niños de 0 a 18 años con parálisis cerebral espástica GMFCS I-

III, ya sea en términos funcionales (GMFCS, GMFM) o biomecánicos (análisis de movimiento).

Criterios de exclusión: Artículos que contienen información de terapia robótica en patologías distintas a la parálisis cerebral, como lesión medular, enfermedad vascular cerebral después de los 2 años de vida y traumatismo craneoencefálico, artículos en donde se refieren a pacientes adultos. Artículos que hablan acerca de robótica en miembros superiores.

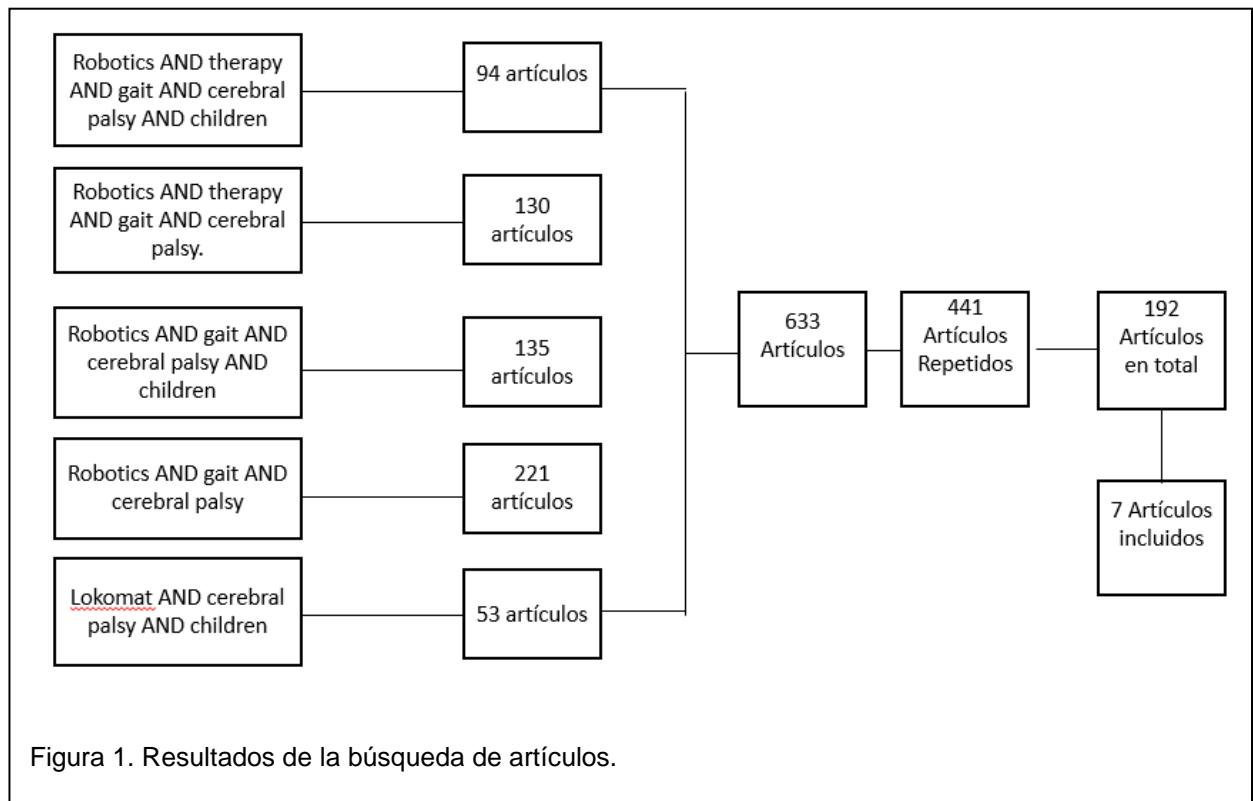
Artículos de revistas no médicas, artículos en resumen sin opción a obtenerlo completo, artículos de revistas no indexadas.

Criterios de eliminación: artículos que no cumplen con las reglas internacionales de bioética, artículos que no describen adecuadamente la metodología utilizada.

La investigación se realizó por medio electrónico de noviembre a diciembre de 2017. Se analizó el título y contenido del resumen de los artículos encontrados, obteniendo el texto completo de los que se consideren pertinentes de acuerdo a los criterios de inclusión y calidad metodológica en base a recomendaciones emitidas por las GUIAS NICE (Anexo 3)

RESULTADOS:

De acuerdo a la búsqueda realizada, se obtuvieron un total de 633 artículos (101 en pubmed, 176 en scopus, 268 en science direct, 73 en Cochrane library y 15 en PEDro). De los cuales se repitieron 441, quedando 192 artículos. De éstos, 7 cumplieron con los criterios de inclusión (figura 1).



Los artículos seleccionados son los siguientes:

1. Druzicki et al. Functional effects of robotic-assisted locomotor treadmill therapy in children with cerebral palsy. Polonia, 2013. Ensayo clínico aleatorizado con 35 participantes. Nivel de evidencia 1+. ⁽²⁵⁾

Intervención	Resultados
<p>Grupo de estudio: 26 niños con entrenamiento robótico de la marcha (Lokomat) por 45 minutos, seguido de ejercicios activos.</p> <p>Grupo control: 9 niños con ejercicios activos (17 renunciaron), con objetivos de mejorar el control motor, aumentar la estabilidad en sedestación y bipedestación y desarrollar habilidades para marcha.</p> <p>Para ambos grupos: 20 sesiones, 5 sesiones por semana, 4 semanas de tratamiento. 45 minutos por cada sesión.</p> <p>Análisis de marcha (BTS smart) antes y después del programa terapéutico: evaluando parámetros temporo-espaciales y cinemáticos de la marcha</p>	<p>No hubo diferencias estadísticamente significativas en los dos grupos en cuanto a parámetros temporo-espaciales.</p> <p>El porcentaje de la fase de apoyo de ambas extremidades inferiores fue ligeramente más grande en todos los sujetos.</p> <p>En el grupo de control, la fase de apoyo en la extremidad inferior izquierda fue más larga.</p> <p>La velocidad media de la marcha aumentó ligeramente en ambos grupos, siendo el aumento en el grupo de control el más notable.</p> <p>La mejora en la velocidad media de la marcha no difirió significativamente entre los grupos ($p = 0.5905$).</p> <p>El rango de movimiento pélvico en el plano sagital disminuyó ligeramente en ambos grupos ($p=0,8676$)</p> <p>El rango de movimiento pélvico en el plano coronal, mostró en el grupo de estudio un aumento significativamente mayor en el lado derecho ($p = 0.0130$).</p> <p>Hubo una mejora significativa en el rango máximo de flexión de cadera en la fase de oscilación para ambos grupos ($p = 0,0065$)</p> <p>Se demostró que, con una disminución en el valor medio de aducción cadera, la velocidad media aumentó ($r= -0.53, p = 0.0011$).</p> <p>En el grupo de estudio, a medida que aumenta el rango de movimiento en la articulación de la cadera, la velocidad de marcha ($r = 0,48, p = 0,0035$) y la longitud del paso también aumentaron ($r = 0,62, p = 0,0001$).</p>

2. Wu M et al. Kinematic and EMG Responses to Pelvis and Leg Assistance Force during Treadmill Walking in Children with Cerebral Palsy. Chicago, Estados Unidos, 2016. Ensayo clínico con 10 participantes. Nivel de evidencia 1-. ⁽²⁶⁾

