



**UNIVERSIDAD DE ALMERÍA**

**Máster en Ciencias del Sistema Nervioso**

**Trabajo Fin de Máster**

**Neurorrehabilitación infantil y Nuevas tecnologías:  
Revisión sistemática de la evidencia científica en  
parálisis cerebral infantil (PCI)**

**Convocatoria Septiembre 2017**

**Autor/a: Ana M<sup>a</sup> Teruel Gallardo**

**Tutor/a: María Rosa Cánovas López**

# Neurorrehabilitación infantil y Nuevas tecnologías: Revisión sistemática de la evidencia científica en parálisis cerebral infantil (PCI)

## INFORME DE ORIGINALIDAD

0%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 10%

Excluir bibliografía

Activo



fdo. M<sup>a</sup> ROSA CÁNOVAS LÓPEZ.

## **Agradecimientos**

En primer lugar me gustaría hacer referencia a la Universidad de Almería por brindarme la oportunidad de realizar el Máster en Ciencias del Sistema Nervioso, así como a los diferentes docentes que ofrecieron sus conocimientos y su apoyo para formarme como profesional y sobre todo como persona.

En segundo lugar he de hacer una mención especial a mi tutora María Rosa Cánovas López, por haberme ofrecido su tiempo, su dedicación, su profesionalidad, capacidad y conocimiento científico, así como también su paciencia para guiarme durante todo el desarrollo de mi trabajo fin de Máster.

Mis agradecimientos también van dirigidos a la clínica de Atención Temprana InPAula, por haberme ofrecido la oportunidad de conocer sus instalaciones, a sus profesionales y algunas de las nuevas tecnologías que han incorporado en sus intervenciones y evaluaciones.

Finalmente, todo esto no podría haberlo llevado a cabo sin el apoyo de mis padres, pareja, amigos y compañeros de Máster, que no me han dejado tirar la toalla y se han convertido en mi apoyo moral aumentando mis ganas de crecer en mi carrera profesional.

## Contenido

<b>Resumen y Palabras clave:</b> .....	<b>5</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>6</b>
<b>Método</b> .....	<b>10</b>
<b>Resultados</b> .....	<b>11</b>
<b>Discusión</b> .....	<b>19</b>
<b>Conclusiones y líneas futuras</b> .....	<b>23</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>25</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>33</b>

## **Resumen y Palabras clave:**

**Introducción:** Los niños y adolescentes con parálisis cerebral presentan importantes limitaciones en el desempeño de actividades motoras y funcionales. El uso de las nuevas tecnologías supone un punto de inflexión que refuerza las intervenciones convencionales de disciplinas como la fisioterapia y la terapia ocupacional. El objetivo del presente trabajo ha consistido en recoger la evidencia científica existente acerca de la repercusión que tienen las nuevas tecnologías como terapia complementaria a la neurorrehabilitación en la mejora y adquisición de habilidades físicas y funcionales en niños y adolescentes con parálisis cerebral y determinar qué beneficios aportan.

**Método:** La búsqueda bibliográfica se realizó a través de las siguientes bases de datos: PUBMED, MEDLINE, Cochrane, Cinahl, PsychoINFO y MEDES. Se incluyeron aquellos estudios que evaluaron la efectividad de las nuevas tecnologías como terapia complementaria en parálisis cerebral infantil. La búsqueda inicial arrojó 133 artículos, finalmente, después de aplicar los criterios de inclusión y eliminar aquellos artículos duplicados, la muestra de este estudio incluye 48 artículos.

**Resultados y discusión:** La mayoría de los estudios incluidos son estudios piloto, cuya misión posterior es ampliar el tamaño de muestra y convertirse en estudios con diseños metodológicos más complejos. De los 48 estudios incluidos en la revisión, 15 de ellos evalúan la evidencia del uso de las nuevas tecnologías en la terapia ocupacional, donde se mostraron mejoras en la autonomía, funcionalidad e independencia. Por otro lado también se ha recogido la evidencia del uso de las nuevas tecnologías en fisioterapia, obteniendo 26 artículos en los que se encontraron diferencias significativas que hacían referencia al equilibrio, la movilidad, el control motor y la fuerza. Finalmente 7 artículos muestran mejoras significativas a nivel funcional y motor cuando ambas disciplinas actúan de forma paralela.

**Conclusión:** Los hallazgos indican que las nuevas tecnologías tienen un gran potencial en la neurorrehabilitación de la parálisis cerebral infantil, sin embargo la evidencia existente es insuficiente para determinar si estas ventajas son independientes a las que aportan las terapias convencionales. Dado el número limitado de estudios, se necesitan más investigaciones sobre este tema.

## **Palabras clave**

Parálisis cerebral, Nuevas Tecnologías, Realidad Virtual, Terapia Ocupacional y Fisioterapia.

## **Introducción**

La Neurorehabilitación Infantil es una disciplina de reciente aparición en el campo de la neurociencia, que con carácter global y transdisciplinar, actúa sobre los déficits transitorios o permanentes que se producen a consecuencia de alteraciones en el desarrollo en el periodo pre-perinatal y/o en la infancia (Cano de la Cuerda & Collado, 2012).

De acuerdo con el principio de neuroplasticidad, durante los primeros años de vida nuestro cerebro posee la capacidad adaptativa de reorganizar, efectuar y modificar sus conexiones sinápticas de una manera adecuada, de manera que el sistema nervioso adquiere la capacidad para recuperarse de las lesiones neuronales (León-Sarmiento, Bayona & Bayona, 2009). Por tanto, el objetivo de la neurorehabilitación infantil es proporcionar al niño con patología neurológica o trastornos generalizados del desarrollo una estimulación adecuada, que favorezca un desarrollo adecuado a nivel cognitivo, funcional, emocional, comunicativo y motriz, con el fin último de alcanzar un correcto desempeño funcional, un nivel óptimo de independencia y una adecuada integración social (Cano de la Cuerda & Collado, 2012).

Son muchas las afecciones neurológicas infantiles susceptibles de beneficiarse de una intervención integral temprana (Martín, Máximo & Luna, 2016). Sin embargo, cabe destacar el papel crucial que juega esta disciplina en la parálisis cerebral infantil (PCI - Green & Wilson, 2012) debido a su comorbilidad y su amplio espectro de síntomas.

La PCI o daño cerebral no progresivo, describe un grupo de trastornos permanentes del movimiento y de la postura que se producen a consecuencia de un daño o lesión en el cerebro durante el desarrollo fetal o infantil (Chen et al., 2007; Tarakci, Ozdinciler, Tarakci, Tutuncuoglu & Ozmen 2013) causando una limitación importante de la actividad (Atasavun & Baltaci, 2016; Chen, García-Vergara & Howard, 2015; Martín et

al., 2016; Velasco et al., 2016). La incidencia se sitúa en 1 por cada 1000 nacidos vivos en los países occidentales (Green & Wilson, 2012; Velasco et al., 2016).

La PCI engloba un espectro de trastornos cuya clasificación depende del trastorno motor predominante, de la extensión y gravedad de la afectación y del nivel funcional de movilidad (Córdoba-Castillo, Gómez-Lozano, Tello-Fernández & Tovar-Ruiz; 2015).

La forma más frecuente de PCI es parálisis cerebral espástica, comprendiendo un 70% de todas las PCI, aún así, dentro de este grupo se puede encontrar mucha heterogeneidad. Un 26.2% de las PCI espásticas cursan con hemiplejía (Green & Wilson, 2012). La tetraplejía o diplejía espástica también conforman este grupo, apareciendo la sintomatología generalmente antes de los dos años de edad (Gatica, Cartes, Méndez, Guzmán & Cofré, 2016). Otras formas menos frecuentes son la PCI discinética que aparece en un 15% de los casos y entre las formas que menos se dan, la PCI discinética, hipotónica e incluso existen formas mixtas en las que el trastorno motor no es puro sino que existen asociaciones de espasticidad con distonía o ataxia con distonía (Guzmán & Cofré, 2016).

Con respecto a la sintomatología, a nivel motor, los niños presentan dificultades para mantener el control del movimiento y el equilibrio postural, requerido para el rendimiento de las actividades de la vida diaria (Tarakci et al., 2013). Las anomalías del tono muscular, la falta de coordinación y del control selectivo del movimiento (Barton, Hawken, Foster, Holmes & Butler, 2013) también caracterizan este trastorno. En caso de que la marcha esté presente, esta es inestable (Ammann-Reiffer, Bastiaenen, Meyer-Heim & van Hedel, 2017; Cho, Hwang, Hwang & Chung, 2016; Gatica et al., 2016; Tarakci et al., 2013). Esta sintomatología, produce a largo plazo complicaciones ortopédicas tales como contracturas musculares o rigideces articulares además de luxaciones, escoliosis u osteoporosis (Winkels, Kottink, Temmink, Nijlant & Buurke, 2012).

Generalmente los déficits que muestran los niños con PCI no suelen limitarse al ámbito motor, sino que suelen ir acompañados de trastornos perceptivos, cognitivos, sensitivos y comunicativos. Dentro de los problemas asociados o derivados de la parálisis cerebral podemos encontrar: dificultades de aprendizaje, dificultades en la participación del niño en las actividades básicas de la vida diaria (ABVD) o actividades de ocio (Golomb et al., 2010; Li, Lam-Damji, Chau & Fehlings, 2009), problemas de audición y visión,

problemas respiratorios y de alimentación y problemas de control de esfínteres. Además, la epilepsia está presente en un 75% de los casos (Sankar & Mundkur, 2005). Se trata por tanto de una cuestión social, pues no solo afecta al niño, sino que afecta también a la familia y a la sociedad (Green & Wilson, 2012; Martín et al., 2016).

Por todo ello resulta crucial la actuación de un equipo transdisciplinar especializado en neurología infantil que debería estar formado por médicos especialistas en medicina física y rehabilitación, neuropediatras, fisioterapeutas, terapeutas ocupacionales, logopedas, neuropsicólogos, trabajadores sociales, ortopedas y dietistas (Cano de la Cuerda & Collado, 2012; Luna Oliva et al., 2013; Sajan, John, Grace, Sabu & Tharion, 2016). Es más, es de suma importancia que durante todo este proceso la familia adquiera un papel activo en la detección de necesidades, evaluación e intervención del niño (Gómez, 2008; Espe-Sherwindt, 2008), lo que garantiza mejores resultados funcionales y de calidad de vida para el niño con patología neurológica (Barlow, 2008).

Si se tiene en cuenta el amplio espectro de déficits a nivel motor y funcional que presentan los niños con PCI, la Terapia Ocupacional (TO) y la Fisioterapia desempeñan un papel crucial en la rehabilitación e intervención de la PCI. Por una lado la TO actuará manteniendo los roles y capacidades del niño, trabajando las funciones y destrezas de ejecución con el fin de alcanzar el máximo grado de autonomía e independencia en el entorno (Diment & Hobbs, 2014). Por otro lado, la fisioterapia se encargará de restaurar, mantener o promover la movilidad, equilibrio, control motor y fuerza (Diment & Hobbs, 2014; Moral, Parra Musin, Albiol & Lerma Lara, 2016). Ambas disciplinas actúan de forma conjunta con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los niños con PCI, no obstante es de suma importancia destacar que durante los últimos 15 años las terapias convencionales han incorporado el uso de las nuevas tecnologías (NNTT) como herramienta complementaria a su actuación convencional. Estas suponen un punto de inflexión a la forma de evaluación e intervención de los niños con lesiones neurológicas (Ni, Fehlings & Biddiss, 2014, Sahan et al., 2016). Las nuevas tecnologías se definen como dispositivos que proporcionan una experiencia inmersiva, informática e interactiva en tiempo real que puede ser o no tridimensional y suelen usar ordenadores y gráficos que responden a los movimientos del usuario, proporcionándole una sensación de inmersión (Reid, 2004). Engloban la realidad virtual (RV), la realidad aumentada, los dispositivos de robótica, las interfaces cerebro-

ordenador, los dispositivos portátiles que analizan el movimiento humano y el uso de videoconsolas como la Nintendo Wii o la Xbox Kinect (Martín et al., 2016).

