

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ

FACULTAD DE MEDICINA

**TRABAJO FIN DE GRADO EN
FISIOTERAPIA**



Título del Trabajo Fin de Grado. REALIDAD VIRTUAL PARA LA REHABILITACIÓN DE LA MARCHA Y EL EQUILIBRIO EN PARÁLISIS CEREBRAL. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

AUTOR: BENÍTEZ ORTIZ, LUCÍA.

Nº expediente. 1663

TUTOR. LILLO NAVARRO, MARÍA DEL CARMEN

Departamento y Área. Departamento de Patología y Cirugía. Área de Fisioterapia.

Curso académico 2018 - 2019

Convocatoria de JUNIO

ÍNDICE

Resumen y palabras clave	5
1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. Parálisis Cerebral.....	7
1.1.1. Definición	7
1.1.2. Incidencia.....	7
1.1.3. Clasificación.....	8
1.1.4. Afectación de la marcha y el equilibrio	8
1.2. Realidad Virtual.....	8
1.3. Realidad Virtual y Salud.....	9
1.3.1. Realidad Virtual y Parálisis Cerebral	9
2. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.....	9
3. OBJETIVOS	10
3.1. Objetivo general	10
3.2. Objetivos específicos	10
4. METODOLOGÍA.....	10
4.1. Fuentes y búsqueda de datos	10
4.2. Estrategia de búsqueda.....	11
4.3. Límites	11
4.4. Criterios de inclusión	11
4.5. Criterios de exclusión	11
5. RESULTADOS.....	11
5.1. Selección de artículos	11
5.2. Características de los estudios	12
5.2.1. Características de los participantes.....	12
5.2.1.1. Número	12
5.2.1.2. Sexo.....	12
5.2.1.3. Edad.....	12
5.2.1.4. Clasificación GMFCS	12
5.2.1.5. Tipo de Parálisis Cerebral	13
5.2.2. Características de las intervenciones	13
5.2.2.1. Tipo de Realidad Virtual.....	13
5.2.2.2. Dosificación de la intervención.....	13

5.2.3. Herramientas de evaluación	13
5.3. Resultados de los estudios.....	14
5.3.1. Estructura y Función	14
5.3.2. Actividad y Participación.....	16
5.3.3. Factores Ambientales y Personales	16
5.4. Calidad metodológica	17
6. DISCUSIÓN	17
7. LIMITACIONES Y SESGOS.....	19
8. CONCLUSIONES.....	19
9. REREFENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
10. ANEXOS	25



Resumen y palabras clave

Introducción. La Parálisis Cerebral es un conjunto de trastornos permanentes del movimiento y de la postura, debidos a alteraciones no progresivas del cerebro inmaduro, que pueden venir acompañados de alteraciones en otras áreas. La Realidad Virtual es una terapia emergente para la rehabilitación motora en la Parálisis Cerebral. Se ha comenzado a utilizar cada vez más con el fin de conseguir un aprendizaje motor que sea agradable y motivador.

Objetivos. Realizar una búsqueda bibliográfica para conocer la efectividad de la Realidad Virtual en la rehabilitación de la marcha y del equilibrio en pacientes con Parálisis Cerebral.

Material y métodos. Se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos Pubmed, Science Direct, Cochrane, SciELO y PEDro de artículos publicados en los últimos diez años.

Resultados. La mayoría de sujetos presentaban un nivel de disfunción de I a III según la escala GMFCS y Parálisis Cerebral espástica. Los sistemas de Realidad Virtual utilizados en los ensayos clínicos fueron: GRAIL System, Nintendo Wii, Xbox Kinect y IREX GestureTek. Los estudios difirieron en la dosificación de la intervención y en el tipo de medida de resultado utilizada. Se observaron mejoras en diferentes parámetros de la marcha, así como en los tests de equilibrio y de control postural. Los sistemas de Realidad Virtual han demostrado ser beneficiosos para realizar análisis de la marcha y para aumentar la adherencia e incrementar los efectos de la terapia.

Conclusiones. La Realidad Virtual ha demostrado ser una herramienta efectiva y muy útil para la rehabilitación de la marcha y del equilibrio en pacientes con Parálisis Cerebral, pudiendo aumentar la adherencia al tratamiento.

Palabras clave. Parálisis cerebral, realidad virtual, marcha, equilibrio.

Abstract and key words

Introduction. Cerebral Palsy is a set of permanent disorders of movement and posture, due to non-progressive alterations of the immature brain, that may be accompanied by alterations in other areas. Virtual Reality is an emerging therapy for motor rehabilitation in Cerebral Palsy. It has begun to be used increasingly in order to achieve a pleasant and motivating motor learning motor learning.

Objectives. Carry out a literature search to know the effectiveness of virtual reality in the rehabilitation of gait and balance in patients with Cerebral Palsy.

Material and methods. A literature search was carried out in the Pubmed, Science Direct, Cochrane, SciELO and PEDro databases of articles published in the last ten years.

Results. The majority of subjects presented a level of dysfunction from I to III according to the GMFCS scale and Spastic Cerebral Palsy. The Virtual Reality systems used in the clinical trials were: GRAIL System, Nintendo Wii, Xbox Kinct and IREX GestureTek. The studies differed in the dosage of the intervention and in the type of measurement used. Improvements were observed in different gait parameters, as well as in the balance and postural control tests. Virtual Reality systems have shown to be beneficial for gait analysis and to increase adherence and increase the effects of therapy.

Conclusions. Virtual Reality has proven to be an effective and very useful tool for the rehabilitation of gait and balance in patients with Cerebral Palsy, and it can also increase adherence to treatment.

Key words. Cerebral palsy, virtual reality, gait, balance.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Parálisis Cerebral

1.1.1. Definición

“La Parálisis Cerebral (PC) describe un grupo de trastornos permanentes del desarrollo del movimiento y de la postura, causando una limitación de la actividad, que son atribuidos a alteraciones no progresivas ocurridas en el cerebro inmaduro del feto o del niño. Las alteraciones motoras que aparecen en la PC vienen a menudo acompañadas por trastornos de la sensación, percepción, cognición, comunicación y comportamiento, epilepsia, y problemas musculoesqueléticos secundarios” (Rosenbaum et al, 2006).

Papavasiliou afirma en un estudio que los sujetos con PC presentan un trastorno complejo de la habilidad motora. Los déficits primarios incluyen anomalías del tono muscular que afectan a la postura y al movimiento, alteración del equilibrio y de la coordinación motora, disminución de fuerza y pérdida del control motor selectivo, lo cual conlleva problemas secundarios de contracturas y deformidad ósea (Papavasiliou, 2009).

En 1964, Bax añadió que "para fines prácticos es habitual excluir de la PC aquellos trastornos de postura y movimiento que son (1) de corta duración, (2) debido a una enfermedad progresiva, o (3) debido únicamente a una deficiencia mental "(Bax et al, 2006).

Nuevos estudios han señalado la posibilidad de que exista un componente genético en la parálisis cerebral, debido a que hay muchos genes distintos implicados en la enfermedad (Oskoui et al, 2015).

1.1.2. Incidencia

La incidencia de la PC es de 2 – 2,5 de cada 1000 recién nacidos vivos. En niños prematuros o de bajo peso esta tasa aumenta a 40 – 100 de cada 1000 recién nacidos vivos (Cans, 2000). Debido a que la discapacidad resultante varía de leve a total, se produce una reducción de la esperanza de vida, especialmente en los gravemente afectados. Se considera que la PC es la causa más frecuente de discapacidad física en la infancia (Stauss et al, 2007).