Intervención	Resultados
<p>3 sesiones:</p> <p>La primera con una caminata sin carga durante 1 minuto (línea de base).</p> <p>La segunda realizando las siguientes 3 condiciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Carga de asistencia en la pelvis 2. Carga de asistencia en la pierna 3. Carga combinada en pierna y pelvis. <p>Cada una durante 3 minutos con descanso de 1 minuto entre cada condición, al término se dio un descanso de 5 minutos</p> <p>La tercera sesión con asistencia en pelvis y piernas realizando una caminata de 20 minutos.</p> <p>En cada una se midió actividad muscular y los parámetros temporoespaciales de la marcha.</p> <p>Se utilizó el 3D cable-driven gait training system.</p> <p>El valor máximo de la fuerza de asistencia de la pelvis fue 14% del peso corporal y el de la pierna en 6% del peso corporal.</p> <p>Velocidad ajustada a cada paciente (promedio 0.44 m/s)</p> <p>Se registraron los parámetros de la marcha temporo-espaciales en cada condición (Gait-rite System).</p> <p>La actividad EMG se registró con electrodos (active delsys) sobre la piel erosionada sobre los vientres musculares, conectados a un preamplificador y computadora personal.</p>	<p>La asistencia de la pelvis mejoró la elevación máxima del pie durante la fase de oscilación (p 0.01)</p> <p>La asistencia para la pierna mejoró la longitud del paso durante la marcha, pero redujo la activación muscular de los flexores de tobillo durante la fase de oscilación de la marcha.</p> <p>La longitud del paso y la velocidad de marcha autoseleccionada mejoraron significativamente después de una sesión de entrenamiento en cinta con asistencia combinada para la pelvis y la pierna.</p> <p>Las cargas de asistencia de pelvis y/o pierna tuvieron un impacto significativo en la longitud del paso (p= 0.01)</p> <p>La aplicación de fuerza de asistencia en pelvis y pierna indujeron cambios en el patrón de activación muscular en: abductores de cadera así como en los aductores pero en menor grado.</p> <p>La condición de carga tuvo un impacto significativo en la actividad muscular integrada del tibial anterior durante la fase de oscilación (p= 0.002) y en la de apoyo (p= 0.04), de igual manera en el Gastrocnemio medial (p= 0.02) y aductores de cadera (p= 0.02) durante la fase de apoyo; y del sóleo durante la fase de apoyo (p= 0.01) y en vasto medial (p= 0.04).</p>

3. Zak E, Sobota G et al. Robotic-assisted locomotor training in a 7-year-old child with hemiplegia. Case study. Katowice, Poland, 2012. Estudio de un caso. Nivel de evidencia 3. ⁽²⁷⁾

Intervención	Resultados
<p>18 sesiones en Lokomat pediátrico durante un período de 4 semanas</p> <p>5 sesiones por semana.</p> <p>45 minutos de duración.</p> <p>Velocidad de paso 1.2 a 1.6 km/hr</p> <p>Liberación del peso desde el 50% hasta no tener ninguna ayuda.</p> <p>Las evaluaciones previas y posteriores al entrenamiento se realizaron con los parámetros cinemáticos de la marcha utilizando el sistema de captura de movimiento (BTS-Smart).</p> <p>Resultados del estudio comparados en un grupo normativo de 12 niños sanos.</p>	<p>La distancia total cubierta fue de 12 km y 113 m.</p> <p>Después de la terapia, se observó una mejora en la mayoría de los parámetros de la marcha.</p> <p>Hubo mejora en el posicionamiento de la pelvis en el plano frontal (especialmente en la fase de oscilación).</p> <p>La rotación de la pelvis es menor en aproximadamente 10° con respecto a los valores basales en el plano transversal.</p> <p>Mayor rango de movimiento en la pelvis en el plano sagital.</p> <p>Mejoría en la flexión máxima de la rodilla.</p> <p>Mayor longitud de zancada (0.43m a 0.56m), mayor rango de movimiento en la articulación de la cadera y la rodilla de la extremidad parética.</p> <p>Mejoría en la fase de apoyo (de 55.7% a 56.5%) y fase de oscilación (de 44.3% a 43.5%) en extremidad parética.</p> <p>Mayor velocidad (de 0.26 m/s a 0.49m/s) y cadencia (de 114.89 a 128.892 pasos/min)</p>

4. Romei M. et al. Efficacy of robotic- assisted gait training compared with intensive task- oriented physiotherapy for children with cerebral palsy. Roma, Italia, 2010. Ensayo clínico aleatorizado con 19 participantes. Nivel de evidencia 1+. ⁽²⁸⁾

Intervención	Resultados
<p>2 Grupos de entrenamiento:</p> <p>9 niños: 20 sesiones de entrenamiento robótico de la marcha (RAGT) en Lokomat pediátrico (2 sesiones por semana) + 20 sesiones de fisioterapia orientada a tareas (TOP), consistentes en ejercicios específicos para mejorar la marcha, el equilibrio y las habilidades funcionales, fortalecimiento de músculos extensores y estiramientos de flexores (2 sesiones por semana).</p> <p>10 niños: 40 sesiones de TOP intensiva (ITOP), 4 sesiones por semana, 30 minutos por sesión.</p> <p>Ambos grupos durante 10 semanas.</p> <p>Soporte de peso corporal fijado a 50%.</p> <p>Velocidad 1.2 km/hr inicial y aumentó 10% cada 5 sesiones y 20% para los niños mayores.</p> <p>Evaluaciones: GMFM 66 y 88 en sus puntuaciones D y E, la prueba de caminata de 6 minutos y el Análisis de marcha 3D se evaluaron antes (T0), al final (T1) y 3 meses después del tratamiento (T2).</p> <p>Evaluación funcional de los cuidadores (FAQ), Índice de marcha de Gillette (GGI)</p>	<p>Después del entrenamiento y durante el seguimiento, ambos grupos mejoraron sus puntajes de la Medida de la función motora gruesa, mantuvieron su patrón de marcha y obtuvieron los resultados de la Prueba de marcha de 6 minutos sin cambios. No se encontraron diferencias entre los grupos en ninguna medida de resultado.</p> <p>En comparación con ITOP solo, la adición del RAGT, demostró ser igualmente efectiva para mejorar las habilidades motoras gruesas y mantener el patrón de la marcha a lo largo del tiempo.</p> <p>En ambos grupos hubo mejora significativa en la puntuación GMFM-66 y en las dimensiones D y E de GMFM-88.</p> <p>La comparación entre grupos no mostró diferencias en el efecto del tratamiento en la puntuación GMFM-66 en T1 o en T2 ($p > 0.05$).</p> <p>Al final del estudio (T2), 5 pacientes del grupo de RAGT + TOP y 3 pacientes del grupo ITOP tuvieron una mejoría en la capacidad funcional, medido por el GMFM-66.</p> <p>Para el parámetro de caminata de 6 minutos, no se encontraron cambios estadísticamente significativos para ninguno de los grupos después del entrenamiento.</p> <p>El análisis entre grupos no reveló diferencias en la distancia caminada en T1 o en T2.</p> <p>En la sesión T1, un niño en el grupo RAGT + TOP y uno en el grupo ITOP aumentaron sus valores de distancia en comparación con el valor en T0.</p> <p>En T2, el número de pacientes que tuvieron aumentos clínicamente significativos en su distancia caminada fue de 3 para el grupo RAGT + TOP y uno para el grupo ITOP. Solo un niño perteneciente al grupo ITOP tuvo una reducción clínicamente significativa en la distancia caminada en T2.</p> <p>Al analizar datos 3D de la marcha, no se encontraron cambios significativos para los parámetros de zancada (velocidad de marcha, longitud de paso, longitud de zancada y cadencia) normalizados con respecto a la altura del sujeto para ninguno de los grupos.</p> <p>La duración de la fase de apoyo no cambió después del entrenamiento o en el período de seguimiento para ninguno de los grupos.</p> <p>No hubo cambios significativos dentro o entre grupos en el GGI para ninguno de los grupos después del entrenamiento.</p> <p>En la FAQ no se encontraron cambios dentro o entre grupos.</p>