Las ventajas del uso de las NNTT como herramienta complementaria en el ámbito de la neurorehabilitación son múltiples. Por un lado según las NNTT proporcionan al niño una adecuada estimulación, favoreciendo la integración de los sistemas visual, somatosensorial y vestibular, y es por ello desde un punto de vista neurofisiológico están altamente relacionadas con el proceso de aprendizaje motor (Atasavun & Baltaci, 2016; Li et al., 2009; Luna Oliva et al., 2016; Ni et al., 2014; Reid, 2002). Por otro lado, se puede destacar que posibilitan una práctica mas intensiva y repetitiva, ya que ofrecen un entorno simulado, motivador, interactivo, atractivo y seguro, el cual le proporcionará al niño multitud de estímulos multisensoriales (Gatica et al., 2016; Green & Wilson, 2012; Luna Oliva et al., 2013), favoreciendo la exploración activa y permitiendo el desarrollo de habilidades, destrezas y funciones cognitivas, motoras ,emocionales y sociales (Cho et al., 2016; Harris & Reid, 2005; Martín et al., 2006; Reid, 2002; 2004) de una forma más lúdica a través del juego, ocupación primaria de los niños. Es más, las NNTT se caracterizan por aportar un mayor feedback y permiten controlar y evaluar los cambios que se producen a medida que avanza la intervención, modificando, por ejemplo, los niveles de dificultad en función de los progresos del niño, ofreciendo siempre novedad y continuidad (Sahan et al., 2016).

Por otro lado las NNTT han abierto la posibilidad de la telerehabilitación de manera que existen infinidad de versiones comerciales de bajo costo (Luna Oliva et al., 2013; Sahan et al., 2016) y de fácil acceso con los que se puede entrenar desde casa (Sanlund, Waterworth & Häger, 2011). Estos sistemas comerciales aumentan la adherencia al tratamiento (Atasavun & Baltaci, 2016; Cho et al., 2016; de Oliveira et al., 2016; Ni et al., 2014; Reid, 2002; Sahan et al, 2016; Sandlund et al., 2011), favorecen el desarrollo de la sensación de capacidad y promueven la volición y el compromiso activo (Luna Oliva et al., 2013), además posibilitan una continuidad del trabajo realizado por los TO y los fisioterapeutas en los centros de neurorrehabilitación (Martín et al., 2016; Ni et al.,2014).

Por todo ello es necesario revisar la evidencia científica sobre el uso de las nuevas tecnologías como terapia complementaria en la neurorrehabilitación de la PCI y evaluar

su eficacia en el entrenamiento y control motor, en el desempeño y promoción funcional y en la participación del niño en las Actividades básicas de la vida diaria (ABVD).

## **Método**

Se llevó a cabo una revisión sistemática para identificar aquellos estudios empíricos dirigidos a evaluar la eficacia del uso de las NNTT como un tipo de herramienta que se usa de forma paralela a las terapias convencionales en población infantil con parálisis cerebral.

### **Estrategia de búsqueda**

Se realizó una búsqueda bibliográfica que incluyó todas las revisiones sistemáticas, artículos e investigaciones llevadas a cabo acerca de la materia entre agosto de 2002 y febrero de 2017. Las fuentes de información y las palabras clave que se utilizaron fueron las siguientes:

- Bases de datos: PUBMED, MEDLINE, Cochrane, Cinahl, PsychoINFO y MEDES.
- Estrategia de búsqueda: Se utilizaron las siguientes palabras clave combinadas en las diversas ecuaciones de búsqueda: Virtual reality, occupational therapy, physiotherapy, Nintendo Wii, Kinect, cerebral palsy, Locomat, Xbox 360, ENLAZA system, new technologies.

### **Criterios de inclusión**

- Ensayos publicados en los últimos 15 años en inglés y en español.
- Trabajos cuyos participantes fuesen niños y adolescentes afectados de PCI, con edades comprendidas entre los 9 meses hasta los 20 años, independientemente del trastorno motor predominante, del nivel de afectación, de la severidad y del nivel funcional de movilidad.
- Intervenciones que empleaban las nuevas tecnologías como herramienta complementaria a las terapias convencionales para el entrenamiento de habilidades motoras o funcionales. La mejora de los resultados debe haberse realizado a través de escalas e instrumentos de medición.

- Las medidas de valoración de los niños participantes de los estudios debían pertenecer a alguno de los siguientes grupos:
  1. Herramientas estandarizadas o validadas de medición funcional o motriz.
  2. Características de la marcha: Test de la marcha de 1, 2, 6 y 10 minutos y las variables espaciotemporales (velocidad, longitud del paso y simetría).
  3. Características de la posición estática (alineación articular, simetría y distribución de pesos).
  4. Fuerza manual: Dinamómetro de mano digital Jamar o Kymcom, isodinamómetro.
  5. Rango de movilidad articular: goniometría.
  6. Técnicas de diagnóstico por imagen: Resonancia magnética funcional.

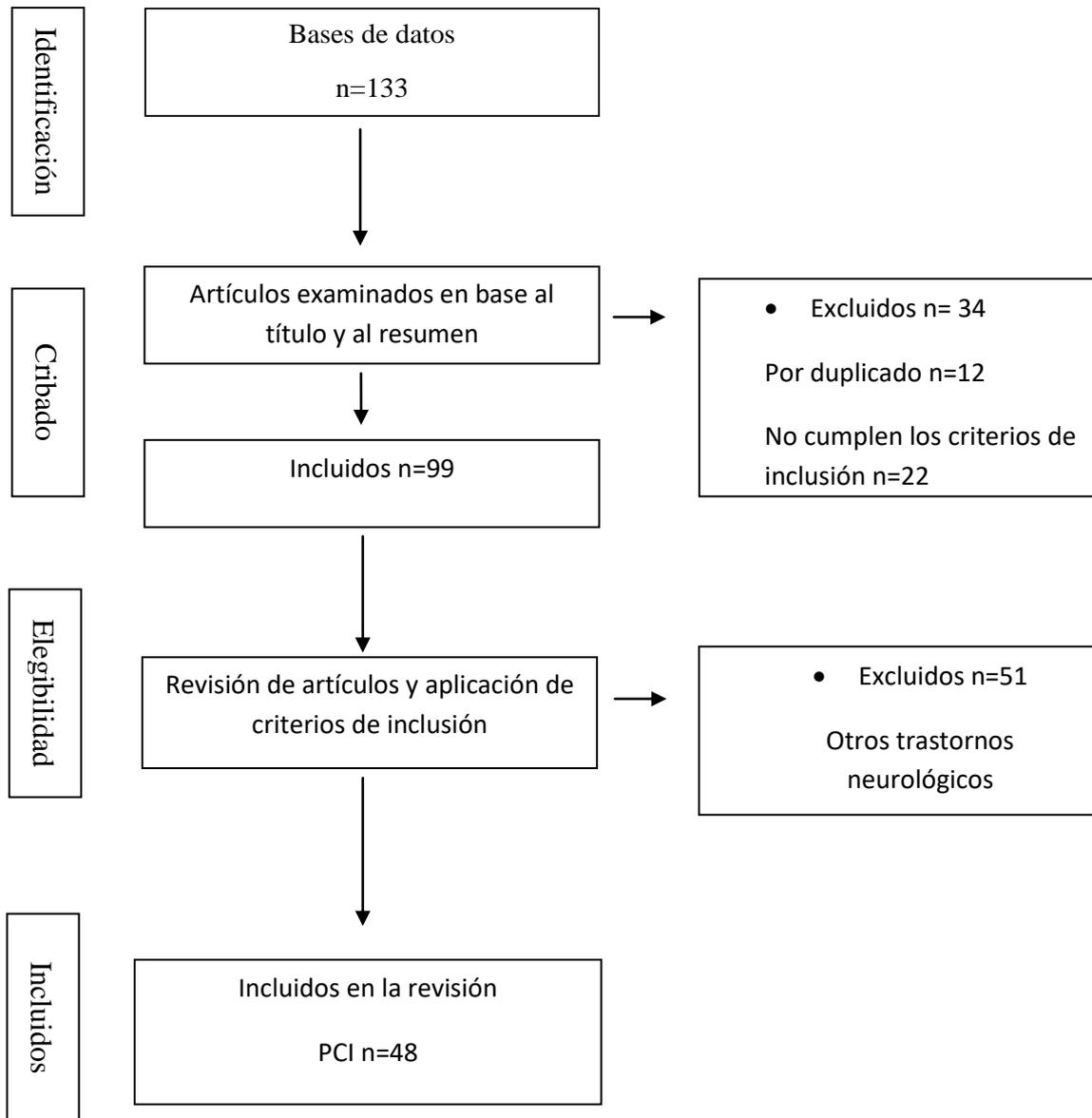
Se excluyeron todos aquellos trabajos que no estuviesen relacionados con la neurorehabilitación infantil basada en las nuevas tecnologías en población con PCI o que no tuvieron formas de cuantificación de los resultados.

## **Resultados**

- Descripción de los estudios

La búsqueda arrojó un total de 133 artículos de los cuales se desecharon 12 por estar duplicados. Tras una primera lectura exhaustiva, se excluyeron del estudio otros 22 artículos por no cumplir los criterios de inclusión citados con anterioridad. Finalmente, de un total de 99 artículos, sólo 48 hacían referencia a la PCI, estos fueron analizados y de cada uno de ellos la información fue clasificada y tabulada. Los 51 artículos restantes no se tuvieron en cuenta en el estudio ya que hacían referencia a otras patologías neurológicas infantiles (Tabla 1).

Tabla 1: Extracción de los datos



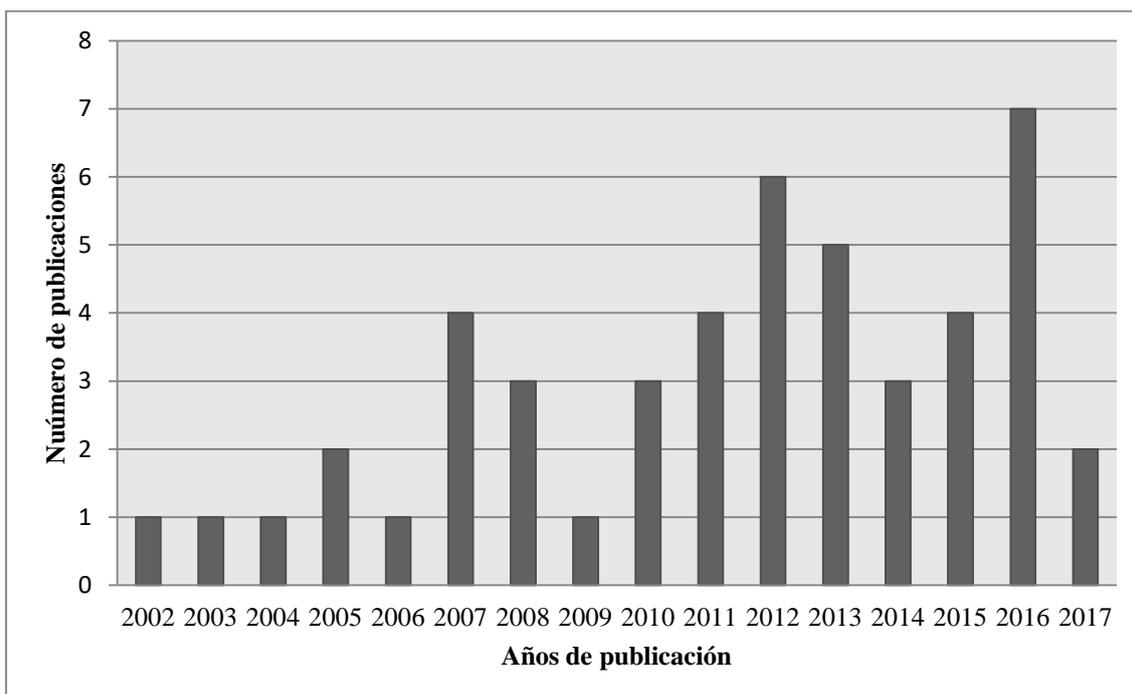
- Características de los estudios

En primer lugar se clasificaron los artículos en función de la terapia convencional a la que los niños se sometían, TO, Fisioterapia o ambas, en segundo lugar, de forma más específica, se recogió la información que hacía referencia a las características de los pacientes y a las características de las intervenciones incluyendo el diseño y la muestra utilizada, el tipo de intervención y el soporte o juego usado, los instrumentos/escalas de evaluación pertinentes, el entrenamiento llevado a cabo (Número de sesiones, duración

de la sesión, número de sesiones por semana) y los resultados más relevantes de cada intervención, que revisaremos posteriormente (Tablas 2, 3 y 4).