1.1.3. Clasificación

La PC puede clasificarse tanto por subtipo neurológico, como por varios sistemas de clasificación funcional. Según el subtipo neurológico, basándonos en la afectación de los miembros y en el predominio de tono o movimiento anormal, la PC quedaría agrupada en: cuadriplejía espástica, diplejía espástica, hemiplejía espástica, discinética o distónica, atáxica, hipotónica, o mixta (Wood et al, 2000). La severidad de la discapacidad funcional se puede describir utilizando el Sistema de Clasificación de la Función Motora Gruesa (GMFCS), que utiliza puntuaciones que van desde los que presentan una mayor capacidad (nivel I) hasta los que menos (nivel V) (Palisano et al, 2000).

1.1.4. Afectación de la marcha y el equilibrio

Las desviaciones de la marcha son un componente clave del desorden motor producido en la PC y son el resultado de la interacción entre los efectos de la lesión cerebral y la patología musculoesquelética adquirida. Analizar la marcha de manera instrumentada es de gran utilidad para describir la participación del niño, planear la intervención y evaluar el resultado de la intervención. Las estrategias de entrenamiento locomotor han presentado un gran potencial en la población neurológica (Rosenbaum et al, 2006; Barbeau, 2003).

El equilibrio es garantizar el mantenimiento estable del centro de gravedad manteniendo el control postural en situaciones estáticas o dinámicas (Bar-Haim et al, 2003). Si se consigue un mayor equilibrio en niños con PC, la distribución de cargas en miembros inferiores y la simetría serán más homogéneas, disminuyendo de esta manera las patologías musculoesqueléticas secundarias (subluxación de caderas, escoliosis, etc.) (Gil et al, 2011).

1.2. Realidad Virtual

Una de las definiciones más completas que explican lo qué es la realidad virtual (RV) fue la propuesta por Rowell A. (2009):

“La Realidad Virtual es una simulación interactiva por computador desde el punto de vista del participante, en la cual se sustituye o se aumenta la información sensorial que recibe”.

Los sistemas de RV varían mucho en cuanto al nivel de inmersión, el coste y la integridad. La interfaz interactiva puede variar desde una simple herramienta de juego (Nintendo Wii) a una cámara de movimiento más compleja (sensor Kinect), y el hardware de la pantalla puede incluir pantallas de ordenador, de estándar y/o pantallas de montaje. En consecuencia, RV se puede clasificar como inmersiva, semi-inmersiva y no inmersiva (Weiss et al, 2014).

1.3. Realidad Virtual y Salud

La realidad virtual se ha comenzado a utilizar cada vez más con fines terapéuticos en los últimos 15 años para aportar a los usuarios una experiencia entretenida, con el fin de conseguir un aprendizaje motor activo que sea agradable y motivador, a la vez que desafiante y seguro (Weiss et al, 2014).

La literatura existente referente a la neuroplasticidad ha identificado la motivación como un importante modulador de la plasticidad funcional, demostrando que la habilidad de la realidad virtual para crear oportunidades de práctica motora y sensorial repetitiva activa aumenta la neuroplasticidad en personas con trastornos neurológicos (Weiss et al, 2014; Tatla et al, 2013).

1.3.1. Realidad Virtual y Parálisis Cerebral

La RV es una terapia emergente para la rehabilitación motora de niños con PC (Weiss et al, 2014). El entorno virtual parece fomentar el aprendizaje motor, la retención de habilidades aprendidas y la transferencia de habilidades a situaciones del mundo real (Masseti et al, 2014). Por el momento, algunos estudios ya han demostrado que la realidad virtual, usada como herramienta de rehabilitación en pacientes con PC, mejora la postura y el equilibrio, la función de las extremidades superiores, el control de las articulaciones y la marcha (Masseti et al, 2014; Monge et al, 2014).

2. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

La PC tiene una incidencia elevada en la población y es la causa más frecuente de discapacidad física en niños, alterando en gran medida las funciones de la marcha y del equilibrio. La realidad virtual es una herramienta cada vez más utilizada en neurorrehabilitación y con un futuro que parece prometedor en cuanto a la mejora de los problemas motores de la PC. Sin embargo, este campo es bastante desconocido para muchos fisioterapeutas.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Realizar una búsqueda bibliográfica para conocer la efectividad de la realidad virtual en la rehabilitación de la marcha y del equilibrio en pacientes con PC.

3.2. Objetivos específicos

- Conocer las características de los participantes de los estudios.
- Conocer los tipos de RV empleados y su combinación con otras terapias.
- Conocer la dosificación de las intervenciones.
- Conocer las herramientas de evaluación empleadas.
- Conocer la adherencia al tratamiento en estos pacientes.
- Evaluar la calidad metodológica de los artículos.

4. METODOLOGÍA

4.1. Fuentes y búsqueda de datos

Se ha realizado una búsqueda bibliográfica en las bases de datos Pubmed, PEDro, SciELO, Science Direct y Cochrane. La búsqueda se ha llevado a cabo durante los meses de octubre y noviembre de 2018. Las palabras clave o descriptores utilizados fueron “cerebral palsy”, “virtual reality”, “gait” y “balance”.

En la *Figura 1. Diagrama de flujo de la Metodología de Búsqueda* se muestran los datos cuantitativos de la estrategia de búsqueda.

Para evaluar la calidad metodológica de los ensayos clínicos se utilizó la escala de valoración Physiotherapy Evidence Database (PEDro) (*Tabla 1. Escala de Evaluación PEDro*), mientras que para la evaluación de las revisiones sistemáticas se utilizó la escala AMSTAR (*Tabla 2. Escala de Evaluación AMSTAR*).

4.2. Estrategia de búsqueda

La ecuación de búsqueda utilizada ha sido: (("cerebral palsy") AND "virtual reality") AND (("gait") OR "balance"). En Pubmed, Science Direct y Cochrane se han buscado las palabras clave para que aparecieran en el título, resumen o palabras clave de los artículos. En PEDro se buscó, por una parte, las palabras clave “cerebral palsy”, “virtual reality” y “gait”, y por otra, “cerebral palsy”, “virtual reality” y “balance”, debido a que no se tienen en cuenta los operadores booleanos.

4.3. Límites

Los filtros aplicados en esta búsqueda exhaustiva fueron (1) estudios de máximo 10 años, (2) que traten sobre humanos y (3) que contemplen el texto en inglés o español.

4.4. Criterios de inclusión

- Artículos que sean revisiones sistemáticas, metaanálisis, ensayos clínicos o estudios piloto.
- Que incluyan la aplicación de la realidad virtual en el tratamiento.
- Que la aplicación del tratamiento sea únicamente para personas con parálisis cerebral.
- Que las intervenciones se dirijan a la mejora de la marcha y/o el equilibrio.

4.5. Criterios de exclusión

- Artículos que sean casos clínicos, estudios de casos, protocolos de intervención o guías de práctica clínica.
- Estudios que no ofrezcan información precisa sobre la metodología empleada y/o los resultados.
- Que el tratamiento se realice durante el periodo postoperatorio o tras una cirugía reciente.
- Tratamientos que no apliquen la realidad virtual.

5. RESULTADOS

5.1. Selección de artículos

La búsqueda de literatura sobre el tema de estudio identificó 99 artículos. Tras la eliminación de los artículos duplicados (n=28), la aplicación de los filtros (n=12) y de los criterios de inclusión y

exclusión (n=41), 18 artículos fueron finalmente incluidos. Entre ellos se encuentra un metaanálisis (MA), 3 revisiones sistemáticas (RS) y 14 ensayos clínicos (EC).

5.2. Características de los estudios

En la *Tabla 3. Resultados de los Artículos Revisados* se muestran las características de cada estudio incluido en esta revisión.

5.2.1. Características de los participantes

5.2.1.1. Número

La muestra total de pacientes con PC de los ensayos clínicos es de 254, variando el tamaño de la muestra de 8 a 30 participantes. De las revisiones sistemáticas y metaanálisis de los que se ha podido obtener este dato, se suman 988 participantes (Booth et al, 2018; Ravi et al, 2017).