5. Verazaluce - Rodríguez et al. Evolución de la marcha en pacientes con parálisis cerebral y desplazamiento asistido, mediante su entrenamiento con equipo de asistencia robótica. México, 2014. Ensayo clínico con 33 participantes. Nivel de evidencia 1-. ⁽²⁹⁾

Intervención	Resultados
<p>19 de los pacientes incluidos (57%) utilizaban asistencia tipo caminador.</p> <p>14 pacientes (43%) utilizaban asistencia física para marcha.</p> <p>Sometidos a 40 sesiones de Lokomat</p> <p>En bloques de 10 sesiones</p> <p>Sesiones de 20 minutos</p> <p>2 sesiones por semana.</p> <p>20 semanas de tratamiento</p> <p>Velocidad 0.7 – 0.8 Km/hr</p> <p>Descarga de peso 50%</p> <p>Fuerza guía del 100%</p>	<p>8 (24%) lograron marcha sin asistencia</p> <p>25 (76%) continuaron con ayuda técnica</p> <p>Asociación estadísticamente significativa entre el entrenamiento robótico y la independencia para la marcha.</p> <p>No hubo diferencias estadísticamente significativas en la velocidad de marcha, descarga de peso y fuerza guía en las medidas iniciales y finales.</p> <p>Diferencia estadísticamente significativa ($p= 0.005962177$) entre la medida de independencia para la marcha antes y después del entrenamiento.</p> <p>2 pacientes (6%) mejoraron su patrón de desplazamiento, uno con caminador, y otro con asistencia física, 2 pacientes (6%) dejaron de utilizar el caminador y lo sustituyeron por asistencia física mínima.</p> <p>Todos los pacientes presentaron una escala de función motora gruesa (GMFS) inicial de 3 y al finalizar el entrenamiento, 8 pacientes (24%) se reclasificaron con un GMFS 2; y el 15,3% de los que permanecieron en 3 presentaron una mejoría en el patrón de la marcha con andador y/o asistencia física.</p>

6. Arellano M. et al. Análisis espacio temporal y hallazgos clínicos de la marcha. Comparación de dos modalidades de tratamiento en niños con parálisis cerebral tipo hemiparesia espástica. Reporte preliminar. México, 2013. Ensayo clínico con 14 participantes. Nivel de evidencia 1-. (30)

Intervención	Resultados
<p>2 grupos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 8 pacientes: entrenamiento robótico de la marcha con Lokomat, 10 sesiones de 30 minutos, durante 2 semanas. <p>Parámetros determinados por el equipo. Velocidad constante con variaciones en la resistencia ofrecida por la órtesis y el control voluntario del paciente.</p> <ol style="list-style-type: none"> 6 pacientes: entrenamiento de la marcha en tanque de hidroterapia, con terapeuta físico y cuidador, 10 sesiones de 30 minutos, durante 2 semanas. <p>Evaluaciones antes, al término del tratamiento y un año después: escala de Ashworth modificada, GMFCS, parámetros espacio temporales de la marcha con gaitRITE system, perfil funcional de la marcha (FAP)</p>	<p>Al término del tratamiento:</p> <p>En ambos grupos se observaron cambios significativos sobre la escala GMFCS de II al I en 3 pacientes del grupo lokomat y 1 paciente en el grupo convencional (p= 0.042). Velocidad de la marcha 87.9 cm/s a 75.08 cm/s (p=0.008). Existe correlación significativa entre el GMFCS y el FAP (p=0.042).</p> <ol style="list-style-type: none"> En el grupo de Lokomat: Velocidad mejoró de 68.8cm/s a 65.8cm/s. (p=0.025). Longitud de zancada del miembro pélvico izquierdo disminuyó de 86.1cm a 79.5cm. (p=0.025). Fase de apoyo intermedia de 45.8% a 49.1% del ciclo de la marcha, de un esperado 60% (p=0.046). Diferencial de tiempo entre los pasos: 0.23 seg Diferencial de la longitud de paso: de 21.6 cm a 7.2 cm En el grupo de hidroterapia: Velocidad de 92.2 cm/s a 86.5 cm/s (p=>0.05). Longitud de zancada izquierda de 83.8 cm a 88.02 cm (p>0.05). Fase de apoyo intermedia de 42.9% a 51.9% (p>0.05). Diferencial de tiempo entre los pasos: 0.12 seg Diferencial de la longitud de paso: de 33.9 cm a 9.1 cm <p>Después de un año:</p> <p>No persistió el cambio en el GMFCS II a I en el grupo Lokomat, el nivel se mantuvo en II para el total de la muestra. Diferencial de tiempo entre los pasos: 0.16 seg grupo Lokomat y 0.21 seg grupo tanque terapéutico. Diferencial de la longitud de paso con disminución gradual de los valores iniciales (significa mayor simetría en la marcha) 4.9 cm grupo Lokomat y 9.1 cm grupo de tanque terapéutico.</p>

7. Wallard L. et al. Robotic- assisted gait training improves walking abilities in diplegic children with cerebral palsy. Francia, 2017. Ensayo clínico con 30 participantes. Nivel de evidencia 1-. (21)

Intervención	Resultados
<p>2 grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grupo tratado (TG): 14 niños, 20 sesiones de terapia de entrenamiento de marcha asistida por robot (RAGT) en Lokomat pediátrico, 5 sesiones por semana, 40 minutos de duración, durante 4 semanas. <p>Apoyo del peso corporal del 70% y disminuyó a 40% de acuerdo a capacidad funcional de cada paciente.</p> <p>Velocidad de la marcha inició con 0.7 km/h gradualmente incrementó hasta 1.4 km/h.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grupo control (CG): 16 niños, terapia física diaria para mejorar estabilidad dinámica. 20 sesiones, 40 minutos de duración, durante 4 semanas. <p>Movilización pasiva - activa 10 minutos, seguida de ejercicios de equilibrio y postura, desplazamientos en varios terrenos, prensiones, desplazamiento de objetos.</p> <p>Análisis de marcha con Vicon System.</p> <p>Evaluaciones: GMFM 66, dimensiones D y E, análisis clínico de la marcha.</p> <ul style="list-style-type: none"> -TG: evaluaciones 3 días antes (T0) y 3 días después de la intervención (T1). -CG: evaluaciones al principio (T0) y al final (T1) de las 4 semanas. 	<p>Se observan mejoras significativas entre los valores de pre y post prueba del grupo tratado (TG).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los datos cinemáticos del cuerpo completo en los planos sagital y frontal - Muestra la utilidad del RAGT en el control del equilibrio en la marcha. <p>Análisis cinemático:</p> <p>La comparación intergrupala (T0-TG/T0-CG; T1-TG/T1-CG) no muestra diferencias significativas en T0. En T1 se observan diferencias significativas tanto para los parámetros cinemáticos de la parte superior del cuerpo (cabeza, hombro y codo) como para los parámetros cinemáticos de la parte inferior (rodilla y tobillo). Los datos para los ángulos de tórax, pelvis y cadera no muestran diferencias significativas.</p> <p>En la comparación intragrupo (T0-TG/T1-TG y T0-CG/T1-CG): Para CG, ningún dato muestra diferencias significativas. Hubo diferencias significativas para los datos de comparación intragrupo para TG para la cabeza (en ambos planos), hombro, codo, rodilla y tobillo.</p> <p>GMFM Test:</p> <p>Hubo diferencias significativas tanto para la comparación intergrupo T1-TG/T1-CG (dimensión D: 60.58% ± 14.71 para T1-TG versus 55.74% ± 15.02 para T1-CG, p=0.048; dimensión E: 50.87% ± 15.82 para T1-TG vs 43.61% ± 12.59 para T1-CG, p=0.026) y la comparación intragrupo T0/T1 TG (dimensión D: 53.89% ± 16.02 vs 60.58% ± 14.71, p=0.037; dimensión E: 42.23% ± 14.65 vs 50.87% ± 15.82, p=0.033)</p> <p>No hubo diferencias significativas en la comparación intergrupo T0-TG/ T0-CG (dimensión D: 53.89% ± 16.02 para T0-TG versus 53.81% ± 14.67 para T0-CG, p=0.073; dimensión E: 42.23 % ± 14.65 para T0-TG vs 42.51 ± 13.09 para T0-CG, p=0.09), y para la comparación intragrupo T0 / T1 CG (dimensión D: 53.81% ± 14.67 vs 55.74% ± 15.02, p=0.053; dimensión E: 42.51 ± 13.09 vs 43.61% ± 12.59, p=0.098).</p> <p>En TG hubo una mejora estadísticamente significativa en el control del equilibrio dinámico en la marcha.</p>

DISCUSIÓN

Druzicki et al ⁽²⁵⁾ demostró en una muestra de 35 pacientes que no existe diferencia estadísticamente significativa en la mejoría de los parámetros temporo-espaciales de la marcha en niños con diplejía espástica, con el uso de entrenamiento robótico de la marcha versus la terapia convencional para entrenamiento de la marcha, observándose mejoría en el rango de movilidad pélvica en el plano coronal, con aumento de la velocidad de marcha y longitud de paso.

