



---

**Universidad de Valladolid**

FACULTAD DE FISIOTERAPIA DE SORIA

**Grado en Fisioterapia**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

Realidad Virtual y su aplicación en fisioterapia pediátrica.

Revisión bibliográfica.

**Autor/a: Eva Yunquera  
Peñaranda**

**Tutor/a: Sandra Jiménez del Barrio**

Soria, julio 2019

# ÍNDICE

<b>Abreviaturas.....</b>	<b>3</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>4</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>5</b>
1.1. Justificación .....	8
1.2. Objetivos .....	8
<b>2. Material y métodos.....</b>	<b>9</b>
2.1. Tipo de estudio .....	9
2.2. Criterios de selección .....	9
2.3. Estrategia de búsqueda .....	9
TABLA 1. Artículos obtenidos.....	10
FIGURA I. Proceso de obtención de artículos .....	12
2.4. Análisis de resultados y variables dependientes. ....	13
<b>3. Resultados.....</b>	<b>14</b>
TABLA 2: Resultados obtenidos .....	21
<b>4. Discusión .....</b>	<b>32</b>
<b>5. Conclusiones.....</b>	<b>38</b>
<b>6. Bibliografía.....</b>	<b>40</b>

## Abreviaturas

- HMDH: head mounted display helmet
- HDMS: head mounted devices
- IREX: interactive rehabilitation system
- MMD: multimodal device
- RV: realidad virtual
- ADHD: attention déficit hyperactivity disorder
- ECCA: ensayo clínico aleatorizado controlado
- MMII: miembro inferior
- MMSS: miembro superior
- HVCT: home-based virtual cycling training

## Resumen

**Introducción:** la realidad virtual es una herramienta de tratamiento emergente que cada día cuenta con más relevancia en el abordaje de la fisioterapia, tanto motora como cognitiva. Se ha empleado como herramienta en el tratamiento fisioterápico de patologías pediátricas, por lo que es interesante recopilar la evidencia sobre los efectos de la RV en las patologías pediátricas, contando en este trabajo con un total de 9.

**Objetivo:** analizar los estudios realizados hasta el momento que hayan valorado los efectos de las técnicas de realidad virtual en patologías pediátricas.

**Material y métodos:** se diseñó una revisión bibliográfica en la que se realizaron búsquedas bibliográficas en diferentes bases de datos biomédicas: Medline, Scopus, PEDro (Physiotherapy Evidence Database), Cochrane Library (Biblioteca Cochrane), Scielo (Scientific Electronic Library Online) y ENFISPO (Enfermería, Fisioterapia, Podología). Se ha conseguido un total de 19 artículos incluidos, 3 corresponden a revisiones sistemáticas, 1 a revisión bibliográfica y 15 a ensayos clínicos aleatorizados controlados.

**Resultados:** los resultados de esta revisión parecen reflejar mejoras en niños con afecciones cerebrales en las variables de función motora, equilibrio, control postural y transferencia de habilidades a la vida diaria, así como también en la funcionalidad y fuerza de extremidades. También se exponen mejoras en niños con ansiedad y miedo a ser sometidos a un proceso quirúrgico, rebajando los niveles de ansiedad y mejorando la inducción a la anestesia. Además, se obtuvieron mejoras en la intensidad y cantidad de dolor tanto por quemaduras como dolor agudo en pacientes pediátricos. En el área de rehabilitación motora se obtiene mejoría en la coordinación, control postural y función manual, al igual que en los niños con Distrofia Muscular de Duchenne que obtienen aumento de funcionalidad y fuerza del miembro superior. Los resultados de esta revisión reflejan también mejoras en el control conductual y en la concentración de pacientes pediátricos con hiperactividad. Así mismo promueve la creación de hábitos de vida activos en personas con obesidad y optimiza el procesamiento de estímulos en niños con Síndrome de Down con mejoras en coordinación, motricidad fina, fuerza y agilidad.

**Conclusión:** los resultados de la presente revisión muestran mejoras en las variables dependientes analizadas, tanto motoras, como el control postural, coordinación, equilibrio, funcionalidad y transferencia de habilidades a la vida diaria, como cognitivas, mejorando el procesamiento de información y la actividad cerebral en las patologías analizadas en la población pediátrica.

## 1. Introducción

La realidad virtual (RV) es una herramienta de tratamiento emergente que cada día cuenta con más relevancia en el abordaje de la fisioterapia. Permite al usuario explorar y manipular entornos sensoriales multimedia tridimensionales (3D) reales o artificiales generados por ordenador en tiempo real<sup>1</sup>.

Estos sistemas utilizan hardware y software de ordenador para crear simuladores interactivos que permiten a los pacientes intervenir con multitud de sistemas, entornos y actividades, mejorando el estado general de los pacientes. “La RV permite una experiencia de aprendizaje activo en primera persona a través de diferentes niveles de inmersión; es decir, una percepción del mundo digital como real y la capacidad de interactuar con objetos y/o realizar una serie de acciones en este mundo digital”<sup>1</sup>. Puede visualizarse desde pantallas de ordenador o móviles hasta salas de RV y dispositivos para la cabeza (HMD). Estas dos últimas proporcionan experiencias 3D inmersivas<sup>1</sup>.