5.2.1.2. Sexo

Esta información no estuvo disponible en tres de los ensayos. De los participantes del resto de los estudios, 78 eran del sexo femenino y 119 del masculino (*Figura 2. Gráfico de Sexo*). Solamente en una revisión sistemática de se pudo obtener el dato de que 129 participantes eran del sexo femenino y 196 del masculino (Ravi et al, 2017).

5.2.1.3. Edad

En cuanto a la edad de los pacientes, nos encontramos con un rango que va de 3 a 18 años excepto en el metaanálisis (Booth et al, 2018), en el cual se incluyen sujetos hasta los 25 años.

5.2.1.4. Clasificación GMFCS

De los pacientes de los que se pudo obtener este dato, 50 presentaban un nivel I, 45 un nivel II y 29 un nivel III (*Figura 3. Gráfico de la Escala GMFCS*). Solamente dos estudios incluyeron en su muestra a participantes de los niveles IV y V (Booth et al, 2018; Gómez-Regueira et al, 2016).

5.2.1.5. Tipo de Parálisis Cerebral

De los ensayos clínicos de los que se ha podido obtener este dato, en una clasificación atendiendo a los síntomas clínicos, la mayoría de pacientes presentaban PC espástica (n= 173), mientras que había menos participantes que presentaran PC discinética (n= 4) o atáxica (n= 1). Si nos centramos en una clasificación de la PC según la extensión de la misma, podemos añadir que 55 participantes presentaban diplegia, 34 hemiplejia y 1 tetraplejia, no pudiendo obtenerse esta información en el resto de estudios (*Figura 4. Gráficos de Tipo de Parálisis Cerebral*).

5.2.2. Características de las intervenciones

5.2.2.1. Tipo de Realidad Virtual

La mayoría de los ensayos clínicos utilizaron sistemas de RV comerciales: GRAIL System (n= 6), Nintendo Wii (n= 3), Xbox Kinect (n= 3) y IREX GestureTek (n= 1) (*Figura 5. Gráfico de Tipo de Realidad Virtual*).

Algunas revisiones incluyeron otros tipos de RV como son: Sony Play Station Eye Toy, CAREN, Eloton Simcycle Virtual Cycling System, simulador de hipoterapia y un sistema de realidad virtual usando el Biodex Dynamometer input (Gómez-Regueira et al, 2016; Ravi et al, 2017).

5.2.2.2. Dosificación de la intervención

La duración de las sesiones varió de 20 a 60 minutos, siendo realizadas de 2 a 5 veces por semana, con una duración total de entre 5 y 24 sesiones. Algunos ensayos clínicos decidieron realizar una sola sesión de tratamiento para medir los efectos inmediatos de esta terapia o realizar mediciones para comparar su efectividad. En una revisión se observó que las sesiones podían durar hasta 120 minutos, realizándose de 2 a 10 veces por semana (Ravi et al, 2017).

5.2.3. Herramientas de evaluación

Los estudios difirieron en el tipo de medida de resultado utilizada. En total, se identificaron más de 25 medidas de resultado diferentes, siendo las más comunes:

- Análisis de parámetros de la marcha
- Evaluación estabilométrica
- Gross Motor Function Measure (GMFM)
- Pediatrics Balance Scale (PBS)
- Pediatric Evaluation of Disability Inventory (PEDI)
- Timed Up and Go Test (TUGT)
- Functional Activities Questionnaire (FAQ)
- Sit-To-Stand Test (STST)
- Body Center of Gravity (BCG), 10-Meter Walking Test (10MWT)
- The Functional Independence Measure for Children (WeeFIM)

Varios estudios utilizaron las puntuaciones obtenidas en los juegos y los datos que aportaba la Wii Balance Board como medida de resultado. Otros estudios, utilizaron tecnología algo más avanzada de la realidad virtual para realizar el análisis de la marcha y de otros parámetros, como el GRAIL System o el GAITRite (Booth et al, 2018; Gagliardi et al, 2018; Lim, 2014; Slood et al, 2015; Van der Krogt et al, 2014 y 2015; Van Gelder et al, 2017). Esto muestra que los sistemas de realidad virtual también pueden ser una buena herramienta para llevar a cabo un análisis objetivo y continuo de las mejoras de los pacientes en cada sesión.

5.3. Resultados de los estudios

En esta revisión se han organizado e interpretado los resultados de los estudios de acuerdo con el marco conceptual ofrecido por la Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud (CIF), con el fin de obtener una perspectiva más global y real del tratamiento de fisioterapia con RV en la PC.

5.3.1. Estructura y Función

Las funciones del equilibrio y del patrón de la marcha son mostradas continuamente en los resultados de los estudios incluidos. Tres estudios encontraron mejoras en el patrón de la marcha utilizando el GRAIL System (Booth et al, 2018; Gagliardi et al, 2018; Van Gelder et al, 2017). Se observó una mejora clínicamente relevante y significativa en la extensión de la cadera y

rodilla durante la marcha, en la longitud del paso, en la resistencia y en las habilidades motoras gruesas. Los participantes con PC fueron capaces de adaptar su patrón de marcha al biofeedback en una respuesta inmediata, aunque algo más tardía que los niños con desarrollo normal. Además, se observó cómo el biofeedback en un parámetro cualquiera de la marcha tiene influencia indirecta en otros aspectos de la misma. Algunos estudios se dedicaron a investigar el efecto que podía tener el uso de la Treadmill con un entorno virtual en el análisis de los parámetros de la marcha y en la validez de los resultados obtenidos (Sloot et al, 2015; Van der Krogt et al, 2014 y 2015). Las curvas cinemáticas mostraron que los niños con PC caminaron sobre la Treadmill con RV con una media de 2° más de inclinación pélvica, 7° más de flexión de rodilla en el contacto inicial y una cinemática más desviada de la rodilla y el tobillo. Estos sistemas pueden ser usados indistintamente para el análisis de la marcha en niños con o sin PC.

En un estudio se objetivó que si modificamos la velocidad de flujo óptico de normal a rápida mediante una pantalla de RV se consigue una mejora en la velocidad, la cadencia, la fase de apoyo simple y la longitud del paso (Lim, 2014).

Un estudio mostró mejoras en la velocidad y la cadencia del paso, en la puntuación de la GMFM y en el potencial motor evocado de las neuronas al utilizar la Xbox Kinect combinada con la tDCS (Collange et al, 2015). Otros dos estudios han analizado también el efecto de la utilización de la Xbox Kinect en combinación con la tDCS, centrándose en la mejora del equilibrio. El análisis demostró efectos estadísticamente significativos en la post-intervención y el seguimiento con respecto a las puntuaciones de las escalas PBS y TUGT, el aumento de la velocidad de balanceo y la mejora en el área de oscilación del centro de presiones. Estos hallazgos sugieren que la tDCS puede potenciar los efectos de la RV en la rehabilitación del equilibrio estático y funcional en niños con PC (Lazzari et al, 2015 y 2017).

Tres estudios han analizado los efectos de la Nintendo Wii en niños con PC (Cho et al, 2016; Tarakci et al, 2016; Yagüe et al, 2016). Uno de ellos demostró que los efectos de la Treadmill se veían incrementados al combinarla con juegos de la Wii. La fuerza muscular fue significativamente mejor y se mostraron valores superiores en las escalas GMFM, PBS,

10MWT, 2MWT (Cho et al, 2016). Los otros dos estudios mostraron mejoras estadísticamente significativas en los tests de equilibrio, en el control postural, en la puntuación WeeFIM total y en la redistribución de la carga de miembros inferiores al utilizar la Wii Balance Board (Tarakci et al, 2016; Yagüe et al, 2016). En cambio, no se obtuvo efecto en una intervención de RV usando el sistema GestureTek de IREX sobre los mecanismos anticipatorios y reactivos del control postural en niños con PC en respuesta a las perturbaciones de una plataforma oscilante. Esto puede ser debido a que la duración corta de cinco días consecutivos (Mills et al, 2018).