Ming Wu et al ⁽²⁶⁾ en una muestra de 10 pacientes demostró mejoría en los patrones de actividad muscular en las fases de la marcha, de acuerdo a lo reportado como normal. Además, hubo mejoría en los parámetros temporo-espaciales incluso con una sola sesión de entrenamiento. La limitante de este estudio fue que las observaciones se hicieron en una sola sesión de entrenamiento. Siguiendo el método propuesto por Min Wu et al ⁽²⁶⁾ se podría realizar este estudio aumentando el número de sesiones y observar la duración de estos efectos.

Zak Ewelina et al ⁽²⁷⁾ realizó un estudio de caso (hemiparesia espástica derecha) GMFCS I, en donde se sometió a entrenamiento robótico por 18 sesiones, observando mejoría en todos los parámetros cinemáticos en el lado parético, además hubo mejoría en la velocidad y cadencia. No se realizó el estudio comparativo con la terapia convencional, no se llevó a cabo un análisis estadístico y se considera pertinente replicar este estudio con una muestra más grande.

Romei et al ⁽²⁸⁾ encontró que la combinación del entrenamiento robótico de marcha con la terapia física orientada a tareas funcionales, es tan efectiva como la terapia física por sí sola, en la mejora de las habilidades motoras gruesas y en el mantenimiento del patrón de la marcha 3 meses después de terminada la intervención. Estos resultados fueron demostrados por todas las evaluaciones: GMFM-66 dimensiones D y E de GMFM-88, análisis de marcha, índice de marcha de Gillette y la prueba de caminata de 6 minutos.

Verazaluze et al (29) asoció el entrenamiento robótico de la marcha con el uso de auxiliar a 33 pacientes, durante 40 sesiones, encontrándose una correlación estadísticamente significativa entre la terapia robótica y la independencia para la marcha. Un 6% de los pacientes dejó de utilizar el andador sustituyéndolo por asistencia física mínima. Además, se evidenció que con este tipo de entrenamiento, un 24% de los pacientes mejoraron su clasificación GMFCS. El inconveniente de este estudio fue que solo el 57% de los pacientes utilizaba un auxiliar para la marcha previo a la intervención.

Arellano et al (30) demostró con 14 pacientes, la presencia de cambios significativos en el GMFCS pasando de II a I en los sujetos tratados con entrenamiento robótico de marcha y en pacientes tratados con hidroterapia. Sin embargo, este cambio no permaneció al cabo de un año el grupo de entrenamiento robótico de marcha. Al término de 1 año, estos individuos presentaron mayor simetría en la marcha. A pesar de los efectos benéficos observados, el tamaño de la muestra es reducido y no todos los pacientes tenían el mismo hemicuerpo afectado, siendo recomendable llevar a cabo el estudio en una población más grande.

Wallard et al (21) en su intervención con 30 pacientes, observó que los tratados con entrenamiento robótico de la marcha mejoraron en el control de equilibrio dinámico en la marcha, tuvieron un mejor control de tronco y miembros superiores, asociado con una mejora significativa de la parte inferior del cuerpo. Muestran una mejor orientación de la mirada y mayor estabilización de la cabeza, ya sea en el plano frontal (giro de la cabeza) o el sagital (inclinación de la cabeza). De esta manera hay una mayor integración de la información vestibular y visual necesaria en las funciones relacionadas con el equilibrio. Mejoró la postura y balanceo recíproco del brazo durante la marcha, mostrando una disminución significativa de la flexión del brazo. Mejoró la cinemática de la rodilla y el tobillo en las fases de la marcha, hubo mejor alternancia de pasos y disminución en el uso diario de ayudas técnicas para caminar, mejorando en el GMFM dimensiones D y E. Los pacientes tratados con terapia física convencional no muestran diferencias significativas al inicio y al final del tratamiento. La limitante del estudio fue que no se dio seguimiento a los pacientes a largo plazo para corroborar que los resultados persistan o saber si se requiere nuevamente del tratamiento.

CONCLUSIONES

El entrenamiento de la marcha asistida por robot es una terapia complementaria para los pacientes con parálisis cerebral espástica. La terapia robótica optimiza el tiempo de trabajo con los pacientes, disminuye el esfuerzo físico del terapeuta y reduce costos a largo plazo. Además, que con este tipo de terapia existe una mayor motivación y apego al tratamiento por parte de los pacientes.

En los artículos revisados en este estudio, se demostraron resultados positivos del entrenamiento robótico de la marcha en los valores de los parámetros temporo-espaciales (velocidad de marcha, cadencia y longitud de la zancada), mejora el gasto energético (con base a la prueba de caminata de 6 minutos) y el desempeño de las tareas funcionales (dimensiones D y E de GMFM), como complemento de la terapia física convencional para entrenamiento de la marcha.

La dosis para obtener resultados debe ser como mínimo 2 sesiones por semana, con duración de al menos 30 minutos, durante 10 semanas, durante el mismo periodo en días alternos sesiones de terapia física encaminada al entrenamiento de las fases de la marcha, el equilibrio (estático y dinámico) y mejorar rangos de movilidad articular.

Es conveniente continuar en esta línea de investigación realizando estudios con grupos más numerosos y muestras más homogéneas en cuanto al tipo de parálisis cerebral, topográficamente hablando y con un solo tipo de clasificación en la función motora gruesa, debido a que cada uno tiene distinto pronóstico de marcha, por tanto, no se esperan los mismos resultados en cada grupo con la intervención realizada.

ASPECTOS ÉTICOS

Este estudio estuvo basado en las buenas prácticas clínicas, con las recomendaciones de la última versión de la declaración de Helsinki (Seúl 2008) y apego a la ley general de salud, así como al reglamento en materia de investigación. De acuerdo al artículo 17 del reglamento en materia de investigación, se considera a dicho trabajo como una investigación sin riesgo, siendo aquellos que emplean técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y aquellos en los que no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada en las variables fisiológicas, psicológicas y sociales de los individuos que participan en el estudio.