Del tipo inmersivo se ha descrito HMDH (casco), incluido a su vez dentro del grupo HDMs (dispositivos para la cabeza). También se considera inmersivo el RV-guided tour y el HMDs (dispositivos de cabeza, incluyendo casco o auriculares), el cual se coloca sobre la cabeza del usuario y proporciona una experiencia ambiental inmersiva en 3D<sup>1</sup>. En la realidad no inmersiva (la mayoría de los artículos) se agrupan todos los sistemas de videojuegos, como son Nintendo Wii (WiiFit y BalanceBoard), IREX, SonyEyeToy, PlayStation o MMD, el cual engloba distintos tipos de consola de mano.

Las patologías en las que se ha implementado la RV como herramienta terapéutica han sido:

- **Afección cerebral:** La parálisis cerebral está considerada como la discapacidad física más común en la infancia<sup>2</sup> así como la patología neurológica no progresiva más frecuente en la población pediátrica<sup>3</sup>, afectando a 2.1/1000 nacidos vivos en el mundo<sup>2</sup>, encontrando su causa en la producción de un daño en el cerebro en desarrollo. Da lugar a un grupo de desórdenes permanentes en el control muscular y en la coordinación, estando en la mayoría de los casos asociados a episodios de epilepsia, discapacidad mental, dolor crónico<sup>2</sup> o déficits sensoriales<sup>4</sup>.
- **Ansiedad y miedo preoperatorios:** La ansiedad y miedo preoperatorios son elementos muy comunes que sufren aproximadamente el 65% de los niños que van a someterse a una intervención quirúrgica<sup>5</sup>. Elevados niveles de ansiedad refieren agitación, angustia o temblores en el preoperatorio y en el momento de la anestesia<sup>6</sup>, además de estar asociados con una recuperación posoperatoria más complicada y

prolongada, incremento del dolor posoperatorio y comportamiento mal-adaptativo en el momento del alta, como ansiedad por la separación o dificultades para dormir<sup>5</sup>.

- **Dolor:** En el proceso de dolor agudo se utiliza la RV como elemento disuasorio ya que éste se convierte en un proceso controlado no automático<sup>7</sup>. Cuanto mayor sea el grado de distracción otorgado, menor será la capacidad de atención disponible para el proceso doloroso. La RV debe su éxito a que ofrece distracción multisensorial, debido a que incluye recursos táctiles y cinestésicos además de auditivos y visuales, al contrario que las herramientas de distracción convencionales que involucran únicamente estos últimos<sup>8</sup>. Esta calidad de los estímulos supone la activación de recursos cognitivos, interrumpiendo la atención dirigida al dolor<sup>8</sup>.
- **Quemaduras agudas:** Durante la rehabilitación en la unidad de quemados y durante el cambio de apósito, lo que se busca con la RV es incidir en la intensidad del dolor y en la recuperación física mediante un proceso de distracción, reduciendo también la ansiedad que genera este proceso en los niños teniendo en cuenta también el grado de epitelización<sup>9,10,11</sup>.
- **Rehabilitación motora y discapacidad, trastornos en el desarrollo de la coordinación y retraso en el desarrollo:** ante cualquier discapacidad, el objetivo es desarrollar una rehabilitación entretenida en la que se motive a los niños a realizar actividades dirigidas a los objetivos proporcionando retroalimentación sensorial y mejorando el rendimiento de la habilidad motora<sup>12</sup>. Del 5-15% de los niños tienen un trastorno de la coordinación, dando lugar a una falta en el desarrollo de las habilidades motoras características de la edad, caracterizadas por un deterioro en el rendimiento funcional junto con pobre integración sensoriomotora y procesamiento visomotor, además de defectos en la función cerebelosa<sup>13</sup>. Los niños con retraso en el desarrollo muestran déficits en el control motor y motricidad gruesa además de retraso en la adquisición de habilidades motoras y pobre control postural, equilibrio y coordinación<sup>14</sup>.
- **Distrofia muscular de Duchenne:** Se trata de un desorden neuromuscular progresivo que afecta a 1/5000 niños varones nacidos vivos<sup>15</sup>. Es causada por una mutación en el gen de la distrofina<sup>15</sup>. La ausencia de distrofina conduce al deterioro del tejido muscular y la sustitución de dicha fibra por tejido adiposo y conjuntivo<sup>15</sup>. El transcurso de la enfermedad se caracteriza por el declive de sistemas musculoesquelético y cardiorrespiratorio conduciendo a la necesidad de una silla de ruedas aproximadamente a los 10 años de edad<sup>16</sup>.
- **Hiperactividad/ADHD (Attention deficit hyperactivity disorder):** El trastorno por déficit de atención/hiperactividad es considerado como uno de los trastornos mentales

más prevalentes en los niños, afectando al 5% de la población pediátrica<sup>17</sup>. Se caracteriza por impulsividad, hiperactividad y deficiencia de atención continua principalmente, además de falta de confianza en sí mismos e incompatibilidad con el entorno social y académico como problemas secundarios<sup>18</sup>.