En las revisiones sistemáticas se observó que existe una evidencia moderada de mejoría del equilibrio y de las habilidades motoras cuando se utiliza la RV para la rehabilitación de niños con PC (Ravi et al, 2017). Además, la RV es una de las técnicas más utilizadas para la mejora del control postural y del equilibrio en PC actualmente, junto con la Treadmill y la hipoterapia (Gómez-Regueira et al, 2016).

5.3.2. Actividad y Participación

Las limitaciones en la actividad y la participación son problemas muy comunes en pacientes con PC. En un estudio se obtuvieron mejoras significativas después del tratamiento realizado con la Wii Balance Board en el nivel de independencia en las actividades de la vida diaria (Tarakci et al, 2016). Se observó que existían beneficios en el aprendizaje motor que tenían transferencia a situaciones de la vida real, siendo los beneficios a largo plazo todavía desconocidos (Masseti et al, 2014). Además, algunos pacientes indicaron que caminar en un entorno virtual era más similar a caminar sobre el suelo por la calle (Sloot et al, 2015).

5.3.3. Factores Ambientales y Personales

Uno de los resultados obtenidos en el metaanálisis fue que la utilización de la RV puede aumentar la adherencia e incrementar los efectos de la terapia al realizar un entrenamiento funcional de la marcha (Booth et al, 2018). Otros estudios también han apuntado que la RV aumentaba la motivación de los pacientes durante la intervención (Yagüe et al, 2016) y que era preferido de manera subjetiva por los participantes de los estudios (Tarakci et al, 2016; Vander Krogt et al, 2014; Booth et al, 2018).

5.4. Calidad metodológica

Las puntuaciones de los artículos en las escalas de PEDro y AMSTAR han sido muy variables, obteniéndose once artículos con una puntuación igual o superior a 5, mientras que siete artículos obtuvieron una puntuación inferior a 5.

6. DISCUSIÓN

La realidad virtual es una herramienta efectiva y que ofrece ventajas para la rehabilitación de la marcha y el equilibrio en pacientes con PC. El principal objetivo de esta revisión bibliográfica fue evaluar la hipótesis anterior aportando artículos científicos que abordaran dicho tema. Han sido incluidos varios tipos de estudios, teniendo en consideración que se trata de un tema relativamente nuevo. Tampoco se ha limitado la edad ni el sexo de los participantes. De esta manera hemos podido comprobar que en ninguno de los ensayos clínicos los participantes superaron los 18 años, existiendo muy poca literatura centrada en la PC en adultos. Además, la muestra de pacientes de sexo masculino superaba a la de sexo femenino, siendo esta característica común en la población de personas con PC. Varios de los estudios incluidos en la revisión presentaban un tamaño muestral pequeño.

La mayoría de sujetos presentaban un nivel de disfunción de I a III según la escala GMFCS y PC espástica. Sería necesario incluir más pacientes de los niveles IV y V en los estudios para poder conocer los beneficios que aporta la RV a este grupo de población. El predominio de la PC espástica en la muestra de pacientes de los estudios analizados podría deberse a que es el tipo de PC más común. Aun así, es llamativa la baja proporción de sujetos con PC atáxica y distónica en los estudios.

Por otra parte, casi ningún estudio ha incluido pacientes que presenten comorbilidades, cuando estas son bastante comunes en la PC (Shevell et al, 2009). Al no haberse tenido en cuenta este hecho, los resultados de los estudios no son del todo reales ni abarcan a toda la población que presenta PC. Tampoco se ha hablado en los estudios de los posibles efectos secundarios que podría presentar el uso de la RV para determinados pacientes que presentan problemas visuales o crisis epilépticas (Guerrero et al, 2013). Además, cabe destacar que uno de los criterios de inclusión utilizado en la mayoría de estudios fue que los niños presentaran una buena capacidad cognitiva, debido a que es necesaria para

entender y seguir las indicaciones durante la intervención con RV. Esto limita su aplicación a parte de la población con PC.

Entre los tipos de realidad virtual empleados por los estudios existe variabilidad. Por una parte, se han utilizado sistemas de RV más económicos como la Nintendo Wii (Cho C et al, 2016; Tarakci et al, 2016; Yagüe et al, 2016), la Xbox 360 Kinect (Collange et al, 2015; Lazzari et al, 2015 y 2017) o el IREX GestureTek (Mills et al, 2018). Es interesante que estos sistemas podrían permitir que parte de la rehabilitación pudiera ser llevada a cabo en los hogares, lo cual sería más rentable para los sistemas sanitarios y podría suponer un beneficio para los pacientes. Por otra parte, también han sido analizados en varios de los estudios sistemas de RV más caros como son el GRAIL (Booth et al, 2018; Gagliardi et al, 2018; Sloot et al, 2015; Van der Krogt et al, 2014 y 2015; Van Gelder et al, 2017) o la tDCS (Collange et al, 2015; Lazzari et al, 2015 y 2017). Estos sistemas supondrían un coste más elevado y el desplazamiento del paciente para poder realizar la terapia.

En cuanto a la dosificación de las sesiones, ha existido también cierta variabilidad. Sería necesaria la realización de futuros estudios que compararan si es más efectivo realizar sesiones más cortas de unos 20 – 30 minutos o que duren incluso más de 120. También sería necesario observar el número de sesiones necesarias por semana. Cabe comentar que en los estudios en los que se han realizado menos sesiones los resultados observados no han sido tan positivos en algunos casos (Tatla et al, 2013; Mills et al, 2018). En contraposición, en un ensayo clínico se obtuvo mejora de los parámetros de la marcha realizando una sola sesión utilizando el sistema GRAIL (Booth et al, 2018).

Ninguno de los estudios habló sobre la diferencia entre realizar las sesiones de intervención en la clínica o laboratorio en comparación con realizarlas en casa. Solo un estudio indicó que la intervención había sido llevada a cabo en un colegio utilizando el sistema Wii Balance Board, obteniéndose buenos resultados (Yagüe et al, 2016). Serían necesarios futuros estudios que evaluaran el coste – beneficio que conllevaría la utilización de los diferentes sistemas de realidad virtual. Algunos de los sistemas analizados son más sencillos y económicos, pudiendo utilizarse también en los hogares o colegios.

Sobre las herramientas utilizadas para la evaluación de los pacientes es importante destacar que la RV nos aporta una herramienta sencilla y rápida para objetivar en cada sesión las mejoras que va presentando el paciente, mediante las puntuaciones de los juegos, los datos de la Wii Balance Board o sistemas más avanzados.

Uno de los resultados de mayor interés obtenido en esta revisión es el potencial que presenta la RV para aumentar la motivación, permitiendo realizar más sesiones de rehabilitación y de mayor duración. Las sesiones con RV generan una mayor adherencia a la terapia, lo cual supone un beneficio a largo plazo (Booth et al, 2018; Tarakci et al, 2016; Vander Krogt et al, 2014; Yagüe et al, 2016).

Finalmente, los resultados obtenidos en la mayoría de los estudios analizados han demostrado que la RV es una herramienta efectiva para la rehabilitación de la marcha y del equilibrio de personas con parálisis cerebral. En los estudios que contaban con un grupo control se han observado mayores mejorías al incluir la RV en el tratamiento. Algunos artículos presentaban buena calidad metodológica, mientras que más de un tercio tenían una puntuación inferior a 5.

7. LIMITACIONES Y SESGOS

Con respecto a las limitaciones, observamos heterogeneidad en los estudios incluidos en cuanto al diseño de investigación, la intervención o la forma de medir los resultados. Solo se ha podido incluir un metaanálisis y la muestra de sujetos era pequeña en varios estudios, no incluyéndose en la mayoría de ellos sujetos mayores de 18 años, de niveles IV y V de discapacidad o que presentaran comorbilidades.