RECURSOS HUMANOS, FÍSICOS Y FINANCIEROS

- Dr. Demetrio Villanueva Ayala. Ingeniero en electrónica. Maestría en ciencias en Bioingeniería. Doctorado en biomecánica. Ingeniero de Laboratorio de Movimiento en el Centro de Rehabilitación e Inclusión infantil Teletón Estado de México: Asesor experto en el tema.
- Dra. Grissell Calvo Valencia. Médico especialista en Medicina de Rehabilitación. Curso de Posgrado de Alta especialidad en medicina de Rehabilitación Pediátrica. Subdirector médico de clínica en el Centro de Rehabilitación e Inclusión infantil Teletón Estado de México: Asesor experto en el tema.
- Dra. Blanca Gabriela Lizeth Legorreta Ramírez. Médico especialista en Medicina de Rehabilitación. Curso de Posgrado de Alta especialidad en medicina de Rehabilitación Pediátrica. Subdirector médico de clínica en el Centro de Rehabilitación e Inclusión infantil Teletón Estado de México: Asesor metodológico.
- Dra. Edith Reyes Castillo. Médico residente de 4º año de la especialidad en Medicina de Rehabilitación, Universidad Teletón. Investigador principal.
- Recursos Físicos: 1 computadora portátil, acceso a internet y a las bases de datos, hojas blancas, bolígrafo, impresora.
- Estudio financiado por el investigador.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, et al: A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Dev Med Child Neurol* 2007 Jun; 49 (6): 480.
2. Sankar C, Mundkur N. Cerebral palsy – definition, classification, etiology and early diagnosis. *Indian J Pediatr* 2005;72 (10):865-8.
3. Berker N, Yalcin Selim. *The HELP Guide To Cerebral Palsy*. Second Edition. Global Help. 2010.
4. Borggraefe I, Shaefer J, Klaiber M, Dabrowski E, Ammann-Reiffer C, Knecht B, et al: Robotic- assisted treadmill therapy improves walking and standing performance in children and adolescents with cerebral palsy. *European journal of paediatric neurology*. 14 (2010) 496-502.
5. Paneth N, Hong T, Korzeniewski S. The descriptive epidemiology of Cerebral Palsy. *Clin Perinatol* 33 (2006) 251-267.
6. Odding E, Roebroek ME, Stam HJ. The epidemiology of cerebral palsy: incidence, impairments and risk factors. *Disabil Rehabil* 2006; 28:183-191.
7. Figueroa M, Niño P, Portilla E. Sistema robótico para rehabilitación de marcha enfocado a niños con PC. Second international conference on advanced mechatronics, design, and manufacturing technology, AMDM 2014.
8. Swaiman K, Wu Y, Cerebral Palsy. En: Swaiman K, Swaiman´s pediatric neurology principles and practice, 6ª edición, elsevier Saunders, 2017, p. 999-1008
9. Sawyer J, Spence D, Cerebral Palsy. En: Azar F, Beaty J, Campbell´s operative orthopaedics, 13 edición, elsevier, 2017, p. 1250-1303.
10. Harvey A. The Gross Motor Function Measure (GMFM). *Journal of Physiotherapy* 63 (2017) 187.
11. Palisano R, Rosenbaum P, Bartlett D, Livingstone M. GMFCS – E & R Gross motor function classification system extendida y revisada. 2007. Canchild Centre for Childhood Disability Research, McMaster University
12. Espinosa J, Arroyo O, Maroto P, Ruiz D, Moreno J. Guía esencial de rehabilitación infantil. Editorial medica panamericana. 2010. Pp 71-72.

13. Haro M. Laboratorio de análisis de marcha y movimiento. Rev med clin condés – 2014; 25 (2) 237-247.
14. Armand S, Deculon G, Bonnefoy-Mazure A. Gait analysis in children with cerebral palsy. Paediatrics 2016; 1, 448-460.
15. Willoughby K, Dood K, Shields N. A systematic review of the effectiveness of treadmill training for children with cerebral palsy. Disability and rehabilitation, 2009; 31(24): 1971-1979.
16. Dietz V. Body Weight supported gait training: from laboratory to clinical setting. Brain research Bulletin 76 (2008) 459-463.
17. Castelli E. Robotic movement therapy in cerebral palsy. Developmental medicine and child neurology.
18. Garcés MV, Suárez JC. Neuroplasticidad: aspectos bioquímicos y neurofisiológicos. Rev CES Med 2014; 28(1): 119-132.
19. Morone G, Paolucci S, Mattia D, Pichiorri F, Tramontano M, Iosa M. The 3Ts of the new millennium neurorehabilitation gym: therapy, technology, translationality. Expert Rev Med Devices 2016 Sep;13(9) 785-787
20. Díaz I, Gil J, Sánchez E. Lower-limb robotic rehabilitation: literature review and challenges. Journal of robotics 2011, 1-11.
21. Wallard L, Dietrich G, Kerlirzin Y, Bredin J. Robotic - assisted gait training improves walking abilities in diplegic children with cerebral palsy. European journal of paediatric neurology XXX (2017) 1-8.
22. Hocoma. Terapia funcional de locomoción mejorada con feedback aumentado. Samarit Medibérica S.L.L; 2005
23. Rodríguez-Claudio I. Entrenamiento robótico como medio de rehabilitación para la marcha. Evid Med Invest Salud. 2012; 5 (2): 46-54.
24. Calderón- Bernal A.M. Terapia Robótica para la rehabilitación de la marcha en patología neurológica.
25. Druzbecki M, Rusek W, Snela S, Dudek J, Szczepanik M, Zak E, et al. Functional effects of robotic-assisted locomotor treadmill therapy in children with cerebral palsy. J Rehabil med 2013; 45: 358-363.

26. Wu M, Kim J, Arora P, Gaebler - Spira D, Zhang Y. Kinematic and EMG Responses to Pelvis and Leg Assistance Force during Treadmill Walking in Children with Cerebral Palsy. *Neural plasticity* 2016, 1-11.
27. Zak E, Sobota G, Durmala J. Robotic-assisted locomotor training in a 7-year-old child with hemiplegia. Case study. *Medsportpress*. 2012; 2 (4); vol.12, 159-167.
28. Romei M. Efficacy of robotic- assisted gait training compared with intensive task-oriented physiotherapy for children with cerebral palsy. The fourth IEEE RAS/EMBS international Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics Roma, Italy 2012, 1890-1894.
29. Verazaluce-Rodríguez et al. Evolución de la marcha en pacientes con parálisis cerebral y desplazamiento asistido, mediante su entrenamiento con equipo de asistencia robótica. *Rehabilitación (Madr)*. 2014; 48 (1): 3-8.
30. Arellano I, Rodríguez G, Quiñones I, Arellano S. Análisis espacio temporal y hallazgos clínicos de la marcha. Comparación de dos modalidades de tratamiento en niños con parálisis cerebral tipo hemiparesia espástica. Reporte preliminar. *Cir cir* 2013; 81; 14-20.

ANEXOS

ANEXO 1

GROSS MOTOR FUNCTION MEASURE (GMFM)

TEST DE MEDIDA DE LA FUNCIÓN MOTORA PARA NIÑOS CON PARÁLISIS CEREBRAL.

La evaluación suele tardar de 45 a 60 minutos en completarse y sólo requiere un "equipo de terapia habitual". Tiene 88 puntos cada uno anotados en una escala ordinal de 4 puntos de 0 a 3, donde 0 indica que el niño no inicia la tarea; 1 indica que el niño inicia la tarea (completa <10% de la actividad); 2 indica que el niño completa parcialmente la tarea (completa del 10 al 99% de la actividad); 3 indica que el niño completa la tarea (100%); y NT indica que el niño no fue probado. Los 88 elementos se agrupan en cinco dimensiones: A) acostado y rodarse, B) sentarse, C) gatear y arrodillarse, D) estar de pie, y E) caminar, correr y saltar. Se permite un máximo de tres ensayos para cada artículo y se registra el mejor ensayo. Las puntuaciones para cada dimensión se expresan como un porcentaje de la puntuación máxima para esa dimensión y la puntuación total se obtiene promediando las puntuaciones porcentuales a través de las cinco dimensiones.