- **Obesidad:** El sobrepeso pediátrico y la obesidad se consideran una de las mayores preocupaciones de la salud pública con una alta prevalencia asociada a riesgos que se extienden hasta la edad adulta<sup>19</sup>. Entre los innumerables trastornos médicos encontramos hipertensión, resistencia a la insulina, dislipidemia, enfermedad del hígado graso y apnea del sueño<sup>20</sup>. Además de las complicaciones físicas, la obesidad infantil puede dar lugar a complicaciones sociales y psicológicas, como baja autoestima y depresión. Esta patología se debe a un estilo de vida sedentario, falta de actividad física y malos hábitos alimentarios, por lo que es importante atajar estos factores ya que es difícil de revertir<sup>20</sup>.
- **Síndrome de Down:** Trastorno cromosómico causado por una copia adicional en el cromosoma 21 con una prevalencia de 1/800 nacidos vivos<sup>21</sup>.  
Presenta características fisiológicas-anatómicas particulares como la hipotonía, hiperlaxitud articular y déficit sensorial, dando lugar a un retraso del desarrollo motor, generalmente causado por un trastorno de la maduración del sistema nervioso central. Este trastorno dará lugar a limitaciones significativas en el funcionamiento intelectual además de en el adaptativo ya que ocasiona problemas en la adquisición de habilidades motrices y del control postural<sup>21</sup>.

La RV está considerada como una herramienta adecuada para cualquier proceso clínico o quirúrgico<sup>1</sup> al caracterizarse por la integración multisensorial y la mejora de capacidades motoras y cognitivas<sup>13</sup>, siendo éstas las razones por las que se incluye en el tratamiento fisioterápico. Dicha integración incluye tareas del tipo visoespacial, cognitivas y de atención, permitiendo reforzar la retroalimentación sensorial e integrando también amplitud de movimiento, velocidad y precisión<sup>14</sup>. Otra de las razones por las que se incluye la RV en pacientes pediátricos es por la atractividad que otorga a la terapia. La principal característica de la RV es la dinamización y motivación del tratamiento, creando un ambiente visual, auditivo y a veces táctil para alcanzar el objetivo terapéutico más fácilmente<sup>13</sup>. Este tipo de terapia se enfoca principalmente a la población pediátrica ya que presenta una característica lúdica que va a garantizar el éxito y adherencia al tratamiento<sup>13</sup>.

## **1.1. Justificación**

En vista del creciente uso de la RV en entornos terapéuticos en pediatría y dado que las patologías en las que se ha aplicado son de las más prevalentes en la población pediátrica, se considera necesaria una revisión bibliográfica que recopile la evidencia disponible hasta el momento en este campo. Se considera fundamental conocer qué evidencia existe en cuanto a los efectos conseguidos mediante la RV en las diferentes patologías pediátricas.

## **1.2. Objetivos**

El objetivo principal de esta revisión es analizar los estudios realizados hasta el momento que hayan valorado los efectos de las técnicas de realidad virtual en patologías pediátricas.

Los objetivos específicos son:

- Analizar los efectos mostrados en estudios publicados hasta el momento mediante realidad virtual en pacientes en edad pediátrica.
- Analizar las diferentes técnicas propuestas de realidad virtual en el tratamiento fisioterápico de pacientes con rango de edad entre 0-16 años.
- Analizar las diferentes patologías seleccionadas en las que se considera la realidad virtual como la principal herramienta terapéutica.

## 2. Material y métodos

### 2.1. Tipo de estudio

Para llevar a cabo los objetivos propuestos, se ha realizado una Revisión Bibliográfica Narrativa.

### 2.2. Criterios de selección

Los criterios de inclusión de los artículos publicados para la elaboración de esta revisión fueron:

- Tipo de artículos: revisiones sistemáticas, bibliográficas, ensayos clínicos aleatorizados controlados, ensayos clínicos, estudios de cohortes y estudios de casos y controles.
- Incluir población pediátrica con rango de edad entre 0 y 16 años.
- Que considerasen como variable independiente todas aquellas técnicas terapéuticas consistentes en RV así como cualquier tipo de simulador/videojuego que consiga reflejar y transportar al individuo a una realidad ficticia.
- Que considerasen variables dependientes que reflejasen el grado de disfunción de la patología estudiada así como la función motora, control postural, transferencia de habilidades conseguidas a la vida diaria o la adherencia al tratamiento.
- Textos publicados en inglés y español.

Los criterios de exclusión considerados en esta revisión fueron:

- Estudios de tipo: series de casos, casos clínicos y opinión de experto
- Población pediátrica mayor de 16 años
- Aplicación como variable independiente mediante otra terapia que no fuera RV.
- Textos publicados en otro idioma diferente al inglés o español

### 2.3. Estrategia de búsqueda

Se realizaron búsquedas bibliográficas entre los meses de febrero y abril de 2019

Las principales fuentes y bases de datos biomédicas para efectuar la búsqueda de información fueron: *Medline*, *Scopus*, *PEDro (Physiotherapy Evidence Database)*, *Cochrane Library (Biblioteca Cochrane)*, *Scielo (Scientific Electronic Library Online)* y *ENFISPO (Enfermería, Fisioterapia, Podología)*.