8. CONCLUSIONES

Tras la realización de la revisión bibliográfica se ha llegado a una serie de conclusiones sobre el empleo de la realidad virtual para la rehabilitación de la marcha y del equilibrio en PC:

1. La realidad virtual ha demostrado ser efectiva y puede resultar una herramienta muy útil para la rehabilitación de la marcha y del equilibrio en pacientes con PC.

2. El tamaño muestral de los participantes en los ensayos clínicos no ha sido muy grande y los pacientes presentaban niveles de discapacidad no superiores a III, según la escala GMFCS. Había un predominio de sujetos de género masculino.
3. Entre los tipos de RV encontramos algunos más económicos como la Nintendo Wii, la Xbox 360 Kinect o el sistema IREX, que pueden ser utilizados también para realizar la terapia en casa. Por otra parte, tenemos sistemas más caros como el GRAIL o el uso de la tDCS que también han demostrado buenos resultados.
4. Existe heterogeneidad sobre la dosificación de las intervenciones y serían necesarios más estudios en este ámbito.
5. Los sistemas de RV pueden ser una buena herramienta para realizar evaluaciones objetivas de las mejoras de los pacientes.
6. El empleo de la realidad virtual en las sesiones de rehabilitación aumenta la motivación de los pacientes y puede generar mayor adherencia al tratamiento.
7. La calidad metodológica de los artículos ha variado bastante, obteniéndose en más de la mitad una puntuación superior a 5.

9. REREFENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bar-Haim S, al-Jarrah MD, Nammourah I, Harries N. Mechanical efficiency and balance in adolescents and Young adults with cerebral palsy. *Gait Posture*. 2003; 38: 668-73.
2. Barbeau H. Locomotor training in neurorehabilitation: emerging rehabilitation concepts. *Neurorehabil Neural Repair*. 2003; 17: 3-11.
3. Bax M, Tydeman C, Flodmark O. (2006) Clinical and MRI correlates of cerebral palsy: The European Cerebral Palsy Study. *JAMA*. 2006; 296 (13): 1602-8.
4. Booth ATC, Buizer AI, Harlaar J, Steenbrink F, van der Krogt MM. Immediate Effects of Immersive Biofeedback on Gait in Children With Cerebral Palsy. *Arch Phys Med Rehabil*. 2018; 14.
5. Booth ATC, Buizer AI, Meyns P, Oude Lansink ILB, Steenbrink F, van der Krogt MM. The efficacy of functional gait training in children and young adults with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis. *Dev Med Child Neurol*. 2018; 60: 866-883.
6. Cans C. Surveillance of Cerebral Palsy in Europe: a collaboration of cerebral palsy surveys and registers. *Dev Med Child Neurol*. 2000; 42: 816-824.
7. Cho C, Hwang W, Hwang S, Chung Y. Treadmill Training with Virtual Reality Improves Gait, Balance, and Muscle Strength in Children with Cerebral Palsy. *Tohoku J Exp Med*. 2016; 238: 213-8.
8. Collange LA, Carvalho N, Mendonça ME, Galli M, Fregni F, Oliveira CS. Effects of anodal transcranial direct current stimulation combined with virtual reality for improving gait in children with spastic diparetic cerebral palsy: a pilot, randomized, controlled, double-blind, clinical trial. *Clin Rehabil*. 2015; 29: 1212-23.
9. Gagliardi C, Turconi AC, Biffi E, Maghini C, Marelli A, Cesareo A, Diella E, Panzeri D. Immersive Virtual Reality to Improve Walking Abilities in Cerebral Palsy: A Pilot Study. *Ann Biomed Eng*. 2018; 46: 1376-1384.
10. Gil JA, Lloréns R, Alcañiz M, Colomer C. Effectiveness of a Wii balance board-based system

- (eBaViR) for balance rehabilitation: Apilot randomized clinical trial in patients with acquired brain injury. *J Neuroeng Rehabil.* 2011; 23 (8).
11. Gómez-Regueira N, Viñas-Diz S. Mejora del control postural y equilibrio en la parálisis cerebral infantil: revisión sistemática. *Fisioterapia.* 2016; 38: 196-214.
 12. Grecco LA, Duarte NA, de Mendonça ME, Pasini H, Lima VL, Franco RC et al. Effect of transcranial direct current stimulation combined with gait and mobility training on functionality in children with cerebral palsy: study protocol for a double-blind randomized controlled clinical trial. *BMC Pediatr.* 2013; 13: 168.
 13. Guerrero B, Valero L. Efectos secundarios tras el uso de realidad virtual inmersiva en un videojuego. *IJP&PT.* 2013; 13 (2): 163-78.
 14. Lazzari RD, Politti F, Belina SF, Collange LA, Santos CA, Dumont AJL, et al. Effect of Transcranial Direct Current Stimulation Combined With Virtual Reality Training on Balance in Children With Cerebral Palsy: A Randomized, Controlled, Double-Blind, Clinical Trial. *J Mot Behav.* 2017; 49: 329-336.
 15. Lazzari RD, Politti F, Santos CA, Dumont AJ, Rezende FL, Grecco LA, et al. Effect of a single session of transcranial direct-current stimulation combined with virtual reality training on the balance of children with cerebral palsy: a randomized, controlled, double-blind trial. *J Phys Ther Sci.* 2015; 27: 763-8.
 16. Lim H. Effect of the modulation of optic flow speed on gait parameters in children with hemiplegic cerebral palsy. *J Phys Ther Sci.* 2014; 26: 145-8.
 17. Massetti T, da Silva TD, Ribeiro DC, Pinheiro Malheiros SR, Nicolai Re AH, Favero FM. Motor learning through virtual reality in cerebral palsy – a literatura review. *Med Express* 2014; 1: 302-6.
 18. Mills R, Levac D, Sveistrup H. The Effects of a 5-Day Virtual-Reality Based Exercise Program on Kinematics and Postural Muscle Activity in Youth with Cerebral Palsy. *Phys Occup Ther Pediatr.* 2018; 28: 1-16.

19. Monge E, Molina F, Alguacil JM, Cano De La Cuerda R, De Mauro A, Miangolarra JC. Use of virtual reality systems as proprioception method in cerebral palsy; clinical practice guideline. *Neurología*. 2014; 29: 550-9.
20. Oskoui M, Gazzellone MJ, Thiruvahindrapuram B, Zarrei M, Andersen J, Wei J. Clinically relevant copy number variations detected in cerebral palsy. *Nature Communications*. 2015; 6.
21. Palisano R, Hanna SE, Rosenbaum P, Russell DJ, WalterSD, Wood EP et al. Validation of a modelo of gross motor function for children with cerebral palsy. *Phys Ther*. 2000; 80(10): 974-85.
22. Papavasiliou AS. Management of motor problems in cerebral palsy: a critical update for the clinician. *Eur J Paediatr Neurol*. 2009;13(5):387-96.
23. Ravi DK, Kumar N, Singhi P. Effectiveness of virtual reality rehabilitation for children and adolescents with cerebral palsy: an updated evidence-based systematic review. *Physiotherapy*. 2017; 103: 245-258.
24. Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, Goldstein M, Bax M, DamianoD. Areport: the definition and classification of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2006; 49: 8-14.
25. Shevell MI, Dagenais L, Hall N. Comorbidities in cerebral palsy and their relationship to neurologic subtype and GMFCS level. *Neurology*. 2009; 72(24): 2090-6.
26. Sloot LH, Harlaar J, Van der Krogt MM. Self-paced versus fixed speed walking and the effect of virtual reality in children with cerebral palsy. *Gait Posture*. 2015; 42: 498-504.
27. Stauss D, Shavelle R, Reynolds R et al. Survival in cerebral palsy in the last 20 years: signs of improvement?. *Dev Med Child Neurol*. 2007; 49: 86-92.
28. Tarakci D, Ersoz Huseyinsinoglu B, Tarakci E, Razak Ozdincler A. Effects of Nintendo Wii-Fit® video games on balance in children with mild cerebral palsy. *Pediatr Int*. 2016; 58: 1042-1050.
29. Tatla SD, Sauve K, Virji-Babul N, Holsti L, Butler C, Van Der Loos HF. Evidence for outcomes of motivational rehabilitation interventions for children and adolescents with cerebral palsy: an