Atendiendo al número de publicaciones por año, el primer artículo fue publicado en 2002 (Reid, 2002), con una media de publicación anual de 4 artículos y con un despunte positivo en 2012 y en 2016 (figura 1).

Figura 1: Número de publicaciones por año



Se ha realizado la clasificación de los sistemas de realidad virtual empleados en los estudios teniendo en cuenta el tipo de interacción que ofrecen entre el niño y el sistema: basados en el feedback, basados en el contacto (sensaciones hápticas) y basados en gestos (Monge et al., 2014).

- Sistemas basados en el feedback

El 54% de los estudios analizados utilizan estos sistemas. Dentro de los cuales se incluirán los sistemas de bajo coste. Entre ellos se puede destacar la Nintendo Wii y sus aplicaciones Wii Sport y Wii Fit, la Play Station 2 y su aplicación Eye Toy y la Xbox y su sistema Kinect, todos ellos se caracterizan por su fácil accesibilidad y por proporcionar feedback al niño (Atsavun & Baltaci, 2016; Chen et al, 2007; Luna et al, 2013).

- Sistemas basados en el contacto

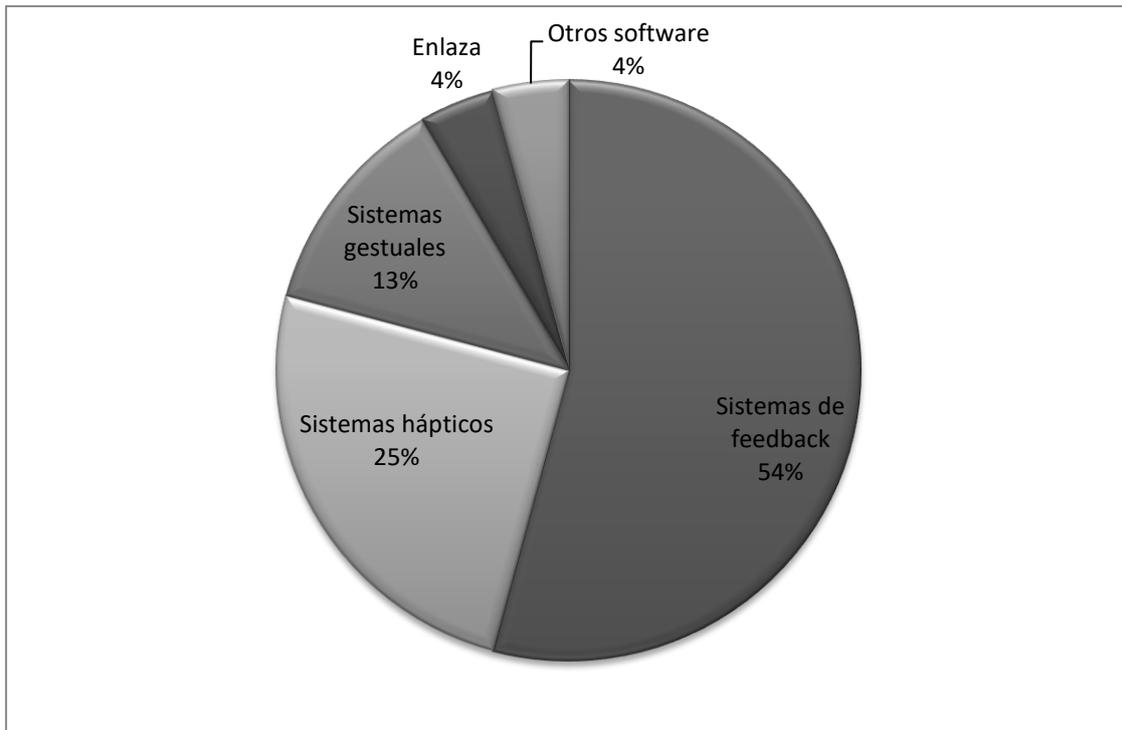
Un 25% de los artículos incluidos en el estudio utilizan los sistemas hápticos, estos utilizan un robot para generar una interacción entre el niño y la realidad virtual. Lokomat es un sistema diseñado para facilitar el entrenamiento de la marcha y se integran con la RV presentando distintos escenarios virtuales situando una pantalla frente al niño. Civer globe también proporciona efectos hápticos durante las actividades de miembros superiores (MMSS) en entornos virtuales. Otros dispositivos hápticos que se utilizan en neurorrehabilitación son el dispositivo de movimiento de asistencia espacial planar (PSAMD), el dispositivo de movimiento asistido por espacio restringido (RSAMD) o el sistema de rehabilitación de tobillo Rutger para PCI (Ammann et al., 2017; Burdeau et al., 2013; Golomb et al., 2010; Weightman et al., 2011).

- Sistemas gestuales

Otros sistemas de RV utilizan los gestos, por ejemplo, el sistema Interactive rehabilitation and exercise Systems Gesture Tek (IREX), la ventaja de este sistema es que se integra la imagen del niño dentro del entorno virtual, el cual puede verse a sí mismo interactuando con los objetos a tiempo real y no requiere el uso de otros dispositivos por lo que permite libertad de movimiento. El sistema Mandala Gesture Xtreme al igual que el IREX también permite una experiencia inmersiva con total libertad de movimiento, los cuales realizan un trabajo más focalizado en (Brien & Sveistrup, 2011; Harris & Reid, 2015).

Otros dispositivos en los que se ha demostrado evidencia empírica son el dispositivo ENLAZA cuyo principal objetivo es permitir al niño con grandes dificultades manejar el cursor del ordenador, con la parte del cuerpo con la que posea mayor movilidad (Moral et al., 2016). Se puede encontrar infinidad de tecnologías cuya finalidad es complementar a las terapias convencionales, además de las mencionadas, existen otros software para ordenador (Mitti) de los que también se ha encontrado evidencia empírica (Bilde et al., 2011) (Figura 2).

Figura 2: Estudios divididos en función del dispositivo usado



### **Evidencia científica del uso de las NNTT**

#### **- Evidencia científica de las NNTT en TO**

De los 48 artículos analizados, 15 evaluaron la evidencia científica de las nuevas tecnologías en TO a través de herramientas estandarizadas donde se encontraron resultados significativos. De los 15 estudios incluidos en este apartado se observa que en algunos se muestra un incremento del desempeño y del rendimiento ocupacional, que hacen referencia a las habilidades adquiridas para una correcta ejecución de las actividades básicas de la vida diaria (Atsavun & Baltaci, 2016; Chen et al., 2015; Harris & Reid, 2015; Huber et al., 2008; 2010; Reid, 2002; Winkels, Kottink, Temmink, Nijlant & Buurke, 2012). La autoeficacia y el autoconcepto también fueron evaluados, es decir, se evaluó la creencia propia de los niños para desempeñar con éxito en una tarea y la opinión que los niños tenían sobre sí mismos. Se encontraron diferencias significativas en la autoeficacia, autoconcepto y en el sentido de competencia, tal y como muestran los estudios (Jannink et al., 2008; Ni et al., 2014; Reid, 2002; Weightman et al., 2011). Por otro lado, participar en actividades novedosas, mejoró la motivación y la volición, lo que supuso una mayor adherencia a la intervención (Chen et

al., 2015; Harris & Reid, 2005; James, Ziviani, King & Boyd, 2015; Reid, 2004; Weightman et al., 2011; Winkels et al., 2012). No solo se producen mejoras a nivel individual sino que la implicación en las nuevas tecnologías favorece el desarrollo de habilidades sociales y de la implicación en el juego social (Chen et al., 2015; Harris & Reid, 2005; Jannink et al., 2008; Ni et al., 2014; Reid, 2002; 2004). A nivel físico, la TO tiene como objetivo favorecer e incrementar la funcionalidad de los miembros superiores, indispensables para la ejecución de las actividades básicas de la vida diaria, tales como alimentarse de forma autónoma o asearse. Se encontraron diferencias significativas relacionadas con un incremento de funcionalidad en los miembros superiores, no solo en la extremidad sana, sino también en la extremidad con afectación. Se encontraron mejoras en la capacidad para realizar actividades bimanuales, en la coordinación óculo manual, en el agarre, en la pinza, en la capacidad de apertura y cierre del pulgar (motricidad fina), en el rango de movimiento o en la capacidad para levantar o mover objetos ligeros (motricidad gruesa). También aumentó la amplitud, la movilidad y la función de la mano (Do, Yoo, Jung & Park, 2016 ; Huber et al., 2008; 2010). La intervención supuso la aparición de movimientos voluntarios con mayor calidad y con un menor tiempo de ejecución a la hora de efectuarlos (Chen et al., 2015; Do, Yoo, Jung & Park, 2016; Huber et al., 2008; 2010; Jannink et al., 2008; Li et al., 2009; Ni et al., 2014; Weightman et al., 2011) (Tabla 2).

#### - Evidencia científica de las NNTT en Fisioterapia

El mayor porcentaje de artículos encontrados evalúan la evidencia de las nuevas tecnologías en Fisioterapia, concretamente se encontraron 26 artículos. En los estudios analizados se encontraron mejoras en el equilibrio, la movilidad, el control motor y la fuerza. Concretamente en el estudio de Ammant-Reiffer et al. (2017) se evaluó el equilibrio en sedestación con control de tronco y las diferencias fueron significativas. También se evaluó el equilibrio estático y dinámico funcional, la estabilización de la postura, donde se apreció un aumento significativas (Borggraefe et al, 2008; 2010; Brien & Sveistrup, 2011; Cho et al., 2016; Druzbicki et al., 2013; Gatica et al., 2016; Gordon, Roopchand-Martin & Gregg, 2012; Jelsma, Pronk, Ferguson & Jelsma-Smit, 2012; Luna Oliva et al., 2013; Ramstrand & Lyngnegård, 2012; Sajan et al., 2016; Sandlund et al., 2011; Tarakci et al., 2013; Urgen et al., 2016). Esta habilidad motriz básica está estrechamente ligada a la coordinación por lo que los cambios en el equilibrio desencadenaron mejoras en la coordinación bimanual y oculomanual (Brien

& Sveistrup, 2011; Chen et al., 2007; Luna Oliva et al., 2013; Sandlund et al., 2011; Tarakci et al., 2013; Velasco et al., 2016).

En los estudios publicados por Bryanton et al. (2006), Cho et al. (2016), Deutsch, Borbely, Filler, Huhn & Guarrera-Bowlby (2008), Druzbicki et al. (2013), Moral et al. (2016), Sajan et al. (2016) y Tarakci et al. (2013) se encontraron un aumento significativo del control motor postural, tanto selectivo como dinámico, lo que implica que el niño presente una mayor estabilidad en sedestación, en bipedestación y durante la marcha.