Los términos de búsqueda empleados han sido clasificados según su consideración como término MESH (*Medical Subject Headings*) o NO MESH:

- *Virtual reality (MESH)*
- *Child (MESH)*
- *Pediatrics (MESH)*
- *Disabled children (MESH)*
- *Treatment*
- *Therapeutics (MESH)*
- *Therapy (MESH)*
- *Rehabilitation (MESH)*
- *Virtual reality therapy (MESH)*
- *Physiotherapy*

Los operadores booleanos más utilizados han sido “AND” y “OR” combinando los términos “MESH”

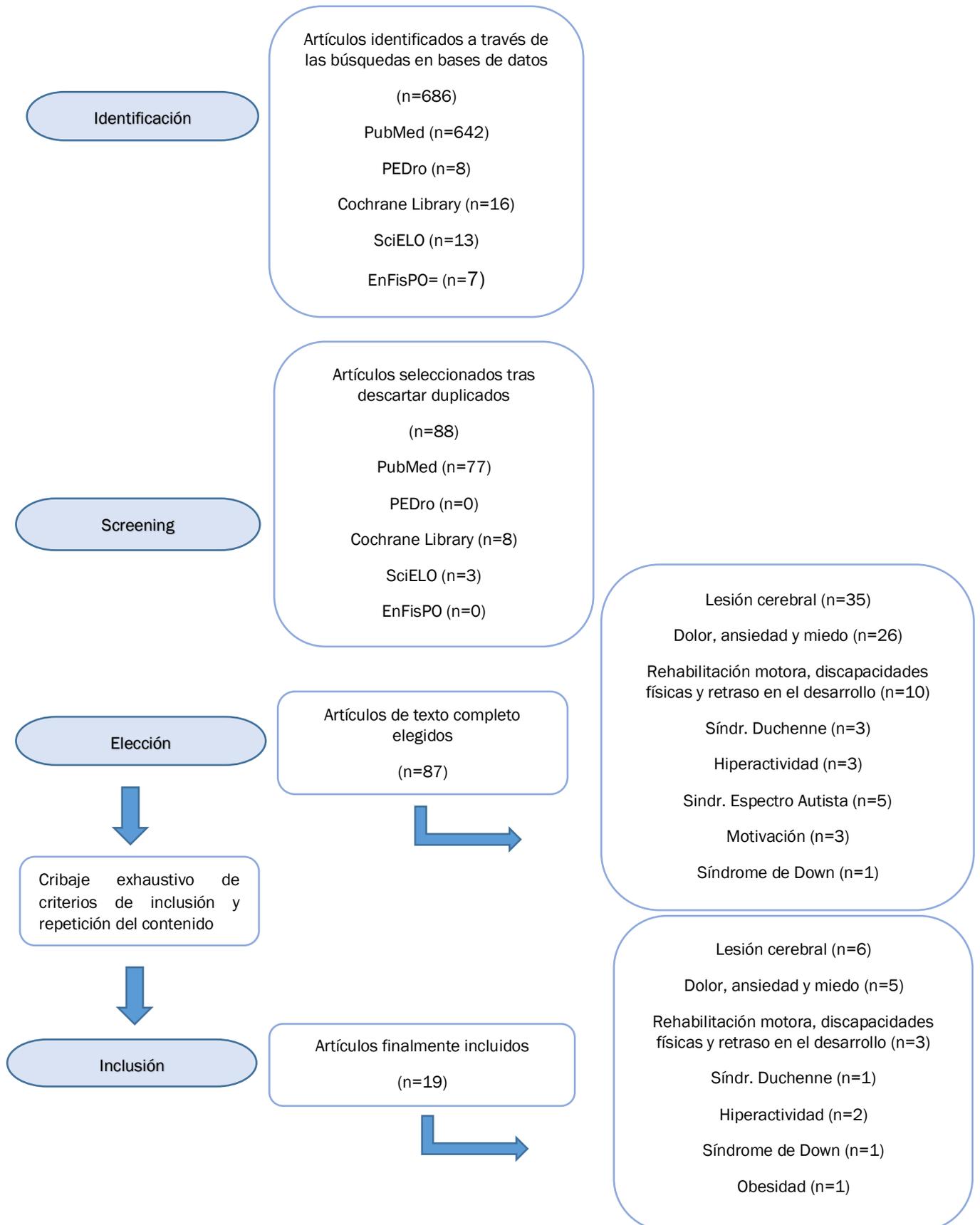
A continuación, se muestran las combinaciones de términos utilizadas en cada base de datos junto con el número de artículos obtenidos de cada combinación (Tabla 1) y el proceso de selección a modo diagrama de flujo (Figura 1).

**TABLA 1. Artículos obtenidos.**

<b>BASE DE DATOS</b>	<b>TÉRMINOS</b>	<b>RESULTADOS</b>
PubMed	Virtual reality AND child	154
PubMed	Virtual reality AND pediatrics	41
PubMed	Virtual reality AND disabled children	6
PubMed	Virtual reality AND treatment AND child	138
PubMed	Virtual reality AND therapy AND child	135
PubMed	Virtual reality AND therapeutics AND child	85

PubMed	Virtual reality AND rehabilitation AND child	83
PEDro	Virtual reality AND child	8
Cochrane Library	Virtual reality therapy AND child	2
Cochrane Library	Virtual reality AND physiotherapy AND children	14
SciELO	Virtual reality AND child	13
EnFisPO	Realidad AND virtual	7

**FIGURA I. Proceso de obtención de artículos**



## 2.4. Análisis de resultados y variables dependientes.

Una vez seleccionados los artículos en base a los criterios de inclusión y exclusión se realizó un análisis de los datos obtenidos agrupando la información en función de las diferentes patologías a las que fue aplicada la variable independiente en los diferentes estudios.