- American Academy for Cerebral Palsy and developmental Medicine systematic review. *Dev Med Child Neurol* 2013; 55: 593-601.
30. Van der Krogt MM, Sloot LH, Buizer AI, Harlaar J. Kinetic comparison of walking on a treadmill versus over ground in children with cerebral palsy. *J Biomech.* 2015; 48: 3577-83.
 31. Van der Krogt MM, Sloot LH, Harlaar J. Overground versus self-paced treadmill walking in a virtual environment in children with cerebral palsy. *Gait Posture.* 2014; 40: 587-93.
 32. Van Gelder L, Booth ATC, van de Port I, Buizer AI, Harlaar J, van der Krogt MM. Real-time feedback to improve gait in children with cerebral palsy. *Gait Posture.* 2017; 52: 76-82.
 33. Weiss PL, Tirosh E, Fehlings D. Role of virtual reality for cerebral palsy management. *J Child Neurol* 2014; 29: 1119-24.
 34. Wood EP, Rosenbaum P. The gross motor function classification system for cerebral palsy: a study of reliability and stability over time. *Dev. Med. Child Neurol.* 2000; 42: 292-296.
 35. Yagüe MP, Yagüe MM, Lekuona A, Sanz MC. Los videojuegos en el tratamiento fisioterápico de la parálisis cerebral. *Fisioerapia.* 2016; 38: 295-302.

10. ANEXOS

Figura 1. Diagrama de flujo de la Metodología de Búsqueda.

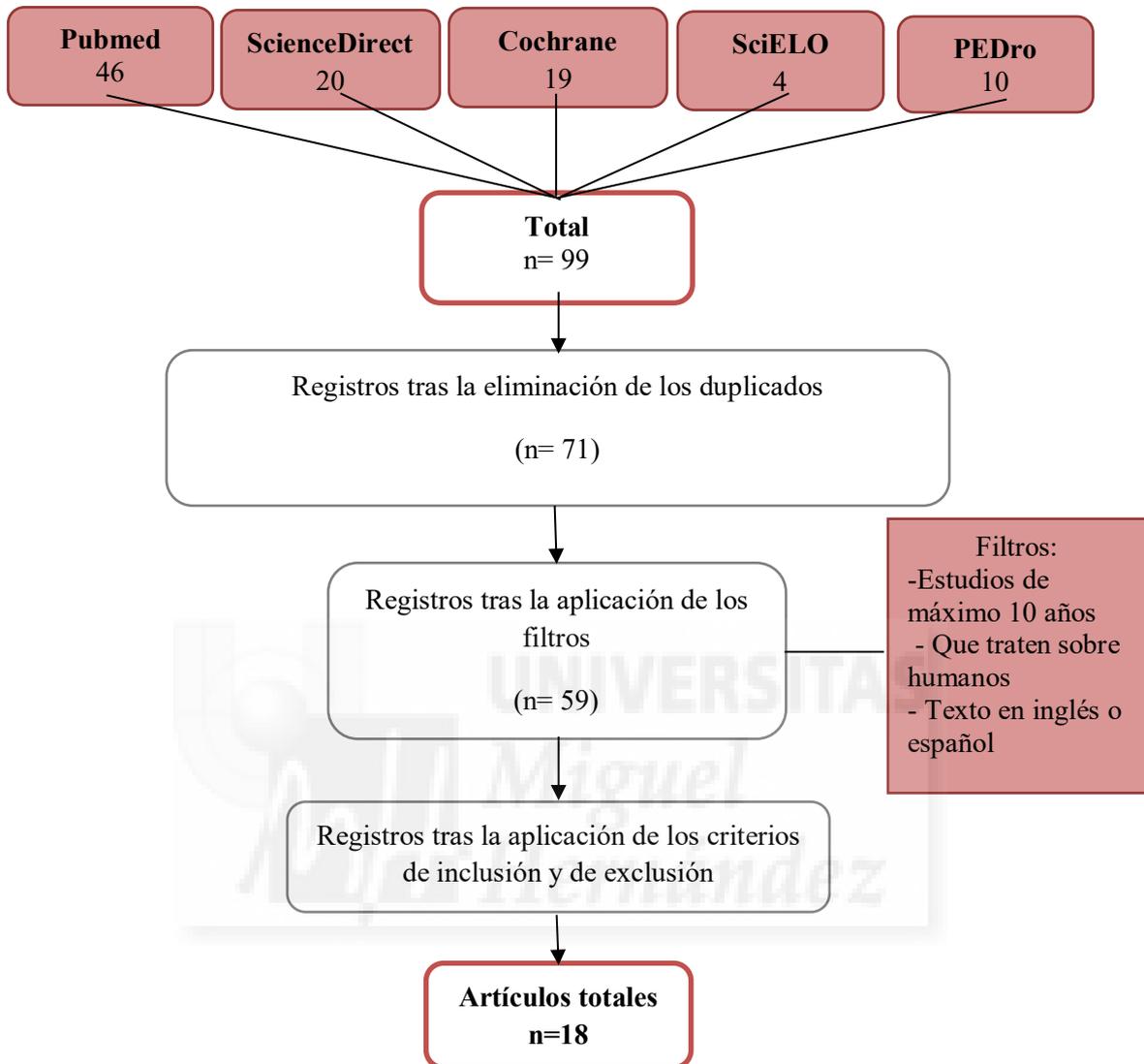


Tabla 1. *Escala de Evaluación PEDro.*

La escala PEDro sirve para la medición de la calidad de los informes de los ensayos clínicos. Se añade un punto por cada uno de los siguientes criterios que se cumpla:

1. Los criterios de elección fueron especificados.
2. Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos.
3. La asignación fue oculta.
4. Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes.
5. Todos los sujetos fueron cegados.
6. Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados.
7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados.
8. Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos.
9. Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por “intención de tratar”.
10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave.
11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Van der Krogt MM et al (2014)	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	6
Van der Krogt MM et al (2015)	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	6
Sloot LH et al (2015)	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	6
Van Gelder L et al (2017)	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	4
Booth ATC et al (2018)	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	4
Gagliardi C et al (2018)	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	4
Tarakci D et al (2016)	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	8
Cho C et al (2016)	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	8
Yagüe MP et al (2016)	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	4
Collange LA et al (2015)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
Lazzari RD et al (2015)	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	4
Lazzari RD et al (2016)	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10
Lim H et al (2014)	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	3
Mills R et al (2018)	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	5

Tabla 2. *Escala de Evaluación AMSTAR*

La escala de valoración AMSTAR se utiliza para la medición de la calidad de las revisiones sistemáticas. Consta de once ítems y por cada uno que se cumpla se añade un punto:

1. ¿Fue un diseño “a priori”?
2. ¿Hubo duplicación de la selección de los estudios y de la extracción de datos?
3. ¿Se realizó una búsqueda amplia de la literatura?
4. ¿Se utilizó el estado de la publicación (ejemplo: literatura gris) como criterio de inclusión?
5. ¿Se provee una lista de los estudios incluidos y excluidos?
6. ¿Se entregan las características de los estudios?
7. ¿Se evaluó y documentó la calidad científica de los estudios?
8. ¿Se utilizó adecuadamente la calidad de los estudios en la formulación de conclusiones?
9. ¿Fueron apropiados los métodos para combinar los hallazgos de los estudios?
10. ¿Se evaluó la probabilidad de sesgo de publicación?
11. ¿Fueron declarados los conflictos de interés?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Booth ATC et al (2018)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	10
Ravi DK et al (2017)	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	9
Gómez-Regueira N et al (2016)	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	7
Masseti T et al (2014)	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	4