Con respecto a la marcha, mejoraron muchos de los parámetros evaluados, se encontraron mejoras en la resistencia, velocidad, funcionalidad, cinemática, longitud de la zancada, apoyo, distancia recorrida e incluso mejoraron las habilidades y destrezas para correr, saltar e incluso subir escaleras. Todo ello implica una disminución de la dependencia en durante las trasferencias y una mayor independencia en la locomoción, no solo en casa sino en el colegio (Borggraefe et al., 2008; 2010; Brien & Sveistrup, 2011; Burdea et al., 2013; Chen et al., 2007; Cherng, Liu, Lau & Hong, 2007; Cho et al., 2016; Dodd & Foley, 2007; Druzbicki et al., 2013; Luna Oliva et al., 2013; Matter-Baxter, McNeil & Mansoor, 2013; Sajan et al., 2016; Tarakci et al., 2013). Otro de los parámetros que también incrementó de forma significativa fue la fuerza, ya que los ejercicios realizados favorecen el fortalecimiento de algunos grupos musculares tales como los extensores de cadera y rodilla o los flexores y extensores de codo (Burdea et al., 2013; Gordon et al., 2012; Howcroft et al., 2012b; Ramstrand & Lyngnegård, 2012; Tarakci et al., 2013). No solo mejoraron los parámetros relacionados con la fuerza y la movilidad sino que también aumentaron de forma significativa aquellos relacionados con el rango y amplitud articular y muscular, de manera que aumento de forma significativa el rango de movimientos y aparecieron nuevos movimientos para completar las tareas (Bryanton et al., 2006; Druzbicki et al., 2013; Gatica et al., 2016; Velasco et al., 2016). En otros estudios, las destrezas de motricidad fina y las de motricidad gruesa también incrementaron, de manera que los niños pudieron llevar a cabo actividades acordes con su edad tales como agarrar el lápiz para dibujar, ensartar cuentas, arrastrarse, arrodillarse o gatear (Cherng et al., 2007; Cho et al., 2016; Druzbicki et al., 2013; Gordon et al., 2012; Jelsma et al., 2012; Luna Oliva et al., 2013; Matter-Baxter et al., 2013; Sajan et al., 2016; Sandlund et al., 2011; Urgen et al., 2016; Velasco et al., 2016). En otros estudios publicados por Córdoba-Castillo, Gómez-

Lozano, Tello-Fernández & Tovar-Ruiz (2015) tecnologías como la Nintendo Wii producen cambios en la lateralización del centro de gravedad lo que implica que se corrijan las alteraciones corporales (Tabla 3).

- Evidencia científica de las nuevas tecnologías en Fisioterapia y Terapia Ocupacional

Un total de 7 artículos evalúan la influencia de las nuevas tecnologías cuando se combinan la Fisioterapia y la TO. Cuando ambas disciplinas actúan de forma conjunta las mejoras a nivel funcional y motor son significativas. En el estudio publicado por AlSaif & Alselany (2015) a nivel motor los niños presentaron un incremento en el equilibrio y en la funcionalidad de la marcha, la fuerza y las habilidades motrices gruesas de los miembros inferiores también mejoraron considerablemente, todo ello implica una mayor autonomía para la ejecución independiente de las ABVD y una mejora de la autoestima y motivación del niño, lo que implica una mayor adherencia a la intervención. Estos resultados también los podemos encontrar en el estudio de Bilde et al. (2011) donde además también se produce un incremento de la resistencia y una mejora en las habilidades de percepción visual. Otro de los estudios publicados por Chiu, Ada & Lee (2014) se centra en el aumento de funcionalidad de la mano, de manera que mejora la fuerza de agarre, aparecen nuevos movimientos tales como la pronación o supinación de antebrazo y el niño comienza a usar el pulgar de la mano afecta. Esto favorece la autonomía para vestirse o alimentarse de manera autónoma. En el estudio de Diment & Hobbs (2014) las mejoras significativas también hacen referencia a un incremento de la funcionalidad de la mano (coordinación bimanual), de la fuerza, resistencia y flexibilidad muscular, lo que implica una mejora de la capacidad de exploración y motivación y una mayor participación del niño en las actividades de ocio. En uno de los estudios de Howcrof et al. (2012a), la Wii favorece el desarrollo de destrezas manuales en la mano afecta en caso de que el niño juegue solo, y si el niño juega en el modo multijugador aumentan las destrezas de la mano dominante. Por otro lado en los estudios de Levac et al. (2017) y You et al. (2005) los niños mostraron mejoras en las habilidades motrices gruesas y finas y mostraron mejoras en la funcionalidad de la mano, los niños desarrollaron habilidades sociales y llevaban a cabo la intervención más motivados (Tabla 4).

## Discusión

El propósito de esta revisión ha consistido en reunir la evidencia científica existente acerca de la repercusión que tienen las nuevas tecnologías en el campo de la neurorrehabilitación infantil en la mejora y adquisición de habilidades físicas y funcionales en niños y adolescentes con parálisis cerebral y determinar qué beneficios aportan.

Las NNTT se consideran dispositivos terapéuticos inmersivos seguros que proporcionan una fuerte motivación, mejoran la concentración y, por lo tanto, incrementan la adherencia a la intervención, además producen cambios en el comportamiento de los niños y generan cambios en la plasticidad cerebral y reorganización cortical (Monge et al, 2014). Estos novedosos dispositivos permiten la posibilidad de presentar a los niños tareas repetitivas, lúdicas y novedosas que les permiten desarrollar habilidades para la resolución de problemas (Gatica et al., 2016; Green & Wilson, 2012; Luna Oliva et al., 2013). Luna Oliva et al. (2013) corrobora que a diferencia de las NNTT, las terapias convencionales no permiten una práctica variable en relación al contexto y requisitos de la tarea, sino que se basan en el proceso de repetición sin centrarse tanto en el componente lúdico lo cual limita el aprendizaje motor, no favorece la motivación y puede generar un proceso de habituación. Todo ello hace que las NNTT favorezcan la adquisición de destrezas y habilidades físicas y funcionales para un correcto desempeño en las ABVD (Chen et al., 2007; Cho et al., 2016).

Los artículos reunidos en esta revisión incluyen una gran variedad de pacientes en cuanto a edad (9 meses-20 años), nivel de afectación (GMFCS I-V), topografía (hemiparesia, diparesia, tetraparesia) y calidad del tono (espasticidad, discinesia, ataxia, hipotonía).

En la mayoría de los casos, son estudios pilotos cuya misión posterior es ampliar su muestra y convertirse en estudios con diseños metodológicos más complejos. Los estudios incluidos emplean sistemas gestuales y hápticos de RV, por lo que todos proporcionan una gran cantidad de feedback sensorial. Aunque la literatura revela que a mayor inmersión, mayor realismo de las experiencias y, por tanto, mayor compromiso del paciente con la terapia, no se puede establecer una relación directa en los resultados obtenidos (Monge et al, 2014).

Para mayor claridad esta discusión se divide en secciones para cada grupo de nuevas tecnologías, donde se incluye información general (número de artículos, duración y frecuencia de la intervención) y los resultados clínicos en los que se ha obtenido beneficios.

- Sistemas basados en el Feedback

De los 48 artículos incluidos en esta revisión, 26 publicaciones usan los sistemas basados en el Feedback, estos son sistemas de bajo coste y de fácil accesibilidad pero no están diseñados de forma específica con un objetivo rehabilitador. Según los estudios analizados, sería necesaria una media de 6 a 12 semanas de intervención, en las que los niños entrenasen de 2 a 3 días por semana durante 30 minutos por sesión aproximadamente para observar los beneficios a corto plazo. La Nintendo Wii ha sido utilizada como herramienta rehabilitadora en 17 de los estudios incluidos en la revisión, gracias a su diseño y a sus accesorios se considera útil en el entrenamiento de la motricidad fina y gruesa, en el fortalecimiento de la musculatura de los miembros superiores, en la coordinación óculo-manual, la coordinación bimanual, el control motor selectivo y en la disociación de los dedos. Varios autores (Alsaif & Alsenany, 2015; Cho et al., 2016; Jelsma et al., 2012; Ramstrand & Lygnegård, 2012; Tarakci et al., 2013; Urgen et al., 2016) corroboran en sus estudios con Wii Fit, que esta nueva tecnología favorece el equilibrio, produce cambios en el control postural dinámico, en la planificación motora, aumentando la estabilidad y la coordinación y cuantificando la asimetría de las cargas, todo ello implica mejoras en la funcionalidad de la marcha (en caso de que sea existente) y por ello una mayor independencia en las ABVD. Los sistemas Eye toy (Play Station 2) o Kinect (Xbox) también están incluidos dentro de este grupo, concretamente 9 estudios los utilizan de forma paralela a las terapias convencionales. Estos se caracterizan por favorecer la interacción del niño con los entornos virtuales mediante el avatar lo que les permite un reconocimiento activo de su esquema corporal y cinemática y les permite la interacción combinada de los sistemas visuales, propioceptivo y vestibular que son fundamentales para el entrenamiento del equilibrio. La Eye toy de Play Station 2 mejoró la calidad del desempeño ocupacional, la motivación, el sentido de autoeficacia y las habilidades sociales en niños con PCI hemipléjica espástica (Chen et al., 2015; Jannink et al., 2008). A nivel motriz, Chen et al. (2007), Li et al. (2009) y Sandlund et al., (2011) publicaron que este sistema produce mejoras en la funcionalidad del miembro superior hemipléjico, lo que supondrá una

mejor coordinación bimanual y una mejora de las habilidades motrices. El uso de la Kinect en niños con PCI hemipléjica o dipléjica favorece el desarrollo motor fino y grueso, la coordinación y las destrezas manipulativas (Diment & Hobbs, 2014; Levac et al., 2017; Luna Oliva et al. 2013; Ni et al., 2014).

- Sistemas basados en el contacto

O más conocidos como sistemas hápticos, los cuales utilizan un robot para generar una interacción entre el niño y el entorno virtual. La ventaja de este tipo de sistemas es que la experiencia que ofrecen es mucho más inmersiva por lo que se aumenta la adherencia a la intervención y la motivación es mayor. De los 48 artículos, 12 publicaciones utilizan esta tecnología como herramienta rehabilitadora. Estos sistemas sí requieren de una formación específica por parte del profesional que lo aplica y no se puede utilizar como sistema de tele-rehabilitación. Lokomat es considerado un sistema háptico, esta órtesis de marcha robotizada posee una cinta de marcha rodante y un sistema de descarga corporal. Este sistema combina la marcha funcional y la estimulación sensorial, una de las ventajas de este sistema es que reduce el esfuerzo de los terapeutas y permite que las sesiones puedan ser más duraderas (hasta 1 hora aproximadamente), además el hecho de que posea novedosos sistemas de RV proporciona al niño estímulos para que tome la terapia como un juego. De forma más concreta son 7 los ensayos publicados que usan esta tecnología, el tiempo de intervención es de unos 25 a 45 minutos aproximadamente y la intervención se extiende de unas 3 a 12 semanas. Se encontraron mejoras en el equilibrio y en la estabilización del tronco, además de favorecer el desarrollo de destrezas motoras gruesas se centra sobre todo en mejorar la funcionalidad de la marcha (aumento de velocidad de la marcha, aumento de la distancia recorrida, disminución del porcentaje de doble apoyo) todo ello implica una mayor independencia para realizar las transferencias (Ammann et al., 2017; Borggraefe et al., 2008; 2010; Cherng et al., 2007; Dodd & Foley, 2007; Druzbicki et al., 2013; Matter-Baxter et al., 2013). Otros dispositivos hápticos son el Civer Glove que permite tocar, sentir y manipular objetos en entornos simulados. Tres estudios publicados por Golomp et al. (2010) y Huber et al. (2008; 2010) muestran que este sistema mejora la pinza, el agarre, cierre, apertura del pulgar, favoreciendo el aumento de amplitud de la mano lo que supone un aumento de la capacidad del niño para levantar objetos ligeros.