CLAVE DE PUNTUACIÓN

- 0: No consigue iniciar
- 1: Inicia independientemente
- 2: Completa parcialmente
- 3: Completa independientemente
- NT: no probado

MATERIAL:

- Superficie llana.
- Cronómetro.
- 1 silla grande y otra pequeña.
- 2 líneas paralelas, separadas 20 cm. Marcadas en el suelo.
- 1 línea recta de 2 cm. De ancho y 1,80 m. de largo, señalada en el suelo.
- 1 círculo señalado en el suelo de 61cms. De diámetro.
- 1 mesa o un banco, de altura: entre la cintura pélvica y la cintura escapular del niño.
- Juguetes pequeños que el niño las pueda coger con una mano y uno de grande y pesado para cogerlo con las dos manos.
- 1 pelota.
- 1 barra
- 1 escalera con baranda.

NORMAS

- Seguir el orden para no olvidarse ningún ítem
- Comprensión normal: pedir
- Pequeños, no buena comprensión: imitación, observación de los movimientos espontáneos
- No facilitación directa
- Si estímulos visuales y / o auditivos
- 3 oportunidades, se puntúa la mejor
- Puntuar con x; si lo hace con órtesis: A

PUNTUACIÓN:

- A. Decúbitos y rotaciones $\frac{\text{Total A}}{51} \cdot 100 = __\%$
- B. Sentado $\frac{\text{Total B}}{60} \cdot 100 = __\%$
- C. Gatas y arrodillado $\frac{\text{Total C}}{42} \cdot 100 = __\%$
- D. Bipedestación $\frac{\text{Total D}}{39} \cdot 100 = __\%$

E. Marcha $\frac{\text{Total E} \cdot 100}{72} = \text{___} \%$

Total = $\frac{\%A + \%B + \%C + \%D + \%E}{\text{Total de secuencias}} = \text{___}$

Total objetivos = $\frac{\text{suma de \% de cada sec. esc.}}{\text{No. de secuencias esc.}} = \text{___} \%$

0	1	2	3	A. Decúbitos y volteo
				1. D.S. Gira la cabeza con las extremidades simétricas
				2. D.S. Lleva las manos a la línea media, las junta
				3. D.S. Levanta la cabeza 45 grados.
				4. D.S. Flexión de cadera y rodilla derecha completa
				5. D.S. Flexión de cadera y rodilla izquierda completa
				6. D.S. Cruza la línea media con la extremidad superior derecha para coger un juguete
				7. D.S. Cruza la línea media con la extremidad superior izquierda para coger un juguete
				8. D.S. Se da la vuelta a decúbito prono sobre el lado derecho
				9. D.S. Se da la vuelta a decúbito prono sobre el lado izquierdo
				10. D.P. Levanta la cabeza 90 grados
				11. D.P. Apoya antebrazos, eleva cabeza 90° y tronco, con extensión de codos
				12. D.P. Apoya antebrazo izquierdo, extensión completa extremidad superior derecha
				13. D.P. Apoya antebrazo izquierdo, extensión completa extremidad superior izquierda
				14. D.P. Se da la vuelta a decúbito supino sobre el lado derecho
				15. D.P. Se da la vuelta a decúbito supino sobre el lado izquierdo
				16. D.P. Pivota a la derecha utilizando las extremidades, 90°.
				17. D.P. Pivota a la izquierda utilizando las extremidades, 90°
				Total A.

0	1	2	3	B. Sentado
				18. D.S. El examinador lo estirará de las manos, él se impulsará para sentarse
				19. D.S. Gira a la derecha para pasar a sentado
				20. D.S. Gira a la izquierda para pasar a sentado
				21. S. Con apoyo de tórax controla la cabeza 3 segundos
				22. S. Con apoyo de tórax mantiene la cabeza en línea media 10 segundos
				23. S. Pies al frente, se mantiene sentado con apoyo de las extremidades superiores 5 seg.
				24. S. Pies al frente, se mantiene sentado sin soporte de las extremidades superiores 3 seg.
				25. S. Pies al frente, toca un juguete que está delante y vuelve a posición inicial
				26. S. Pies al frente, toca un juguete a 45° detrás a la derecha
				27. S. Pies al frente, toca un juguete a 45° detrás a la izquierda
				28. Sentado sobre el lado derecho, extremidades superiores libres 5 segundos
				29. Sentado sobre el lado izquierdo, extremidades superiores libres 5 segundos
				30. S. Pasa a decúbito prono con extensión de las extremidades superiores
				31. S. Pies al frente, pasa a gato por el lado derecho
				32. S. Pies al frente, pasa a gato por el lado izquierdo
				33. S. Pivota a 90° sin ayuda de las extremidades superiores
				34. Sentado en un banco se mantiene sin apoyar las extremidades superiores y pies libres 10 seg.
				35. De pie, en frente de un banco pequeño, se sienta en él
				36. Del colchón, pasa a sentarse en un banco pequeño
				37. Del colchón, pasa a sentarse en un banco grande o silla.
				Total B.

0	1	2	3	
				C. Gateo y posición de rodillas
				38. D.P. Se arrastra hacia delante 1.80 m.
				39. En posición de gato, apoya manos y rodillas 10 segundos
				40. Pasa de posición de gato a sentado
				41. Pasa de prono a gato
				42. En gato, lleva la extremidad superior derecha hacia delante por encima del hombro
				43. En gato, lleva la extremidad superior izquierda hacia delante por encima del hombro
				44. Se desplaza a gato o saltos (conejo) hacia delante 1.80 m.
				45. Se desplaza a gato con alternancia hacia delante 1.80 m.
				46. Sube 4 escalones a gatas, apoyando manos, rodillas y pies.
				47. Baja 4 escalones a gatas, apoyando manos, rodillas y pies.
				48. Pasa a sentado de rodillas, sin apoyar extremidades superiores, se mantiene 10 segundos
				49. Postura caballero, sobre rodilla derecha se mantiene 10 segundos sin apoyo
				50. Postura caballero, sobre rodilla izquierda se mantiene 10 segundos sin apoyo
				51. Camina de rodillas sin apoyo 10 pasos
				Total C.

0	1	2	3	
				D. Bipedestación
				52. Pasa a bipedestación con apoyo
				53. Se mantiene en bipedestación sin apoyo 3 segundos
				54. De pie, apoyando con una mano, eleva el pie derecho 3 segundos
				55. De pie, apoyando con una mano, eleva el pie izquierdo 3 segundos
				56. Se mantiene de pie sin apoyo 20 segundos
				57. Se mantiene de pie sin apoyo, sobre extremidad inferior derecha, 10 segundos
				58. Se mantiene de pie sin apoyo, sobre extremidad inferior izquierda, 10 segundos
				59. Sentado sobre un banco bajo, puede levantarse sin apoyo
				60. En posición caballero sobre rodilla derecha, se levanta sin apoyo
				61. En posición caballero sobre rodilla izquierda, se levanta sin apoyo
				62. Desde bipedestación, pasa a sentarse en la colchoneta sin apoyo
				63. Pasa de bipedestación a cuclillas sin apoyo
				64. Desde bipedestación coge objetos de la colchoneta sin apoyo
				Total D.

0	1	2	3	
				E. Caminar, correr y saltar
				65. Se desplaza 5 pasos a la derecha con apoyo
				66. Se desplaza 5 pasos a la izquierda con apoyo
				67. Camina 10 pasos hacia adelante con apoyo de las dos manos
				68. Camina 10 pasos hacia adelante con apoyo de una mano
				69. Camina 10 pasos hacia adelante, sin apoyo
				70. Camina 10 pasos hacia adelante, se para, gira 180° y retrocede
				71. Camina 10 pasos hacia atrás sin apoyo
				72. Camina 10 pasos hacia adelante llevando un objeto con las dos manos
				73. Camina 10 pasos consecutivos hacia adelante llevando un objeto con las dos manos
				74. Camina 10 pasos sobre una línea recta de 2cm de ancho.
				75. Pasa por encima de una barra a la altura de la rodilla, con el pie derecho
				76. Pasa por encima de una barra a la altura de la rodilla, con el pie izquierdo
				77. Corre 4.50 m, se para y vuelve al punto de salida
				78. Da una patada a una pelota con el pie derecho
				79. Da una patada a una pelota con el pie izquierdo
				80. Salta con los pies juntos una altura de 30 cm.
				81. Salta con los pies juntos hacia delante 30 cm sin apoyo
				82. Salta 10 veces sobre el pie derecho, dentro de un círculo de 61 cm.
				83. Salta 10 veces sobre el pie izquierdo, dentro de un círculo de 61 cm.
				84. Sube 4 escalones, alternando y con apoyo
				85. Baja 4 escalones, alternando y con apoyo
				86. Sube 4 escalones, alternando y sin apoyo
				87. Baja 4 escalones, alternando y sin apoyo
				88. Salto de un escalón de 15 cm de altura, sin apoyo
				Total E.