Tabla 3. Resultados de los Artículos Revisados

Estudio	Tipo de estudio	Participantes	Afección	Intervención	Medidas	Resultados
Van der Krogt M.M. et al (2014)	Estudio transversal	N= 9 PC y 11 DT Edad= 8 – 14 años Sexo= 9 F y 11 M	PC Espástica Unilateral y bilateral GMFCS Niveles I – II	RV GRAIL + Treadmill Naturaleza: inmersiva IPD: GRAIL OPD: Pantalla semicilíndrica 180° 4 pruebas de 3 minutos en orden aleatorio.	Análisis cinemático y espaciotemporal 3D de la marcha	Las diferencias entre caminar a ritmo propio en treadmill con RV y caminar en un laboratorio convencional de marcha son pequeñas, pero hay que tenerlas en cuenta.
Van der Krogt M.M. et al (2015)	Ensayo clínico	N= 9 PC y 11 DT Edad= 8 – 14 años Sexo= 9 F y 11 M	PC Espástica GMFCS Niveles I – II	RV GRAIL + Treadmill Naturaleza: inmersiva IPD: GRAIL OPD: Pantalla semicilíndrica 180° 3 minutos análisis en Treadmill 10 metros marcha sobre suelo	Análisis cinemático y cinético 3D de la marcha	Se deben usar conjuntos de datos normativos específicos de la Treadmill con RV al realizar el análisis de la marcha.
Sloot L.H. et al (2015)	Ensayo clínico	n= 9 PC y 11 DT Edad= 8 – 14 años Sexo= 9 F y 11 M	PC Espástica GMFCS Niveles I – II	RV GRAIL + Treadmill Naturaleza: inmersiva IPD: GRAIL OPD: Pantalla semicilíndrica 180° 4 pruebas de 3 min: FS y SP con y sin RV	Análisis cinemático y cinético 3D de la marcha	La realidad virtual no afecta a los parámetros de la marcha, pero es más similar a caminar sobre el suelo
Van Gelder L. et al (2017)	Ensayo clínico	n= 16 PC y 11 TD Edad= 6 – 16	PC Espástica GMFCS Niveles I – III	RV GRAIL + Treadmill Naturaleza: inmersiva IPD: Plataforma de captura de movimiento con treadmill OPD: pantalla de proyección cilíndrica 180° 3 min Sin feedback 2 min Feedback extensión de rodilla 2 min Feedback extensión de cadera	Parámetros de la marcha y puntuación del perfil de marcha (GPS)	Mejora significativa y clínicamente relevante en el pico de extensión de la cadera y de la rodilla.

Tabla 3. Resultados de los Artículos Revisados

Estudio	Tipo de estudio	Participantes	Afección	Intervención	Medidas	Resultados
Booth AT. et al (2018)	Ensayo clínico	n= 22 Edad= 6-16 años Edad media= 10,5 (SD 3,1) años Sexo= 7 F y 15 M	PC Espástica Unilateral o bilateral GMFCS Niveles I – II	RV GRAIL + Treadmill Naturaleza: inmersiva IPD: 10-camera 3D motion capture system OPD: pantalla de VR con avatar Series de ensayos de 2 minutos	Análisis de la marcha (longitud del paso, extensión de rodilla, fuerza del tobillo)	Mejora en los parámetros de la marcha. Fue preferido subjetivamente por los pacientes.
Gagliardi G. et al (2018)	Estudio piloto	n= 16 Edad= 7-16 años Edad media= 11 (SD 2,4) años Sexo= 6 F y 10 M	PC Bilateral Diplejia GMFCS Niveles I - III	RV GRAIL + Treadmill Naturaleza: inmersiva IPD: Plataforma de captura de movimiento con treadmill OPD: pantalla de proyección cilíndrica 180° 30 minutos/sesión 5 veces/semana 4 semanas 18 sesiones	GMFM, 6MWT, Análisis de la marcha, FAQ, EEMin, EEM.	Mejora de la función motora gruesa y de las cualidades de la marcha y aumento de la distancia recorrida en el 6MWT
Tarakci D. et al (2016)	Ensayo clínico controlado aleatorizado	n= 30 Edad= 5 – 18 años Sexo= 11 F y 19 M	PC espástica/ discinética Diplejia/ hemiplejia GMFCS Niveles I - III	RV Wii Balance Board GC: entrenamiento convencional de equilibrio Naturaleza: no inmersiva IPD: Wii Balance Board y control remoto OPD: pantalla 20 minutos/sesión 2 veces/semana 12 semanas 24 sesiones	FFRT, FSRT, TGGT, STST, puntuación de los juegos, BCG, Wii Fit Age, 10MWT, 10SCT, WeeFIM	Mejora en la función de equilibrio y en la independencia en las actividades de la vida diaria

Tabla 3. Resultados de los Artículos

Estudio	Tipo de estudio	Participantes	Afección	Intervención	Medidas	Resultados
Cho C. et al (2016)	Ensayo clínico	n= 18 Edad= 4 – 16 años	PC Espástica GMFCS Niveles I – III	RV Wii + Treadmill + Fisioterapia convencional GC: Treadmill + Fisioterapia convencional Naturaleza: no inmersiva Wii Fit Plus 30 minutos/sesión 3 veces/ semana 8 semanas 24 sesiones	GMFM, PBS, 10MWT, 2MWT	Mayores mejorías en grupo experimental (VRTT) que en grupo control (TT) en marcha, equilibrio, fuerza (excepto isquiritales derechos), GMFM, PBS, 10MWT y 2MWT
Yagüe M.P. et al (2016)	Estudio prospectivo longitudinal	N= 8 Edad= 6 – 12 años Sexo= 4 F y 4 M	PC Hemiplejía, Diplejía, Tetraparesia y Ataxia GMFCS Niveles I – II	RV Wii Balance Board – Wii-fit 30 minutos/ sesión 15 sesiones	PBS, WBB, escala ad hoc de satisfacción	Mejora del equilibrio y la redistribución más adecuada en la carga de MMII Aumento de la motivación
Collange L.A. et al (2015)	Ensayo clínico controlado aleatorizado Estudio piloto	N= 20 Edad= 5 – 10 años Sexo= 9F y 11 M	PC Espástica Diplejia GMFCS Niveles I – III	RV Xbox 360 Kinect + tDCS GC: VR Xbox 360 Kinect + falsa tDCS Naturaleza: no inmersiva IPD: Kinect Motion Sensor OPD: Pantalla 20 minutos/sesión 5 veces/ semana 2 semanas 10 sesiones	Análisis de la marcha (SMART-D 140 system), GMFM, PEDI, excitabilidad de la corteza motora (MAGSTIM Bistim)	El grupo experimental obtuvo mayor mejoría en cuanto a velocidad y cadencia del paso, puntuación GMFM y aumento del potencial motor evocado
Lazzari R.D. et al (2015)	Ensayo clínico controlado aleatorizado Estudio transversal	N= 12 Edad= 4 – 12 años	PC GMFCS Niveles I - III	RV Xbox 360 Kinect + tDCS GC : VR Xbox 360 Kinect + falsa tDCS Naturaleza: no inmersiva IPD: Kinect Motion Sensor OPD: Pantalla 20 minutos 1 sesión	Evaluación estabilométrica (COP)	Aumento de la velocidad de balanceo