Otros sistemas robóticos menos conocidos, y no por ello menos efectivos, son el PSAMD/RSAMD o el Rutger ankle CP. Solo dos estudios hablan acerca de los beneficios de estos sistemas robóticos, uno de ellos es el estudio experimental sin grupo control de Weightman et al. (2011) donde se incrementa la actividad de los MMSS en niños con PCI por otro lado Burdea et al (2013) investigaron la eficiencia de Rutger ankle CP, y los resultados muestran que en 3 sesiones por semana durante 12 semanas se mejora la función, cinemática, resistencia y velocidad de la marcha ya que se produce un aumento de ángulo de flexión del tobillo y se produce un incremento de la fuerza de los flexores plantares y dorsales.

- Sistemas gestuales

Los sistemas gestuales integran al niño dentro del entorno virtual y no requieren del uso de otros dispositivos lo que proporciona al niño una total libertad de movimiento. Brien & Sveistrup (2011), Bryanton et al. (2006) y You et al. (2005) corroboran que el sistema IREX mejora las habilidades motoras del miembro afectado (agarre, motricidad fina y gruesa) lo que implica una mejora de las capacidades para alcanzar, agarrar, vestirse y alimentarse, es decir, los beneficios en el control motor selectivo son aparentes. Por otro lado el sistema Mandala Gesture Xtreme fomenta la motivación, la capacidad de competencia y las habilidades sociales e implica la participación del niño en el juego y en actividades lúdicas. A nivel ocupacional favorece el rendimiento ocupacional y el sentido de autoeficacia (Harris & Reid, 2005; Reid 2002; 2004).

Por tanto, existen infinidad de tecnologías orientadas a facilitar la neurorrehabilitación y que se usan de forma paralela a las terapias convencionales. En este estudio se ha llevado a cabo una clasificación de las mismas aunque es importante destacar que también existe evidencia de otras que no pertenecen a ninguno de estos 3 grupos. Moral et al. (2016) y Velasco et al. (2016) comprobaron la eficacia del dispositivo ENLAZA en niños con PCI espástica tetraplégica, es decir para niños con movilidad muy limitada. Los resultados muestran que este dispositivo favorece el control de tronco y control cefálico y favorece la sedestación con control de tronco, además fomenta el control visuomotor lo que implica una mayor interacción social. Otros estudios publicados por Bilde et al. (2011) y James et al. (2015) incorporan a la rehabilitación física y motora un software para ordenador llamado Miiti <sup>TM</sup>. Los niños con PCI espástica unilateral fueron

sometidos a 20 semanas de tratamiento, se produjeron mejoras en la motivación, el compromiso y la función física y cognitiva.

Esta revisión presenta algunas limitaciones que deben indicarse. Los estudios publicados sobre las ventajas y beneficios que aportan las NNTT muestran resultados positivos y persistentes a corto plazo, aunque es cierto que existe un consenso sobre la necesidad de investigaciones futuras que avalen esta evidencia, ya que hay pocas investigaciones al respecto (Martín et al., 2016; Reid, 2004; Sanlund et al., 2011).

Por un lado no existen datos concluyentes en la literatura sobre la superioridad de las intervenciones que emplean las nuevas tecnologías en niños y adolescentes con PC con respecto a otros tipos de tratamiento o intervenciones (Sajan et al., 2016). Con respecto al seguimiento tras finalizar las intervenciones, la mayoría realizan un análisis pre-post intervención, siendo la valoración post-intervención prácticamente inmediata a la intervención, por lo que no se puede hablar de un mantenimiento en el tiempo de las habilidades y motoras adquiridas por los niños. Además, los estudios realizados hasta la fecha emplean muestras de participantes muy pequeñas, de una amplia diversidad clínica (desarrollo cognitivo y movilidad funcional) y con un amplio rango de edad lo que condiciona las habilidades motoras y funcionales adquiridas por los participantes.

### **Conclusiones y líneas futuras**

Esta revisión incluye artículos cuya evidencia ha sido justificada a través de escalas e instrumentos validados y cuya finalidad era evaluar la eficacia de las NNTT como una herramienta que se usa de forma paralela a las terapias convencionales en población infantil con PCI. Sin embargo, se considera fundamental abrir nuevas líneas de investigación que comparen el empleo de sistemas de RV con otros procedimientos terapéuticos con objeto de justificar si los beneficios se producen por las ventajas que aportan las NNTT o si, por el contrario, éstos se producen a consecuencia de su actuación de forma paralela con las terapias convencionales. Estas líneas de investigación deben fundamentarse en estudios bien diseñados de rigurosa calidad metodológica. En línea con la calidad metodológica de los próximos estudios, han de establecerse unos criterios de selección de participantes bien definidos y asegurarse que

los grupos sean homogéneos y similares en cuanto a edad, clasificación del grado de funcionalidad, topografía y calidad del tono. Si se tienen en cuenta aquellos ensayos que utilizan sistemas de bajo coste, los videojuegos utilizados no fueron diseñados inicialmente con un objetivo rehabilitador, estudios futuros requieren el desarrollo de videojuegos específicos dirigidos para el tratamiento de síntomas de niños con PC, es más, la selección del tipo de videojuego debería unificarse, de manera que se utilizasen los mismo videojuegos en función de las destrezas o habilidades que se pretendan adquirir o rehabilitar. Por otro lado otra línea futura a tener en cuenta es el diseño de sistemas de bajo coste que permitan regular la velocidad o intensidad del juego facilitando la adaptación de aquellos niños que presentan mayores dificultades motrices.

Algunas de las ventajas que nos ofrece esta revisión es que no solo se incluyen medidas de resultado físicas sino que se incluyen medidas de resultado funcionales que evalúan las actividades de la vida diaria, motivación, autoeficacia y adherencia al tratamiento. Por otro lado, se evalúan estudios que emplean dispositivos de bajo coste ya que son productos comerciales con grandes ventajas con respecto a otros diseñados con objetivos específicamente terapéuticos (precio económico, accesibilidad, buen servicio técnico, fácilmente actualizables con nuevas tecnologías y no necesitan modificaciones adicionales).

Los estudios analizados muestran que el entrenamiento con las nuevas tecnologías produce mejoras en las habilidades funcionales y físicas de los niños tales como el desempeño y rendimiento ocupacional, la autoeficacia, la motivación, la motricidad fina y gruesa, el equilibrio, la fuerza, la resistencia, el control motor, la movilidad de miembros superiores e inferiores y la marcha en caso de que sea existente.

## Bibliografia

- \*AlSaif, A., & Alsenany, S. (2015). Effects of interactive games on motor performance in children with spastic cerebral palsy. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(6), 2001-2003. DOI:10.1589/jpts.27.2001
- \*Ammann-Reiffer, C., Bastiaenen, C. H., Meyer-Heim, A. D., & van Hedel, H. J. (2017). Effectiveness of robot-assisted gait training in children with cerebral palsy: a bicenter, pragmatic, randomized, cross-over trial (PeLoGAIT). *BMC Pediatrics*, 17(1), 1-9. DOI:10.1186/s12887-017-0815-y
- \*Atasavun, S., & Baltaci, G. (2016). Effects of Nintendo Wii™ training on occupational performance, balance, and daily living activities in children with spastic hemiplegic cerebral palsy: a single-blind and randomized trial. *Games for Health Journal*, 5(5), 311-317. DOI:10.1089/g4h.2015.0102
- Barlow, K. M. (2008). Neurorehabilitation of children with cerebral palsy. *Malformations of the Nervous System*, 87, 591-609. DOI:10.1016/S0072-9752(07)87032-1
- Barton, G. J., Hawken, M. B., Foster, R. J., Holmes, G., & Butler, P. B. (2013). The effects of virtual reality game training on trunk to pelvis coupling in a child with cerebral palsy. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 10, 15. DOI:10.1186/1743-0003-10-15
- \*Bilde, P. E., Kliim-Due, M., Rasmussen, B., Petersen, L. Z., Petersen, T. H., & Nielsen, J. B. (2011). Individualized, home-based interactive training of cerebral palsy children delivered through the Internet. *BMC Neurology*, 11, 32. DOI:10.1186/1471-2377-11-32.
- \*Borggraefe, I., Meyer-Heim, A., Kumar, A., Schaefer, J. S., Berweck, S., & Heinen, F. (2008). Improved gait parameters after robotic-assisted locomotor treadmill therapy in a 6-year-old child with cerebral palsy. *Movement Disorders*, 23(2), 280-283. DOI:10.1002/mds.21802
- \*Borggraefe, I., Schaefer, J. S., Klaiber, M., Dabrowski, E., Ammann-Reiffer, C., Knecht, B., Berweck, S., Heinen, F., & Meyer-Heim, A. (2010). Robotic-assisted

treadmill therapy improves walking and standing performance in children and adolescents with cerebral palsy. *European Journal Of Paediatric Neurology*, 14(6), 496-502. DOI:10.1016/j.ejpn.2010.01.002

- \*Brien, M., & Sveistrup, H. (2011). An intensive virtual reality program improves functional balance and mobility of adolescents with cerebral palsy. *Pediatric Physical Therapy*, 23(3), 258-266. DOI:10.1097/PEP.0b013e318227ca0f.
- \*Bryanton, C., Bossé, J., Brien, M., Mclean, J., McCormick, A., & Sveistrup, H. (2006). Feasibility, motivation, and selective motor control: virtual reality compared to conventional home exercise in children with cerebral palsy. *Cyberpsychology & Behavior*, 9(2), 123-128. DOI:10.1089/cpb.2006.9.123
- \*Burdea, G. C., Cioi, D., Kale, A., Janes, W. E., Ross, S. A., & Engsberg, J. R. (2013). Robotics and gaming to improve ankle strength, motor control, and function in children with cerebral palsy—a case study series. *IEEE Transactions On Neural Systems And Rehabilitation Engineering*, 21(2), 165-173. DOI:10.1109/TNSRE.2012.2206055
- Cano de la Cuerda, R., & Collado, S. (2012). *Neurorrehabilitación. Métodos específicos de valoración y tratamiento*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- \*Chen, Y. P., Kang, L. J., Chuang, T. Y., Doong, J. L., Lee, S. J., Tsai, M. W., Jeng, S. F., & Sung, W. H. (2007). Use of virtual reality to improve upper-extremity control in children with cerebral palsy: a single-subject design. *Physical Therapy*, 87(11), 1441-1457. DOI:10.2522/ptj.20060062
- \*Chen, Y., Garcia-Vergara, S., & Howard, A. M. (2015). Effect of a home-based virtual reality intervention for children with cerebral palsy using super pop VR evaluation metrics: a feasibility study. *Rehabilitation Research And Practice*, 2015(2015), 812348. DOI: 10.1155/2015/812348
- \*Cherng, R. J., Liu, C. F., Lau, T. W., & Hong, R. B. (2007). Effect of treadmill training with body weight support on gait and gross motor function in children with spastic cerebral palsy. *American Journal Of Physical Medicine & Rehabilitation*, 86(7), 548-555. DOI:10.1097/PHM.0b013e31806dc302