ANEXO 2

GROSS MOTOR FUNCTION CLASSIFICATION SYSTEM (GMFCS) **SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE LA FUNCIÓN MOTRIZ**

Los 5 niveles de mayor a menor funcionalidad son:

Nivel I Anda sin limitaciones

Nivel II Anda con limitaciones

Nivel III Anda utilizando un dispositivo de movilidad con sujeción manual

Nivel IV Autonomía para la movilidad con limitaciones; puede usar sistemas de propulsión a motor

Nivel V transportado en una silla de ruedas manual

0-2 años	
Nivel I	
	Realiza transiciones a y desde sedestación
	Se mantiene sentado en el suelo con las manos libres para manipular objetos
	Gatea sobre manos y rodillas
	Se pone de pie y da pasos sujetándose a los muebles
	Anda entre los 18 meses y 2 años sin necesidad de ayudas de movilidad
Nivel II	
	Se mantiene sentado en el suelo pero puede necesitar el uso de las manos para mantener el equilibrio
	Se arrastra sobre el estómago o gatea sobre manos y rodillas
	Puede intentar ponerse de pie y dar pasos sujetándose a los muebles.
Nivel III	
	Se mantiene sentado en el suelo cuando tiene apoyo en la parte inferior de la espalda
	Voltea y se arrastra sobre el estómago
Nivel IV	
	Control de la cabeza
	Se mantiene sentado en el suelo con apoyo completo de tronco
	Voltea de prono a supino y puede que voltee de supino a prono.
Nivel V	
	Las deficiencias físicas limitan el control voluntario del movimiento
	Los niños no pueden mantener la cabeza o el tronco contra la fuerza de la gravedad
	Necesitan ayuda del adulto para voltear.

2-4 años	
Nivel I	
	Realiza transiciones a y desde sedestación y bipedestación sin ayuda del adulto
	Se mantiene sentado en el suelo con las manos libres para manipular objetos
	Anda como medio de movilidad preferido sin necesidad de ayudas
Nivel II	
	Realiza transiciones a y desde sedestación sin ayuda del adulto y se incorpora a de pie apoyándose sobre superficies estables
	Se mantiene sentado en el suelo pero puede tener problemas de equilibrio cuando usa las dos manos para manipular
	Gatea sobre manos y rodillas con un patrón recíproco
	Se desplaza sujetándose a los muebles o anda usando alguna ayuda como medio de movilidad preferido
Nivel III	
	Se mantiene sentado, a menudo poniéndose en W (con rotación interna de caderas y rodillas), y puede necesitar ayuda del adulto para sentarse.
	Se arrastra sobre el estómago o gatea sobre manos y rodillas (frecuentemente sin patrón recíproco) como medios de autopropulsión

	Puede incorporarse a de pie y desplazarse apoyándose cortas distancias
	Puede andar pequeños tramos en casa con un dispositivo de apoyo manual (andador) y ayuda del adulto para giros.
Nivel IV	
	Los niños se sientan en el suelo cuando se les coloca pero no pueden mantenerse sentados en el suelo sin apoyo de las manos para equilibrarse. Pierden el control con facilidad
	Suelen necesitar ayudas especiales para sentarse o estar de pie.
	El desplazamiento por una habitación lo consiguen rodando o arrastrándose o con gateo de arrastre simétrico.
Nivel V	
	Las deficiencias físicas restringen el control voluntario del movimiento y la capacidad para mantener la cabeza y el tronco contra la fuerza de la gravedad.
	Todas las áreas de la función motora están limitadas. Las limitaciones funcionales para sentarse y estar de pie no pueden compensarse plenamente mediante el uso de tecnología de apoyo
	En el nivel V los niños no tienen posibilidades de movimiento independiente y hay que transportarlos
	Algunos pueden tener alguna autonomía utilizando una silla autopropulsada equipada con extensas adaptaciones

4-6 años	
Nivel I	
	Se sienta y se levanta de la silla son necesidad de apoyar las manos
	Se incorpora a bipedestación desde el suelo o desde la silla sin necesidad de apoyo
	Anda en interiores y exteriores y sube escaleras
	Empieza a correr y saltar
Nivel II	
	Se sienta en la silla con las manos libres para manipular objetos
	Se incorpora a bipedestación desde el suelo o desde la silla pero a menudo precisa una superficie estable para apoyarse o sujetarse con los brazos
	Anda en interiores o, en exteriores, en distancias cortas u superficies regulares sin necesidad de ayudas de movilidad
	Sube escaleras sujetándose al pasamanos pero no es capaz de correr o saltar
Nivel III	
	Se sienta en una silla normal pero puede necesitar apoyo pélvico o en el tronco para maximizar la función manual
	Anda con un dispositivo de ayuda manual a la movilidad en superficies lisas
	Sube escaleras con ayuda de otra persona
	Dependientes para desplazarse fuera de casa o en terrenos irregulares
Nivel IV	
	Pueden sentarse en sillas pero necesitan apoyo del tronco para maximizar la manipulación
	Para sentarse o levantarse necesitan ayuda del adulto o una superficie estable para impulsarse o sujetarse con los brazos
	De forma excepcional andan pequeños tramos con andador y supervisión del adulto pero tienen dificultades para los giros y para mantener el equilibrio en terrenos irregulares
	Para el desplazamiento comunitario hay que transportarlos. La autonomía de desplazamiento solo es posible con sillas autopropulsadas.
Nivel V	
	Las deficiencias físicas restringen el control voluntario del movimiento y la capacidad para mantener la cabeza y el tronco contra la fuerza de la gravedad
	Todas las áreas de la función motora están limitadas. Las limitaciones funcionales para sentarse y estar de pie no pueden compensarse plenamente mediante el uso de tecnología de apoyo.
	En el nivel V los niños no tienen posibilidad de movimiento independiente y hay que transportarlos
	Algunos pueden tener alguna autonomía utilizando una silla autopropulsada equipada con extensas adaptaciones