Tabla 3. Resultados de los Artículos

Estudio	Tipo de estudio	Participantes	Afección	Intervención	Medidas	Resultados
Lazzari R. D. et al (2016)	Ensayo clínico controlado aleatorizado	n= 20 Edad= 4 – 12 años Edad media = 7,5 +/- 2 años Sexo = 6 F y 14 M	PC GMFCS Niveles I – III	RV Xbox 360 Kinect + tDCS GC: RV Xbox 360 Kinect + falsa tDCS 20 minutos/ sesión 5 veces/ semana 2 semanas 10 sesiones	Evaluación estabilométrica, PBS, TUGT	Mayores mejorías en grupo experimental que en grupo control en la PBS, TUGT y área de oscilación del COP
Lim H. et al (2014)	Estudio transversal	N= 10 Edad= 3 – 6 años Sexo= 3 F y 7 M	PC Hemiplejia GMFCS Niveles I – II	RV + GAITRite system Naturaleza: inmersiva IPD: programa visual OPD: Pantalla conectada a un portátil con un software de VR Tres niveles de velocidad de flujo óptico: lento, normal y rápido. 10 minutos/ nivel 3 minutos descanso entre nivel	Análisis espaciotemporal de la marcha (velocidad, cadencia, longitud del paso, tiempo de apoyo simple y doble apoyo)	La velocidad rápida de flujo óptico aumentó significativamente la velocidad, cadencia, longitud del paso y la fase de apoyo simple.
Mills R. et al (2018)	Ensayo clínico	n= 11 Edad= 7-17 Sexo= 5 F y 6 M	PC GMFCS Niveles I – II	RV GestureTek IREX GC: Sesiones de evaluación. 60 minutos/sesión 5 sesiones	Plataforma oscilatoria, 6MWT, GMFM-CM.	No aparecen diferencias significativas entre grupo de intervención y de control
Booth A.T.C. et al (2018)	Revisión sistemática y metaanálisis	N=619 41 estudios Edad= 5 – 25 años	PC Espástica/ atetósica/atáxica GMFCS Niveles I – III (N=453) y IV – V (N=166)	RV/ Treadmill 15 – 60 minutos/ sesión 3 – 5 veces/ semana 2 – 12 semanas	Velocidad de marcha (más utilizada), resistencia, GMFM, otros relacionados con la marcha	La utilización de la RV puede aumentar la adherencia e incrementar los efectos de la terapia

Tabla 3. Resultados de los Artículos

Estudio	Tipo de estudio	Participantes	Afección	Intervención	Medidas	Resultados
Ravi D.K. et al (2017)	Revisión sistemática	N= 369 31 estudios Edad = 5 – 18 años Sexo = 129 F y 196 M	PC Espástica/ discinética/ atáxica Diplejia/ hemiplejia/ tetraplejia Mayoría GMFCS Niveles I – III	RV Wii, Sony Play Station Eye Toy, Xbox, IREX, CAREN, Eloton Simcycle Virtual Cycling System, Biodex Dynamometer input. 20 – 120 minutos/sesión 2 – 10 veces/semanas	32 medidas de resultados	Evidencia moderada de mejoría del equilibrio y de las habilidades motora
Gómez-Regueira N. et al (2016)	Revisión sistemática	26 estudios Edad= 3 – 18 años	PC GMFCS Niveles I – V	RV/ hipoterapia/ entrenamiento en tapiz rodante	CB&M, 6MWT, TUDS, GMFM, MAS, MTS, PBS, TUG, SAS, AMPS, PRT, 10MW, etc.	Las técnicas más utilizadas para la mejora del control postural y el equilibrio son RV, hipoterapia y tapiz rodante. En RV las de mayor evidencia son Biodex Balance System y los simuladores de hipoterapia.
Masseti T. et al (2014)	Revisión sistemática	10 estudios	PC			Beneficios en la función motora gruesa y en el aprendizaje motor con transferencia a situaciones de la vida real. Los beneficios a largo plazo son desconocidos todavía.

PC: Parálisis Cerebral

GMFCS: Gross Motor Function Classification System

DT: Desarrollo Típico

F: Femenino

M: Masculino

RV: Realidad Virtual

IPD: Input Device

OPD: Output Device

Figura 2. Gráfico de Sexo

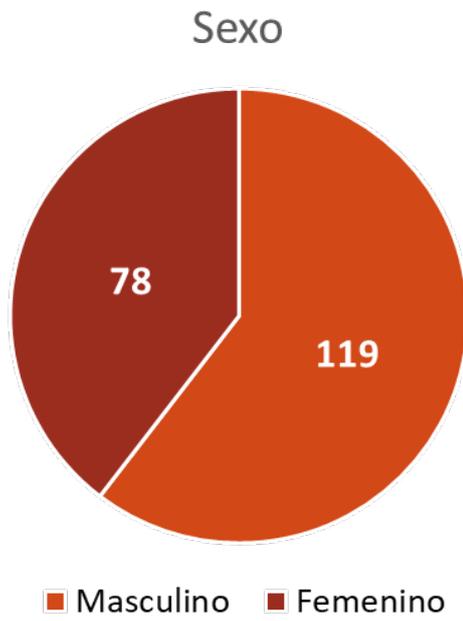


Figura 3. Gráfico de la Escala GMFCS

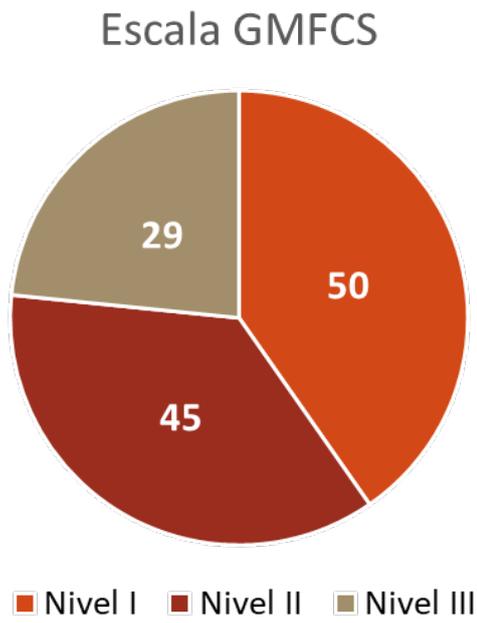
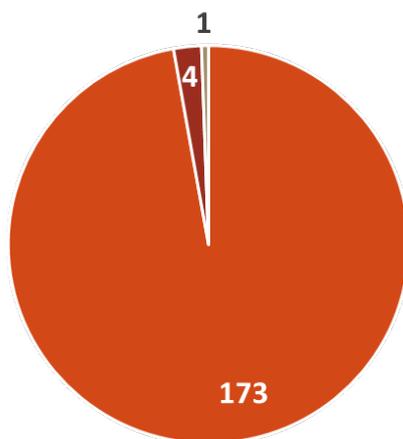


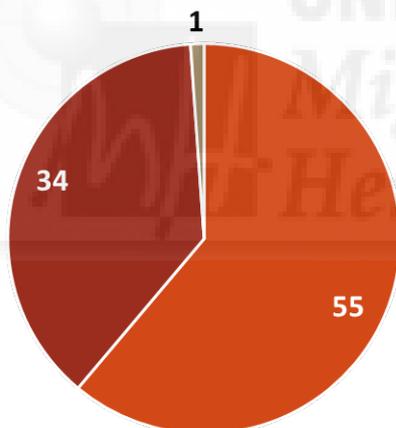
Figura 4. Gráficos de Tipo de Parálisis Cerebral

Tipo de Parálisis Cerebral



■ Espástica ■ Discinética ■ Atáxica

Tipo de Parálisis Cerebral



■ Diplejia ■ Hemiplejia ■ Tetruplejia

Figura 5. Gráfico de Tipo de Realidad Virtual