- \*Chiu, H., Ada, L., & Lee, H. (2014). Upper limb training using Wii Sports Resort™ for children with hemiplegic cerebral palsy: a randomized, single-blind trial. *Clinical Rehabilitation*, 28(10), 1015-1024. DOI:10.1177/0269215514533709
- \*Cho, C., Hwang, W., Hwang, S., & Chung, Y. (2016). Treadmill training with virtual reality improves gait, balance, and muscle strength in children with cerebral palsy. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 238(3), 213-218. DOI:10.1620/tjem.238.213.
- \*Córdoba-Castillo, L. F., Gómez-Lozano, V. C., Tello-Fernández, L. K., & Tovar-Ruiz, L. A. (2015). Efectos del tratamiento fisioterapéutico con el Wii Balance board en las alteraciones posturales de dos niños con parálisis cerebral. Caso clínico. *Revista Ciencias de la Salud*, 13(2), 147-163. DOI: 10.12804/revsalud13.02.2015.02
- De Oliveira, J. M., Fernandes, R. C. G., Pinto, C. S., Pinheiro, P. R., Ribeiro, S., & De Albuquerque, V. H. C. (2016). Novel virtual environment for alternative treatment of children with cerebral palsy. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2016(2016), 8984379. DOI:10.1155/2016/8984379
- \*Deutsch, J. E., Borbely, M., Filler, J., Huhn, K., & Guarrera-Bowlby, P. (2008). Use of a low-cost, commercially available gaming console (Wii) for rehabilitation of an adolescent with cerebral palsy. *Physical Therapy*, 88(10), 1196-1207. DOI:10.2522/ptj.20080062
- \*Diment, L., & Hobbs, D. (2014). A gesture-based virtual art program for children with severe motor impairments – development and pilot study. *Journal of Assistive, Rehabilitative & Therapeutic Technologies*, 2(1), 23206. DOI:10.3402/jartt.v2.23206
- \*Do, J. H., Yoo, E. Y., Jung, M. Y., & Park, H. Y. (2016). The effects of virtual reality-based bilateral arm training on hemiplegic children's upper limb motor skills. *Neurorehabilitation*, 38(2), 115-127. DOI:10.3233/NRE-161302.
- \*Dodd, K. J., & Foley, S. (2007). Partial body-weight-supported treadmill training can improve walking in children with cerebral palsy: a clinical controlled trial.

*Developmental Medicine & Child Neurology*, 49(2), 101-105.  
DOI:10.1111/j.1469-8749.2007.00101.x

\*Drużbicki, M., Rusek, W., Snela, S., Dudek, J., Szczepanik, M., Zak, E., Durmala, J., Czernuszenko, A., Bonikowski, M., & Sobota, G. (2013). Functional effects of robotic-assisted locomotor treadmill therapy in children with cerebral palsy. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 45(4), 358-363. DOI: 10.2340/16501977-1114

Espe-Sherwindt, M. (2008). Family-centred practice: collaboration, competency and evidence. *Support for Learning*, 23(3), 136–143. DOI:10.1111/j.1467-9604.2008.00384.x

\*Gatica, V., Cartes, R., Méndez, G., Guzmán, E., & Cofré, L. (2016). Effects of a Nintendo Wii exercise program on spasticity and static standing balance in spastic cerebral palsy. *Developmental Neurorehabilitation*, 2016, 1-4. DOI:10.1080/17518423.2016.1211770

\*Golomb, M. R., McDonald, B. C., Warden, S. J., Yonkman, J., Saykin, A. J., Shirley, B., Huber, M., Rabin, B., Abdelbaky, M., Nwosu, M. E., Barkat-Masih, M., & Burdea, G. C. (2010). In-home virtual reality videogame telerehabilitation in adolescents with hemiplegic cerebral palsy. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 91(1), 1-8. DOI:10.1016/j.apmr.2009.08.153.

Gómez, I. (2008). El daño cerebral sobrevenido: un abordaje transdisciplinar dentro de los servicios sociales. *Intervención Psicosocial*, 17(3), 237-244.

\*Gordon, C., Roopchand-Martin, S., & Gregg, A. (2012). Potential of the Nintendo Wii™ as a rehabilitation tool for children with cerebral palsy in a developing country: a pilot study. *Physiotherapy*, 98(3), 238-242. DOI:10.1016/j.physio.2012.05.011.

Green, D., & Wilson, P. H. (2012). Use of virtual reality in rehabilitation of movement in children with hemiplegia – A multiple case study evaluation. *Disability And Rehabilitation*, 34(7), 593-604. DOI:10.3109/09638288.2011.613520

- \*Harris, K., & Reid, D. (2005). The influence of virtual reality play on children's motivation. *Canadian Journal of Occupational Therapy*, 72(1), 21-29. DOI: 10.1177/000841740507200107
- \*Howcroft, J., Fehlings, D., Wright, V., Zabjek, K., Andrysek, J., & Biddiss, E. (2012a). A comparison of solo and multiplayer active videogame play in children with unilateral cerebral palsy. *Games for Health Journal*, 1(4), 287-293. DOI:10.1089/g4h.2012.0015
- \*Howcroft, J., Klejman, S., Fehlings, D., Wright, V., Zabjek, K., Andrysek, J., & Biddiss, E. (2012b). Active video game play in children with cerebral palsy: potential for physical activity promotion and rehabilitation therapies. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 93(8), 1448-1456. DOI:10.1016/j.apmr.2012.02.033
- \*Huber, M., Rabin, B., Docan, C., Burdea, G. C., AbdelBaky, M., & Golomb, M. R. (2010). Feasibility of modified remotely monitored in-home gaming technology for improving hand function in adolescents with cerebral palsy. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 14(2), 526-534. DOI:10.1109/TITB.2009.2038995.
- \*Huber, M., Rabin, B., Docan, C., Burdea, G., Nwosu, M. E., Abdelbaky, M., & Golomb, M. R. (2008). PlayStation 3-based tele-rehabilitation for children with hemiplegia. *Virtual Rehabilitation*, 105-112. DOI:10.1109/ICVR.2008.4625145
- \*James, S., Ziviani, J., King, G., & Boyd, R. (2015). Understanding engagement in home-based interactive computer play: perspectives of children with unilateral cerebral palsy and their caregivers. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, 36(4), 343-358. DOI:10.3109/01942638.2015.1076560
- \*Jannink, M. J., van der Wilden, G. J., Navis, D. W., Visser, G., Gussinklo, J., & Ijzerman, M. (2008). A low-cost video game applied for training of upper extremity function in children with cerebral palsy: A pilot study. *Cyberpsychology & Behavior*, 11(1), 27-32. DOI:10.1089/cpb.2007.0014
- \*Jelsma, J., Pronk, M., Ferguson, G., & Jelsma-Smit, D. (2012). The effect of the Nintendo Wii fit on balance control and gross motor function of children with

spastic hemiplegic cerebral palsy. *Developmental Neurorehabilitation*, 16(1), 27-37. DOI:10.3109/17518423.2012.711781

León-Sarmiento, F., Bayona, E., & Bayona, J. (2009). Neurorehabilitation an other revolution of XXIst century. *Acta Médica Colombiana*, 34(2), 88-92.

\*Levac, D., McCormick, A., Levin, M. F., Brien, M., Mills, R., Miller, E., & Sveistrup, H. (2017). Active video gaming for children with cerebral palsy: Does a clinic-based virtual reality component offer an additive benefit? A pilot study. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, 4, 1-14. DOI:10.1080/01942638.2017.1287810

\*Li, W., Lam-Damji, S., Chau, T., & Fehlings, D. (2009). The development of a home-based virtual reality therapy system to promote upper extremity movement for children with hemiplegic cerebral palsy. *Technology and Disability*, 21(3), 107-113. DOI:10.3233/TAD-2009-0277

\*Luna-Oliva, L., Ortiz-Gutiérrez, R. M., Cano-de la Cuerda, R., Piédrola, R. M., Alguacil-Diego, I. M., Sánchez-Camarero, C., Martínez Culebras, M. C. (2013). Kinect Xbox 360 as a therapeutic modality for children with cerebral palsy in a school environment: A preliminary study. *Neurorehabilitation*, 33(4), 513-521. DOI:10.3233/NRE-131001.

Martín, M., Máximo, N., & Luna, L. (2016). A virtual environment to improve the detection of oral-facial malfunction in children with cerebral palsy. *Sensors*, 16(4), 444. DOI:10.3390/s16040444

\*Mattern-Baxter, K., McNeil, S., & Mansoor, J. K. (2013). Effects of home-based locomotor treadmill training on gross motor function in young children with cerebral palsy: A quasi-randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 94(11), 2061-2067. DOI:10.1016/j.apmr.2013.05.012

Monge, E., Molina, F., Alguacil, I., Cano de la Cuerda, R., de Mauro, A., & Miangolarra, J. (2014). Empleo de sistemas de realidad virtual como método de propiocepción en parálisis cerebral: guía de práctica clínica. *Neurología*, 29(9), 550-559. DOI:10.1016/j.nrl.2011.12.004

- \*Moral, B., Parra Musin, E. M., Albiol, R., & Lerma Lara, S. (2016). Short-term effects of an intervention program through an inertial sensor (ENLAZA) for the improving of head control in children with cerebral palsy. *ESMAC 2016*. DOI:10.1016/j.gaitpost.2016.07.280
- \*Ni, L. T., Fehlings, D., & Biddiss, E. (2014). Design and evaluation of virtual reality-based therapy games with dual focus on therapeutic relevance and user experience for children with cerebral palsy. *Games For Health Journal*, 3(3), 162-171. DOI:10.1089/g4h.2014.0003
- \*Ramstrand, N., & Lyngnegård, F. (2012). Can balance in children with cerebral palsy improve through use of an activity promoting computer game?. *Technology and Health Care*, 20(6), 501-510. DOI:10.3233/THC-2012-0696.
- \*Reid, D. T. (2002). Benefits of a virtual play rehabilitation environment for children with cerebral palsy on perceptions of self-efficacy: a pilot study. *Pediatric Rehabilitation*, 5(3), 141-148. DOI:10.1080/1363849021000039344
- \*Reid, D. T. (2004). The influence of virtual reality on playfulness in children with cerebral palsy: a pilot study. *Occupational Therapy International*, 11(3), 131-144. DOI: 10.1002/oti.202.
- \*Sajan, J. E., John, J. A., Grace, P., Sabu, S. S., & Tharion, G. (2016). Wii-based interactive video games as a supplement to conventional therapy for rehabilitation of children with cerebral palsy: A pilot, randomized controlled trial. *Developmental Neurorehabilitation*, 15, 1-7. DOI:10.1080/17518423.2016.1252970
- \*Sandlund, M., Waterworth, E. L., & Häger, C. (2011). Using motion interactive games to promote physical activity and enhance motor performance in children with cerebral palsy. *Developmental Neurorehabilitation*, 14(1), 15-21. DOI:10.3109/17518423.2010.533329
- Sankar, C., & Mundkur, N. (2005). Cerebral palsy-definition, classification, etiology and early diagnosis. *The Indian Journal Of Pediatrics*, 72(10), 865-868. DOI:10.1007/bf02731117
- \*Tarakci, D., Ozdincler, A., Tarakci, E., Tutuncuoglu, F., & Ozmen, M. (2013). Wii-based balance therapy to improve balance function of children with cerebral

palsy: A pilot study. *Journal Of Physical Therapy Science*, 25(9), 1123-1127.  
DOI:10.1589/jpts.25.1123