6-12 años	
Nivel I	
	Anda por casa, el colegio y por la comunidad
	Capaz de subir y bajar rampas sin ayuda y escaleras sin utilizar pasamano
	Corre o salta pero la velocidad, el equilibrio y la coordinación están limitadas
	Puede participar en deportes y actividades físicas en función de sus opciones personales y de los factores ambientales
Nivel II	
	Andan de forma autónoma en la mayoría de los contextos
	Tienen dificultades en superficies irregulares o inclinadas, distancias largas, lugares llenos de gente o con pocos espacios, o si tienen que transportar objetos.
	Sube y baja escaleras sujetándose del pasamano o con ayuda de otra persona si no lo hay
	En el exterior, en la comunidad, pueden andar con ayuda de otra persona, un dispositivo de apoyo manual o con una silla cuando tienen que desplazarse distancias largas
	Si existe, la capacidad para correr o saltar es mínima
	Sus limitaciones de movilidad pueden requerir adaptaciones para poder participar en actividades físicas y deportivas
Nivel III	
	Anda utilizando un dispositivo de apoyo manual en la mayoría de los espacios interiores
	Cuando están sentados pueden necesitar un cinturón para alinear la pelvis o sujetar el tronco
	Pasar de sentado a de pie y del suelo a de pie precisan de apoyo de otra persona o una superficie en la que poder sujetarse y apoyarse. Cuando se desplaza distancias largas utilizan algún tipo de dispositivo de ruedas.
	Puede subir escaleras sujetándose al pasamano con supervisión o apoyo de otra persona
	Las limitaciones para andar pueden necesitar una silla de propulsión manual o autopropulsada
Nivel IV	
	Utilizan medios de movilidad que requieren apoyo de otra persona o autopropulsión en la mayoría de los entornos
	Precisan asientos adaptados para control del tronco y la pelvis y apoyo personal para la mayoría de las transferencias
	En casa los niños utilizan formas de movilidad a nivel del suelo (arrastrarse, gatear, rodar, etc) andan distancias cortas con asistencia personal o usan autopropulsión
	Cuando se les coloca pueden utilizar algún tipo de soporte en casa o en el colegio
	En el colegio, en exteriores y en la comunidad se les transporta en silla manuales o utilizan sillas autopropulsadas
	Las limitaciones en la movilidad requieren adaptaciones que les permitan participar en las actividades físicas o deportivas, incluyendo la ayuda personal y/o dispositivos autopropulsados
Nivel V	
	Se les transporta en una silla manual en todos los entornos
	Están limitados en sus posibilidades de mantener la cabeza, el tronco y las extremidades contra la gravedad. Requieren tecnología de apoyo para mejorar la alineación de la cabeza, la sedestación, la bipedestación y la movilidad, pero las limitaciones son de un grado que no es posible una compensación plena con equipamiento.
	Las transferencias exigen una asistencia personal completa
	En casa pueden moverse cortas distancias por el suelo o ser transportados por un adulto
	Pueden desplazarse con autonomía usando autopropulsión complementada con abundantes adaptaciones para estar sentados y el acceso a los dispositivos de control.
	Las limitaciones en la movilidad exigen adaptaciones para poder participar en actividades físicas o deportivas, incluyendo asistencia personal y dispositivos autopropulsados.

12-18 años	
Nivel I	
	Anda por casa, el colegio y por la comunidad
	Capaz de subir y bajar rampas sin ayuda y escaleras sin utilizar pasamano
	Corre o salta pero a velocidad, el equilibrio y la coordinación están limitadas
	Puede participar en deportes y actividades físicas en función de sus opciones personales y de los factores ambientales
Nivel II	
	Puede andar en la mayoría de los contextos
	Factores ambientales (como la irregularidad del terreno o su inclinación, distancias largas, falta de tiempo, clima o actitudes de sus iguales) y preferencias personales influyen sobre las opciones de desplazamiento
	En el colegio o el trabajo puede andar utilizando un dispositivo de apoyo manual para tener seguridad. En el entorno comunitario puede utilizar una silla para desplazarse distancias largas.
	Sube y baja escaleras sujetándose al pasamano o con ayuda personal si no lo hay.
	Sus limitaciones de movilidad pueden requerir adaptaciones para poder participar en actividades físicas y deportivas
Nivel III	
	Puede andar utilizando un dispositivo de apoyo manual
	Si lo comparamos con personas de otros niveles muestra una mayor variabilidad en sus métodos de desplazamiento a expensas de su capacidad física y de factores ambientales y personales.
	Cuando está sentado puede necesitar un cinturón para alinear la pelvis y tener equilibrio
	Pasar de sentado a de pie y del suelo a de pie precisan de apoyo de otra persona o una superficie en la que poder sujetarse y apoyarse
	En el colegio puede utilizar una silla autopropulsada o de propulsión manual
	En el exterior, en la comunidad, se desplaza en silla de ruedas o disponen de dispositivos autopropulsados
	Puede subir y bajar escaleras sujetándose a un pasamano y con supervisión o ayuda de otra persona.
	Las limitaciones para andar pueden necesitar adaptaciones para permitir su participación en actividades físicas o deportivas, incluyendo una silla de propulsión manual o autopropulsada.
Nivel IV	
	Utilizan una silla para desplazarse en la mayoría de los contextos
	Pueden precisar un asiento adaptado para mejorar el control de tronco y la pelvis
	Se necesita la ayuda física de 1 o 2 personas para las transferencias
	Pueden mantener parte de su peso sobre las piernas para ayudar en las transferencias
	En interiores o bien pueden andar distancias cortas con ayuda de otra persona o usan sillas para desplazarse o bien, siempre que se les ayude a colocarse, utilizan un andador con soporte corporal
	Pueden operar una silla autopropulsada. Si no disponen de ella se les transporta en una silla manual.
	Las limitaciones en la movilidad requieren adaptaciones que les permitan participar en actividades físicas o deportivas, incluyendo la ayuda persona y/o dispositivos autopropulsados.
Nivel V	
	Se les transporta en una silla manual en todos los contextos
	Están limitados en sus posibilidades de mantener la cabeza, el tronco y las extremidades contra la gravedad. Requieren tecnología de apoyo para mejorar la alineación de la cabeza, la sedestación, la bipedestación y la movilidad, pero las limitaciones son de un grado que no es posible una compensación plena con equipamiento.
	Se precisa la asistencia de 1 o 2 personas o un elevador para las transferencias
	Pueden desplazarse con autonomía usando autopropulsión complementaria con abundantes adaptaciones para estar sentados y el acceso a los dispositivos de control.
	Las limitaciones en la movilidad exigen adaptaciones para poder participar en actividades físicas

ANEXO 3

NIVELES DE EVIDENCIA PARA ESTUDIOS DE TERAPIA POR NATIONAL INSTITUTE FOR HEALTH AND CLINICAL EXCELLENCE (NICE)

NIVEL DE EVIDENCIA	INTERPRETACIÓN
1 ++	Meta-análisis de gran calidad, RS de EC con asignación aleatoria o EC con asignación aleatoria con muy bajo riesgo de sesgos
1+	Meta- análisis de gran calidad, RS de EC con asignación aleatoria o EC con asignación aleatoria con bajo riesgo de sesgos
1-	Meta- análisis de gran calidad, RS de EC con asignación aleatoria o EC con asignación aleatoria con alto riesgo de sesgos
2++	RS de alta calidad de estudios de cohortes o de casos- controles, con muy bajo riesgo de confusión, sesgos o azar y una alta probabilidad de que la relación sea causal
2+	Estudios de cohortes o de casos –controles bien realizados, con bajo riesgo de confusión, sesgos o azar y una moderada probabilidad de que la relación sea causal
2-	Estudios de cohortes o de casos y controles con alto riesgo de sesgo
3	Estudios no analíticos, como informe de casos y series de casos
4	Opinión de expertas/ os.

GRADOS DE RECOMENDACIÓN PARA ESTUDIOS DE TERAPIA (NICE)

GRADOS DE RECOMENDACIÓN	INTERPRETACIÓN
A	Al menos un meta- análisis, o un EC con asignación aleatoria categorizados como 1++, que sea directamente aplicable a la población blanco; o una RS o un EF con asignación aleatoria o un volumen de evidencia con estudios categorizados como 1+, que sea directamente aplicable a la población diana y demuestre consistencia de los resultados.
B	Un volumen de evidencia que incluya estudios calificados de 2++, que sean directamente aplicables a la población blanco y que demuestren globalmente consistencia de los resultados, o evidencia que pueda extrapolarse de estudios calificados como 1++ o 1+
C	Un volumen de evidencia que incluya estudios calificados de 2+, que sean directamente aplicables a la población objeto y que demuestren globalmente consistencia de los resultados, o extrapolación de estudios calificados como 2++
D	Evidencia nivel 3 o 4, o extrapolación de estudios calificados como 2+, o consenso formal
D (BPP)	Un buen punto de práctica (BPP) es una recomendación para la mejor práctica basada en la experiencia del grupo que elabora la guía.

ANEXO 4

CUADRO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Intervención	Resultados