Las variables dependientes fueron diferentes y específicas en cada patología estudiada.

En los estudios<sup>2-4,22-26</sup> que valoraron la RV en pacientes pediátricos con afectaciones cerebrales se consideraron como variables dependientes la función motora, el control postural y equilibrio, así como en la transferencia de habilidades a la vida diaria. También se consideraron objeto de estudio la funcionalidad de ambas manos, la función motora de miembro superior (MMSS) y miembro inferior (MMII) y el área de densidad mineral ósea. Por último, se tuvieron en cuenta también aspectos como la motivación, compromiso, seguridad y adherencia al tratamiento.

En los estudios<sup>5,6</sup> en los que incluyeron pacientes pediátricos con ansiedad y miedo preoperatorios consideraron como variables dependientes la actitud y comportamiento del paciente antes y durante la anestesia.

En los estudios<sup>7,8,27</sup> en los que incluyeron pacientes pediátricos con dolor, consideraron como variables dependientes el umbral y la tolerancia, así como en las quemaduras agudas<sup>9,10,11</sup>, ya que se analizó el dolor (intensidad y cantidad) y el grado de ansiedad durante el cambio de apósito, así como la epitelización del tejido.

En los estudios<sup>12-14,28</sup> en los que incluyeron pacientes pediátricos con déficits motores, consideraron como variables dependientes el rendimiento, mejora y velocidad de la marcha, coordinación motora y diaria, así como la cantidad de actividad física realizada. También se consideran importantes los aspectos motores como el mantenimiento de la postura unipodal, la capacidad de sedestación-bipedestación y la fuerza manual, entre otros.

En los estudios<sup>15,16</sup> en los que incluyeron pacientes pediátricos con Distrofia Muscular de Duchenne consideraron como variable dependiente la función motora del miembro superior.

En los estudios<sup>17,18</sup> en los que incluyeron pacientes pediátricos con desorden de hiperactividad consideraron como variables dependientes las habilidades cognitivas, la capacidad de autocontrol y el comportamiento, además del rendimiento escolar y la motivación.

En los estudios<sup>19,20,29</sup> en los que se incluyeron pacientes pediátricos con obesidad se tuvo en cuenta la actividad física realizada y el cambio de hábitos a largo plazo.

Por último, en los estudios<sup>21</sup> en los que incluyeron pacientes pediátricos Síndrome de Down consideraron como variables dependientes el control motor, percepción visual y coordinación motora.

También se analizó el tipo de variable independiente empleada mediante RV. Aunque el empleo de la RV fue común a todos los estudios, no fue la misma estrategia de intervención en todos los casos.

También se ha valorado el tipo de estrategia terapéutica utilizada mediante RV (pudiendo ser la Wii en unos casos, el Kinect en otros o cualquier método)

### **3. Resultados**

En el total de 19 artículos incluidos, 3 corresponden a revisiones sistemáticas, 1 a revisión bibliográfica y 15 ensayos clínicos aleatorizados controlados (ECCA). Cabe destacar que en patologías como afecciones cerebrales fue en las que más evidencia se encontró, no ocurriendo lo mismo en otras como Duchenne o Síndrome de Down.

En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos de los artículos seleccionados.

A continuación, se exponen los resultados de los estudios incluidos en base a las diferentes patologías/disfunciones seleccionadas en las que ha sido utilizada la RV en pacientes en edad pediátrica. Las disfunciones en las que se han desarrollado los efectos de la RV en pediatría han sido: afecciones cerebrales, ansiedad y miedo preoperatorios, dolor, quemaduras agudas, rehabilitación motora y discapacidad, trastornos en el desarrollo de la coordinación motora, retraso en el desarrollo, Distrofia muscular de Duchenne, hiperactividad, obesidad y Síndrome de Down.

#### Afección cerebral

La herramienta de neurorehabilitación virtual en pacientes pediátricos con algún tipo de afección cerebral se ha determinado con los sistemas de Nintendo Wii<sup>3,23,24</sup> (concretamente con Nintendo Wii Balance Board, Nintendo Wii Sport y Nintendo WiiFit), sistemas IREX<sup>22,25</sup> (Interactive Rehabilitation Exercise Sistem), sistemas Sony EyeToy<sup>25</sup> y sistemas HVCT<sup>26</sup> (Home-Based Virtual Cycling Training). Los sistemas IREX y Sony EyeToy se utilizan junto a dispositivos HMD (Head Mounted Display), siendo considerados elementos indispensables en los sistemas inmersivos de RV en 3D<sup>22</sup>.

Con el uso de Nintendo Wii se evidencia una mejora en la función motora<sup>2</sup> con la capacidad de transferir las habilidades adquiridas en el tratamiento a la vida real. También se observa una mejora del equilibrio y postura corporal debido a la existencia de feedback sensitivo y visual otorgada por el mecanismo y a la creación de movimientos cinestésicos, los cuales provocan una activación de los propioceptores de MMII, MMSS y tronco, ascendiendo dicha información hasta la corteza sensoriomotora y crearse así los ajustes posturales necesarios en cuanto a equilibrio y postura<sup>23</sup>.