- \*Urgen, M., Akbayrak, T., Gunel, M., Cankaya, O., Guchan, Z., & Turkyilmaz, E. (2016). 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. *International Journal of Therapies and Rehabilitation Research*, 5(4), 146-157. DOI:10.5455/ijtrr.000000157
- \*Velasco, M. A., Raya, R., Muzzioli, L., Morelli, D., Iosa, M., Cincotti, F., & Rocon, E. (2016). Evaluation of cervical posture improvement of children with cerebral palsy after physical therapy with a HCI based on head movements and serious videogames. *IWBBIO 2016: Bioinformatics and Biomedical Engineering*, 495-504. DOI:10.1007/978-3-319-31744-1\_44
- \*Weightman, A., Preston, N., Levesley, M., Holt, R., Mon-Williams, M., Clarke, M., Cozens, A. J., & Bhakta, B. (2011). Home based computer-assisted upper limb exercise for young children with cerebral palsy: A feasibility study investigating impact on motor control and functional outcome. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 43(4), 359-363. DOI:10.2340/16501977-0679
- \*Winkels, D. G., Kottink, A. I., Temmink, R. A., Nijlant, J. M., & Burke, J. H. (2012). Wii™-habilitation of upper extremity function in children with cerebral palsy. An explorative study. *Developmental Neurorehabilitation*, 16(1), 44-51. DOI:10.3109/17518423.2012.713401
- \*You, S. H., Jang, S. H., Kim, Y. H., Kwon, Y. H., Barrow, I., & Hallett, M. (2005). Cortical reorganization induced by virtual reality therapy in a child with hemiparetic cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 47(9), 628-635. DOI:10.1111/j.1469-8749.2005.tb01216.x

\*Estudios incluidos en la revisión

## Anexos

**Tabla 2. Evidencia del uso de las Nuevas Tecnologías en Terapia Ocupacional**

Estudio	Muestra y diseño	NNTT	Instrumentos	Entrenamiento	Beneficios
Atasavun Uysal & Baltaci (2016)	n=24 PCI espástica hemipléjica GC(M=10.11 años) GI (M=9.13 años) Experimental, ciego simple con GC	Nintendo Wii (Wii tenis, baloncesto y boxeo)	COPM,PEDI y MACS	30 min. al día/2 días X semana/12 semanas	Mejora del rendimiento /desempeño ocupacional y del equilibrio funcional.
Chen, Garcia & Howard (2015)	n <sub>TOTAL</sub> =14, n <sub>PCI</sub> =3 (2 hipotónica y 1 hemipléjica); M= 9.1 años Estudio piloto, experimental sin GC	Play station 2, eye toy (Limpia cristales, fútbol, kung fu...)	BOT-2 y PMAL	30 min. X día/6 días/ 8 semanas	Mejora la calidad en el desempeño ocupacional y favorece la funcionalidad en la mano hemipléjica y favorece las habilidades sociales
Do et al. (2016)	n=3 PCI hemipléjica espástica , M=6 años Estudio experimental de caso único	Nintendo Wii (Wii sports)	WMFT, PMAL	30 min X sesión/ 2 sesiones X semana/ 10 semanas	Mejora de la funcionalidad de los MMSS
Golomb et al. (2010)	n=3 PCI hemipléjica; M=13-15 años Estudio piloto experimental sin GC	Play station 3 y Ciber Glove	BOT-2 , JHFT y ROM	30 min. X día/ días X semana/2 meses	Mejora la motricidad fina y gruesa
Harris & Reid (2005)	n=16 PCI (6 espástica, 5 cuadripléjica, 1 diplejía espástica, 1 hemipléjica y 3 atetoide); M=10.1 años ECA	Mandala R Gesture Xtreme Virtual Reality™ (fútbol y pintura)	PVQ	1h X sesión/ 8 sesiones	Mejora la volición, la motivación y la capacidad de competencia. Fomenta la participación de los niños en el juego

Huber et al. (2008)	n=3 PCI hemipléjica Estudio piloto experimental sin GC	Play station 3+ Civerglove (Yellow Dog Linux 6.0)	JHFT, dinamómetro Jamar	30 minutos X día/ 3 meses	Mejora la movilidad , función y motricidad de la mano hemipléjica
Huber et al. (2010)	n=3 PCI; M=13-15 años Estudio piloto experimental sin GC	Play station 3 + Ultrasensitive Glove (Yellow Dox Linux 6.0)	JHFT, dinamómetro Jamar	30 min/día/ varios días a la semana/6 a 10 meses	Mejora de la motricidad fina y gruesa, favorece la bimanualidad
James et al. (2015)	n=10 PCI unilateral , M=11.4 años Ensayo controlado aleatorio, experimental sin GC	Mitii™	AMPS, COPM, TVPS-3, JHTF	20 semanas	Mejora la motivación, el compromiso y favorece el desarrollo del sentido de confianza y autonomía en las ABVD
Jannink et al (2008)	n=12 PCI ( hemiplejía espástica, tetraplejia espástica y diplejía espástica) GI: n=6 ,M=11.9 años GC: n=6, M=12.3 años Estudio piloto experimental con GC	Play Station 2, Eye toy (Artes marciales, limpia cristales y elevar los globos)	Cuestionario de Satisfacción y Evaluación de Melbourne de la función unilateral de de MMSS	30 min./ 2 X sem./6 semanas	Promueve la motivación y mejora la función del MMSS además de favorecer el desarrollo de las relaciones sociales y mejora el autoconcepto.
Li et al. (2009)	n=5 PCI hemipléjica con M=8.1 años Experimental sin GC	Play station 2 con Eye toy ( Agente secreto y Mr. Chef)	QUEST y Sistema de clasificación de la función de la mano en el hogar	30 min. X día/10 días	Fomenta la movilidad voluntaria en las extremidades hemipléjicas.
Ni, Fehlings & Biddiss (2014)	n=8 con PCI; M= 10.8 años Experimental sin GC	Kinect Xbox 360 (Dogewall, Reach+)	SUS, PACES, Cuestionario personalizado de feedback	40 min. en clínica 1 h. en casa	Fomenta el aprendizaje motor y favorece el desarrollo de habilidades sociales

Reid (2002)	n=3 PCI (2 con cuadriplejía espástica, 1 con diplejía espástica); M=10 años Diseño de un caso único (pretest-postest)	Mandala R Gesture Xtreme Virtual Reality™ (pintura, voleibol y fútbol)	COPM	90 min. , divididas en 15 min./juego	Mejora significativa del rendimiento ocupacional y de la autoeficacia
Reid (2004)	n=13 PCI espástica; M=10.5 años Estudio piloto, experimental sin GC	Mandala R Gesture Xtreme Virtual Reality™ (Pájaros y balones, voleibol y fútbol)	TOP	1h/8 sesiones	Favorece el desarrollo de habilidades sociales y de la motivación
Weightman et al. (2011)	n=18 PCI; M=7.5 años Experimental sin GC	PSAMD y RSAMD (Juego de nave espacial, juego de de caza de monos con plátanos, juego de globo y juego de tiburón)	COPM y Sistema de seguimiento de movimiento	75 min. /4 semanas	Mejora la autoeficacia y la motivación Aumento de la actividad en los MMSS
Winkels et al. (2012)	n=15 PCI 6-15 años Experimental sin GC (Estudio pre post)	Nintendo Wii (Wii sports)	Abilhand-Kids y cuestionario de satisfacción	30 min.X día/2 días/6 semanas	Mejora el aprendizaje y el control motor y favorece el disfrute y la motivación

Abreviaturas: ABVD= actividades básicas de la vida diaria; AMPS= Assessment of Motor and Process Skills; BOT-2= Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency; COPM=Canadian Occupational Performance Measure; ECA= Ensayo controlado aleatorio; GC= Grupo control; GI= Grupo intervención; JHFT = Jebsen Hand Function Test; MACS=Manual Ability Classification System; PACES = Physical Activity Enjoyment Scale;; PEDI=The Pediatric Evaluation of Disability Inventory;; PMAL= Pediatric Motor Activity Log; PSAMD= Planar Space Assistive Movement Device; PVQ= The Pediatric Volitional Questionnaire; QUEST= Quality of Upper Extremity Skills Test; ROM= remote assessment of finger range of motion; RSAMD= Restricted Space Assistive Movement Device; SUS= System Usability Scale; TOP= The Test of Playfulness; TVPS-3= Test for Visual-Perceptual Skills; WMFT= Wolf Motor Function Test.

**Tabla 3: Evidencia del uso de las Nuevas Tecnologías en Fisioterapia**

Estudio	Muestra y diseño	NNTT	Instrumentos	Entrenamiento	Beneficios
Ammann et al. (2017)	PCI espástica bilateral o cuadriplejia espástica GC: 11-18 años GI: 6-18 años Ciego simple aleatorio, experimental con GC	LOKOMAT(Challenge Package)	GMFM, 6-MWT, 10-MWT	45 min/ 3 veces X semana /5 semanas	Favorece el equilibrio en sedestación y provoca una disminución de los movimientos involuntarios
Borggraefe et al. (2008)	n=1 PCI espástica bilateral de 6 años de edad Experimental caso único	LOKOMAT	GMFM, 10MWT, 6MWT	25- 40 min. X sesión/ 4 sesiones X semana/ 3 semanas	Mejora de la marcha y de la estabilización del tronco Reducción de la espasticidad
Borggraefe et al.(2010)	n=20 PCI espástica bilateral; M= 11 años Experimental sin GC	LOKOMAT	GMFM	25 min. X sesión/ 4 sesiones X semana/ 3 semanas	Mejora en la funcionalidad de la marcha y la estabilización de la postura
Burdea et al. (2013)	n=3 PCI con media 10 años Experimental, estudio de caso único con línea de base múltiple	The Rutgers Ankle CP	GMFC, Peds QL y dinámometro Kymco	3 X semana/ 12 semanas	Mejora la funcionalidad de la marcha, la fuerza y la amplitud muscular

Brien & Svestrup (2011)	n=4 PCI (diplejía espástica y coreoatetosis); x=16 años Experimental, un único caso, línea de base múltiple	IREX VR (Software del sistema de ejercicios)	CB&M, 6MWT, GMFM, el tiempo que se tarda al subir y bajar las escaleras	90 minutos/ 5 días consecutivos /1 mes	Mejora del equilibrio y de la coordinación, además se produce un incremento de la funcionalidad de la marcha
Bryanton et al. (2006)	n <sub>TOTAL</sub> =16; n=10 PCI hemipléjica y dipléjica espástica y n=6 niños sin PCI; M <sub>TOTAL</sub> = 12 años Experimental sin GC	IREX VR (tiradores de cocos y ninjas voladores)	VAS	90 min / sesión	Aumento del rango articular y muscular y mejora en el control motor selectivo
Cherng et al. (2007)	n=8 con PCI dipléjica espástica; 3-7 años Experimental sin GC	LOKOMAT	GMFM, GAITRite	30 min X sesión/2-3 sesiones X sem/12 semanas	Mejora funcional de la marcha y de algunas funciones motoras gruesas
Cho et al. (2016)	n=18 con PCI espástica GC: n=9 ; M= 10.2 años GI: n=9; M=9.2 Experimental con GC (Pretest-post)	Nintendo Wii ( Wii fit plus)	GMFM, PBS, 10-MWT, 2-MWT	30 X día/ 3 veces X semana/ 8 semanas	Cambios en el control postural dinámico, el equilibrio, la fuerza muscular y la función motora gruesa. Mejora funcional de la marcha