Además, coincidiendo con el uso de este elemento rehabilitador en otras patologías, supone un incremento en el grado de participación, cooperación con el terapeuta y atención de estos niños con patología cerebral así como de la motivación, consiguiendo por tanto mayor adherencia al tratamiento<sup>24</sup>.

Tanto el grupo estudio como el grupo control mejoraron su función manual, no pudiéndose considerar este beneficio como resultado específico del uso de Nintendo Wii<sup>24</sup>.

Respecto a IREX y Sony EyeToy (sistemas HMD) se evidenció que con su uso se consiguen numerosos beneficios. Uno de ellos es la mejora en la transferencia de habilidades a la vida diaria de una manera segura, ya que la RV permite el acceso a ambientes que en el entorno real están considerados como inseguros para este grupo poblacional<sup>22,25</sup>.

También se han obtenido mejoras en la funcionalidad de MMSS y MMII y control postural, así como aumento en sensibilidad táctil. Además, utilizar la RV como herramienta educativa y terapéutica permite a los terapeutas ofrecer mayor flexibilidad y control durante la sesión, creándose un feedback terapeuta-paciente. Este control garantiza la correcta progresión de los ejercicios, así como la concentración y compromiso (uno de los mayores predictores de éxito en un tratamiento<sup>23,22</sup> del paciente debido a la menor necesidad de repeticiones)<sup>22</sup>.

El sistema HVCT (home-based virtual cycling training) basado en un sistema virtual de ciclismo, determinó efectos positivos en la fuerza muscular del miembro inferior, el área de densidad mineral y la función motora. El aspecto en el que se encontró una diferencia significativa entre un grupo y otro fue la mejora de la fuerza del MMII, en el que el grupo estudio mejoró su musculatura flexora y extensora de rodilla así como abdominal, mientras que el grupo control solo vio incrementada su fuerza en extensores de rodilla<sup>26</sup>.

En referencia a la variable dependiente de densidad mineral ósea de fémur, se obtuvo un incremento en el grupo estudio con resultados significativos a largo plazo evidenciados mientras que en el grupo control el índice de densidad se ve reducido<sup>26</sup>.

### Ansiedad y miedo preoperatorios y dolor

La ansiedad y el miedo ante una operación y la inducción a la anestesia es algo muy común en la población pediátrica hoy en día. Se han desarrollado varios estudios sobre RV aplicado a niños que van a ser sometidos a una intervención quirúrgica.

En el estudio realizado por Ryu, J.-H.<sup>6</sup> se investigó si mediante el sistema de RV de tour guiado (cascos y cámaras GoPro Hero4) con explicación virtual del entorno quirúrgico mediante un personaje animado se reduce la ansiedad y miedo antes y durante la anestesia, así como la respuesta orgánica a ésta. En comparación con el grupo control, el cual recibió información convencional, se encontró una mejora significativa actitudinal en el grupo estudio antes y durante la anestesia, así como una mejor aceptación orgánica a este compuesto<sup>5</sup>, dando como resultado que la RV puede ser una herramienta útil durante un preoperatorio.

Respecto al dolor, se encontró evidencia sobre como influir en el proceso de dolor provocado por presión fría mediante un sistema HMDH (Head Mounted Display Helmet) a modo de distracción interactiva.

El resultado fue que tanto la distracción pasiva como interactiva (otorgada por la RV) interfieren en el proceso de dolor, pero solo se obtiene manejo efectivo del dolor agudo con técnicas de distracción virtual y casco interactivo 3D. La evidencia hace referencia a dispositivos virtuales que utilicen dispositivos con casco (HMDH), por lo que se necesita información e investigación adicional sobre el manejo del dolor con otros tipos de RV<sup>7</sup>.

Además del proceso de dolor, se estudió la tolerancia y umbral también con este tipo de técnica, siendo la edad de los sujetos determinante en el resultado. La tolerancia al dolor aumentó tanto en el grupo que utilizó el casco virtual como elemento de distracción como en el grupo que fue distraído sin casco virtual. Pese a la mejora en ambos grupos, se mostró resultado significativo en niños con mayor rango de edad. No ocurre lo mismo con el umbral de dolor, ya que no depende de la edad del sujeto<sup>27</sup>.

Se podría afirmar que la RV interfiere positivamente tanto en tolerancia como en umbral de dolor, siendo en este último más evidente el beneficio obtenido ya que no depende de otra variable, como ocurre con la edad en cuanto a tolerancia se refiere.

### Quemaduras agudas

En este campo se investigó el efecto de la RV sobre la intensidad y cantidad de dolor, grado de ansiedad durante el cambio de apósito y epitelización de las quemaduras agudas en pacientes pediátricos.

Miller et al. (2010)<sup>9</sup> y Brown et al. (2014)<sup>10</sup> investigaron estos aspectos con dispositivos MMD (multimodal device) y dispositivos DITTO, respectivamente.

Ambos dispositivos utilizan sistemas de consola como elementos de preparación y distracción durante el cambio de apósito, mientras que el grupo control recibe elementos de distracción estándar como pueden ser juguetes o libros. El resultado de esta investigación fue la reducción de la intensidad<sup>9,10</sup> y cantidad de dolor<sup>9</sup> durante el cambio de apósito con diferencias significativas respecto al grupo control, además de una epitelización más rápida y un grado de ansiedad menor<sup>10</sup>.

### Rehabilitación motora

Dentro de esta área vamos a especificar el uso de la RV en el tratamiento rehabilitador de la capacidad en sí misma, además de trastornos de coordinación y retrasos en el desarrollo motor.

Para el primer aspecto Karin Brüttsch et al. (2010)<sup>28</sup> analiza el efecto del Sistema Dolby 7.1 en órtesis Lokomat, junto con elementos de interacción y un escenario de fútbol virtual. Evalúa también el efecto de las indicaciones de los terapeutas de forma aislada o conjunta con la RV. El resultado obtenido es una diferencia significativa en la mejora de la capacidad motora entre el uso de este sistema virtual y las instrucciones de los terapeutas de forma aislada. Además de mejora en la capacidad motora también se obtuvieron resultados en el grado de motivación y participación.

Las instrucciones de los terapeutas no tienen la misma influencia en el tratamiento que los sistemas virtuales, pero tienen efecto positivo en la capacidad motora, motivación y participación en grupos que realizan su tratamiento sin ninguna asistencia.

Leon M.Straker et al. (2011)<sup>13</sup> investigó sobre el efecto del uso de juegos electrónicos virtuales activos en niños con trastornos en el desarrollo de la coordinación motora mediante Play Station 3 con dispositivo de entrada Move and Eye y Microsoft Xbox 360 con dispositivo de entrada Kinect.

Se han evidenciado mejoras en la coordinación motora, en la coordinación al realizar las actividades de la vida diaria y también en la actitud propia del niño sobre la actividad física y el movimiento, volviéndose más activos. Este cambio de actitud ha supuesto mayor salud física, emocional y mental, ya que estos juegos implican el movimiento activo del niño.

Con el uso de juegos activos virtuales se ha conseguido reducir el sedentarismo y estancamiento que caracteriza el uso de juegos electrónicos normales.

Yasser Salem et al. (2012)<sup>14</sup> indagó acerca del uso de Nintendo Wii Sports y WiiFit en niños con retraso en el desarrollo.

Se obtuvo, en comparación con un grupo control que recibió rehabilitación tradicional, mejora significativa en la función manual de ambas manos así como en la postura unipodal. Variables como la velocidad en la marcha, subida y bajada de escaleras y transferencia de sedestación-bipedestación mejoraron en ambos grupos. Aunque no fueron significativas para el grupo de estudio, sí que se observa una mayor tendencia de éste a la mejora en términos globales. Es por esta razón que “se apoya el uso de la Wii como herramienta terapéutica viable, segura y potencialmente eficaz para aumentar y mejorar la rehabilitación en niños con retraso en el desarrollo”<sup>14</sup>.

### Hiperactividad

Este trastorno de la conducta fue abordado por Friederike Blume et al. (2017)<sup>17</sup> y Bashiri et al. (2017)<sup>18</sup> ambos mediante dispositivos HMD (Head-Mounted Display).

Ambos coinciden en que el uso de este tipo de técnica cuenta con un alto grado de realismo, simulando a la perfección escenas cotidianas y que podrían ocurrir en un entorno de la vida real. Es por ésto por lo que el terapeuta puede provocar de una forma más sencilla una determinada situación según su interés, para obtener así determinadas respuestas de comportamiento<sup>16</sup>. Al obtener respuestas de comportamiento definidas, se atenúan los problemas de conducta característicos de este grupo poblacional y se mejoran la capacidad de autocontrol y la función ejecutiva, así como la atención y memoria<sup>17,18</sup>. Esto da lugar a un progreso a nivel escolar<sup>17</sup>.

Otro aspecto que dota de gran importancia a la RV es poder proporcionar estímulos concretos elegidos por el terapeuta. Esto permite eliminar las distracciones y garantizar la concentración del paciente durante más tiempo, consiguiendo un progreso mayor y constante. También se consigue un mayor progreso y eficacia mediante la motivación, ya que su aumento produce cambios en la actividad prefrontal, reforzándose el control conductual. El grado de motivación se fomenta de manera sencilla debido al dinamismo y atracción del sistema, así como por la mejora del usuario, ya que, a mayor progreso, mayor grado de motivación.

Por último, Bashiri (2017)<sup>18</sup> considera que al tener el terapeuta el control sobre los estímulos que el paciente recibe también tiene el control sobre el entorno de aprendizaje, lo que otorga mayor grado de seguridad al paciente, aportando un entorno estable, el cual puede ser adaptado al estilo de vida del niño.

## Distrofia muscular de Duchenne, Obesidad y Síndrome de Down

Los resultados de búsqueda en estas áreas patológicas han sido reducidos, bien por falta de investigación o por los criterios de inclusión seleccionados, ya que la mayoría de los grupos poblacionales superaban el rango límite de edad establecido de 16 años o gran parte de artículos se trataban de series de casos.