Chen et al. (2007)	n=4 PCI espástica M=6.3 años Experimental, estudio de caso único con línea de base múltiple	Play station 2, eye toy (Búbuja, cohete, lumpia cristales...)	PDMS-2	2 horas X semana (45 y 75 minutos)/ 4 semanas	Mejoras en la cinemática y en el control de las extremidades superiores. Mayor integración visuomotora y coordinación bimanual
Córdoba-Castillo et al. (2015)	n=2 PCI hemiparésica espástica; M=7 años Estudio de casos de cohorte longitudinal	Nintendo Wii (Tabla de equilibrio Wii)	Software APIC V 2.0	30 min. X sesión/5 días X sem./ 4 semanas	Cambios importantes en la lateralización del centro de gravedad (corrección de las alteraciones posturales)
Deutsch et al. (2008)	n=1 PCI espástica dipléjica de 13 años Experimental, estudio de caso único	Nintendo Wii (Wii sports)	TVP, Distancia de marcha, Distribución de peso y medidas de oscilación	60-90 min X sesión/ 2-3 veces X semana/4 semanas	Mejoras en el procesamiento visual perceptual, control postural y movilidad funcional
Dodd & Foley (2007)	n=14 PCI atetoide, cuadripléjica y dipléjica espástica GC: n=7 GI: n=7; M= 8.5 años Ensayo clínico controlado. experimental con GC	LOKOMAT	10 metros de velocidad de marcha autoseleccionada, 10MWT	30 min. X día/3 días X sem./ 6 semanas	Mejora funcional de la marcha
Družbicki et al. (2013)	n=52 PCI espástica dipléjica GC: M= 10 años GI: M= 11 años ECA experimental con GC	LOKOMAT	BTS Sistema inteligente de análisis de movimiento	45 min. X sesión/ 20 sesiones	Mejora del control motor postural y de la funcionalidad de la marcha, aumento del rango de movimiento. Favorece el desarrollo de las destrezas motoras gruesas

Gatica et al. (2016)	n=10 PCI espástica; M=9.6 años Estudio piloto, grupo experimental (prepost)	Nintendo Wii (Snowboard, pingüinos, Super Hula Hop y Yoga)	MMAS, SSBT	26 min./3 sesiones X semana/6 semanas	Reducción de la espasticidad de los flexores plantares de los tobillos y mejora del equilibrio estático Aumento de los movimientos controlados del tobillo
Gordon et al., (2012)	n=6 PCI discinética; M=10.6 años Estudio piloto prepost sin GC	Nintendo Wii (Wii sports)	GMFM	45 min X sesión / 2 veces X semana/6 semanas	Mejora de la función motora gruesa y del equilibrio. Fortalecimiento de la musculatura
Howcroft et al. (2012a)	n=17 PCI hemipléjica y dipléjica espástica; M=9.43 años Experimental sin GC	Nintendo Wii (Wii sports)	PACES	8 minutos X juego con un descanso de 5 min.	Aumento de la fuerza y resistencia de la extremidad superior del brazo dominante
Jelsma et al. (2012)	n= 14 PCI hemipléjica espástica; 7-14 años Estudio experimental de caso único con múltiples sujetos y líneas de base	Nintendo Wii (Wii Fit)	RSA, BOT-2, TUDS	25 min./ 2 veces X sem./ 3 semanas	Mejora del equilibrio y de la función motora gruesa

Luna Oliva et al. (2013)	n=11 PCI hemipléjica o dipléjica; M=7.9 años Experimental sin GC (pre-post)	Kinect Xbox 360 (Kinect deporte, kinect paseo, kinect disneyland aventuras)	AMPS, PRT, 10MWT, GMFM, JHFT	30 min X día/2 veces X semana /2 meses	Mejora del equilibrio, de la funcionalidad de la marcha, de la motricidad gruesa y fina, de la coordinación visuomanual y el control motor global
Matter-Baxter et al., (2013)	n=12 PCI hipotónica y espástica GR: n=6; M= 21.25 meses GI: n=6; M=21.6 meses Ensayo controlado aleatorizado con GC	LOKOMAT	GMFM, PDMS-2, PEDI, 10MWT, FMS,	10-20 min. X día / 2veces X día /6 veces X semana/ 6 semanas	Mejora funcional de la marcha y de las habilidades motoras gruesas
Moral et al. (2016)	n=6 PCI Experimental sin GC	Interfaz ENLAZA (Juego de terapia de circo)	GMFM, FAQ, GAQ y ROM	30 min x semana/ 2 semanas	Mejora del control cefálico y de tronco y de la capacidad de sedestación con soporte en el tórax
Ramstrand & Lyngegård (2012)	n=18 PCI hemipléjica o dipléjica; M= 13 años Diseño cruzado aleatorio, experimental sin GC	Nintendo Wii (Wii Fit)	mSOT	30 min X día/ 5 días X semana/5 semanas	Mejoras poco significativas del equilibrio estático y dinámico y significativas en el equilibrio reactivo

Sajan et al. (2016)	n=20 PCI GC: n=10 GI: n=10; 5-20 años Estudio piloto, aleatorizado y controlado , experimental con GC	Nintendo Wii (Boxeo y tenis)	PBS, QUEST, TVPS, WSDM	45min X sesión/18 sesiones /3 semanas	Mejora del control postural y del equilibrio, de la motricidad fina y gruesa, de las habilidades de percepción visual y de la funcionalidad de la marcha
Sandlund et al., (2011)	n=14 PCI(10 unilateral, 2 espástica, 1 atáxica, 1 discinesia); M=10.4 años Experimental sin grupo control	Play station 2, eye toy (juego Eye toy play3)	mABC-2,BOT-2 y 1MWT	20 min X día/4 semanas	Mejora del equilibrio y la coordinación, favorece el desarrollo de habilidades motrices gruesas
Tarakci et al. (2013)	n=14 PCI (7 diplejica, 5 hemiplejica y 2 discinesica) M=12.07 años Estudio piloto, experimental sin grupo control	Nintendo Wii (Wii Fit)	GMFM, TUG, FRT y 6MWT	40 min X día/2 días X semana/12 semanas	Mejora de la flexibilidad, el equilibrio, la fuerza, la coordinación y de la funcionalidad de la marcha. Aumento del control motor dinámico
Urgen et al. (2016)	n=33 PCI espástica GC: n=17; M= 11.3 años GI: n=16; M=11.07 años ECA Experimental con GC	Nintendo Wii (Wii Fit)	GMFM, TUG, PBS, PEDI	45 min X sesión/ 2 veces X semana/ 9 semanas	Mejora del equilibrio y de las habilidades motoras gruesas
Velasco et al. (2016)	n=10 PCI espástica tetrapléjica 4-21 años GI: n=5 GC: n=5 Experimental con GC	Dispositivo ENLAZA	GMFM, VAS, GAS, TCMS	10 sesiones	Mejora del control cefálico, de tronco, de la coordinación oculomotora y de la motricidad gruesa. Aumento de amplitud y rango de movimiento

Abreviaturas: 10-MWT= Ten-minute walking test; 1MWT= 1 Minute Walk Test; 2-MWT= 2-minute walking test; 6-MWT= Six-minute walking test; ABVD= actividades básicas de la vida diaria; AMPS= Assessment of Motor and Process Skills; AVG= Active video games; BOT-2= Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency; CB&M= Community Balance and Mobility Scale; ECA= Ensayo controlado aleatorio; FAQ= Functional Assessment Questionnaire; FMS= Functional Mobility Scale; FRT= The functional reach test; GC= Grupo control; GI= Grupo intervención; GAIRite= the Gold Standard of Temporospacial Gait Analysis; GAQ= Global Assessment Questionnaire; GAS= Goal attainment scaling; GMFM= Gross motor function measure; JHFT = Jebsen Hand Function Test ; mABC-2 = Movement Assessment Battery for Children-2;

MMAS= Modified Modified Ashworth Scale; mSOT= modified sensory organization test; PACES = Physical Activity Enjoyment Scale; PBS= Pediatric Balance Scale; PDMS-2= Peabody Developmental Motor Scales–Second Edition; PEDI=The Pediatric Evaluation of Disability Inventory; PedsQL=Pediatric Quality of Life Inventory; PRT= Pediatric Reach test; QUEST= Quality of Upper Extremity Skills Test; ROM= remote assessment of finger range of motion; RSA= modified balance and running speed and agility; SSBT= Static standing balance test; TCMS= Trunk Control Measurement Scale; TUDS= Performance and the timed up and down stairs; TUG= The Timed Up and Go test; TVPS-3= Test for Visual-Perceptual Skills; VAS= Visual Analogue Scale; VR= Virtual reality; WSDM= walking speed and distance (endurance) measurements

**Tabla 4: Evidencia científica de las Nuevas Tecnologías en Fisioterapia y Terapia Ocupacional**

Estudio	Muestra y diseño	NNTT	Instrumentos	Entrenamiento	Beneficios
Alsaif & Alsenany (2015)	n=40 PCI dipléjica espástica; 6-10 años GI: n=20 GC: n=20 Experimental con GC	Nintendo Wii (Wii Fit)	mABC-2, BOTMP	20 minutos X día/ 20 semanas	Mejoras en el equilibrio, fuerza, eficiencia muscular y funcionalidad de la marcha. Aumento de las habilidades motrices gruesas. Mayor motivación e independencia en las ABVD
Bilde et al. (2011)	n=9 PCI espástica; 10.3 años de media Experimental sin GC	Mitii™	AMPS, AHA, sentarse para levantarse con y sin carga, ir paso a paso lateral y frontal, test Romberg, test Bruce, TVPS, 6MWT, isodinamómetro	30 min. X día/ 7 días X semana/20 semanas	Mejoras significativas en la fuerza muscular, resistencia, percepción visual, movilidad. Mejora de la autoestima y de la motivación

Chiu et al., (2014)	n=62 PCI hemipléjica GC: n=30; M=9.4 años GI: n=32; M=9.5 Ensayo aleatorio ciego simple	Nintendo Wii (Wii sports)	JHFT, Prueba Peg de nueve agujeros, Power track II, encuesta funcional de usuarios	40 min. X sesión / 6 semanas	Mayor cantidad de función manual y autonomía
Diment & Hobbs (2014)	n <sub>TOTAL</sub> =5 déficits motores severos n <sub>PCI</sub> =4 con; x=5-10 años Estudio piloto, experimental sin GC	Xbox Kinect (Kinect arte)	GMFM, MACS, CFCS	1 sesión X semana/5 semanas	Mejora de las destrezas manuales, de la fuerza, resistencia y motricidad fina. Favorece la participación de actividades de ocio
Howcroft et al. (2012b)	n=15 PCI hemipléjica; M= 9.7 años Experimental sin GC	Nintendo Wii (Wii sports)	Escala de expresión percibida OMNI	20 minutos/sesión	Mejora la funcionalidad de la mano afecta y de la mano dominante
Levac et al. (2017)	n=11 PCI (Diplejía y hemiplejía) Grupo AVG+VR ; M=12 años Grupo AVD ; M=13 años Estudio piloto controlado no aleatorio con GC	Xbox Kinect+ Irex VR Program (Gran liga de deportes, temporada de deportes, Just dance 2)	GMFC,6MWT, Prueba de las percepciones de los participantes del programa de ejercicios AVG	1 h. / 5 días (GI) + 30 mín X día/ 5 días/ 6 semanas (GC+GI)	Mejoras en las habilidades motoras gruesas, en la movilidad funcional y en la motivación
You et al. (2005)	n=1 PCI hemiparética con 8 años Estudio de caso único	Sistema de terapia IREX VR (Pájaro y bola, fútbol)	BOT, PMAL, FMA	60 min X día/ 5 veces X semana / 4 semanas	Mejora de las habilidades motoras del miembro afectado (agarre, motricidad fina y gruesa)

Abreviaturas: 6-MWT= Six-minute walking test; ABVD= actividades básicas de la vida diaria; AHA= Assisting Hand Assessment; AMPS= Assessment of Motor and Process Skills; AVG= Active video games; BOT-2= Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency; BOTMP= Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency; CFCS= Communication Function Classification System; FMA= The *Fugl-Meyer Assessment*; GC= Grupo control; GI= Grupo intervención; GMFM= Gross motor function measure; JHFT = Jebsen Hand Function Test ; mABC-2 = Movement Assessment Battery for Children-2; MACS=Manual Ability Classification System; OMNI= scale of Perceived Exertion; PMAL= Pediatric Motor Activity Log; TVPS-3= Test for Visual-Perceptual Skills.