La técnica de RV utilizada en la población con Distrofia muscular de Duchenne fue la Playstation II, con Eye Toy y soporte dinámico para brazo (Gainboy Focal Meditech B.V). Se obtuvo una mejora significativa en el rango de movimiento y extensión de codo en el grupo de estudio<sup>15</sup>.

Los resultados de este estudio no permiten asegurar la mejora mediante RV en la funcionalidad del MMSS en pacientes con Distrofia Muscular de Duchenne, pero sí que el tratamiento con RV en este grupo poblacional la mantiene y reduce la pérdida de fuerza y de ROM, así como que proporciona un estilo de vida más activo.

Otra de las patologías en las que se ha aplicado la RV es la obesidad infantil. Johansen et al. (2014)<sup>29</sup> investigaron sobre el impacto en los hábitos de vida y la cantidad de actividad física realizada utilizando una mascota virtual (Xbox360 y EyePet, de PlayStation 3). El objetivo del juego era mantener en forma a la mascota mediante el movimiento del individuo. En referencia a la actividad física realizada, se evidenció una diferencia significativa entre el grupo de estudio y control. La realización de mayor actividad conllevó a un aumento de la motivación, ya que los sujetos eran conscientes de dicho incremento por la mejora en el aspecto de su mascota, y a mayor motivación mayor actividad realizada.

En materia de hábitos, se constató que la disciplina adquirida se mantenía a largo plazo.

Por último, también cabe mencionar el uso de la RV en la población pediátrica con Síndrome de Down. La mayor parte de la evidencia encontrada hacía referencia a población en edad adulta, pero la escasa información sobre edad pediátrica señala esta técnica, en concreto Nintendo Wii, como herramienta terapéutica adecuada ya que supone una oportunidad constante para integrar gran cantidad de estímulos, como propioceptivos, vestibulares además de visuales, optimizando el procesamiento, tanto sensorial como motor<sup>24</sup>. Esto supone un gran beneficio a este grupo determinado de pacientes, en los cuales la motivación es una herramienta vital para el éxito del tratamiento, la cual también se consigue mediante este dispositivo, dotando de más alegría a la terapia.

Además de las variables citadas anteriormente, el uso de Nintendo Wii también permite potenciar tanto la coordinación manual como la corporal, así como la motricidad fina y la fuerza y agilidad (BOT-2).

En comparación con los grupos que no recurrieron al uso de RV en su terapia, el grupo estudio intensificó su mejoría en la mayoría de variables sensoriales evaluadas por la TSIF. La percepción visual y coordinación motora (escala VMI) mejoraron tanto en el grupo 1 como en el grupo 2, por lo que no podemos atribuir todo el mérito de mejora de estas capacidades únicamente al uso de Nintendo Wii.

Con el uso de RV se reforzaron las variables recogidas por la escala BOT-2 y por la TSIF, pero no ocurre lo mismo con las capacidades evaluadas por la VMI, ya que también deben su mejora a otro tipo de tratamiento.

### Motivación y seguridad

Tanto motivación<sup>13,24,28</sup> como seguridad<sup>14,18,22</sup> son dos elementos que están presentes en la mayoría, por no decir en todas, las sesiones de tratamiento en las que se utiliza la RV como principal herramienta terapéutica.

La motivación está considerada como elemento de gran importancia tanto en el entrenamiento cognitivo como en el entrenamiento motor, englobando ambos la función ejecutiva.

La mejora en la función ejecutiva se debe a la activación de la corteza prefrontal y por tanto del control cognitivo. Esta activación se incentiva otorgando un contexto personalizado en el que los objetivos del entrenamiento son habilidades útiles para la vida cotidiana.

Este contexto personalizado aparece en el entorno de RV, por lo que podemos decir que la RV otorga un contexto personalizado en el que se incentiva la motivación y a la vez se produce activación de la corteza prefrontal, dotando de una mejora en la función cognitiva<sup>17</sup>.

Además, un entorno virtual permite ajustar la calidad y cantidad de elementos interactivos, maximizando la motivación y controlando también la cantidad y calidad de estímulos, interfiriendo también de esta forma en el resultado final del tratamiento<sup>28</sup>.

Al mismo tiempo, se ha demostrado que la interacción terapeuta-paciente juega un papel crucial en el proceso terapéutico, mejorando con la inclusión del sistema virtual por convertirse en un elemento motivador.

**TABLA 2: Resultados obtenidos**

Estudio	Tipo de estudio	Área	Tamaño muestral (N)	Edad de la muestra	Variables dependientes consideradas	Técnica de RV	Resultados obtenidos
<b>Massetti et al. 2014</b>	Revisión sistemática	Parálisis cerebral	N=94	Población entre 3-64 miembros en edad pediátrica (0-14) con parálisis cerebral	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Función motora</li> <li>• Transferencia de habilidades a la vida real.</li> </ul>	Nintendo Wii	10 artículos analizados. 3 de ellos con puntuación “excelente” (6-8) en escala PEDro evidenciaron mejora en la función motora con transferencia de habilidades a la vida real en niños con PC, pero se desconocen los beneficios a largo plazo.
<b>Gatica-Rojas et al. 2017</b>	Ensayo clínico controlado aleatorizado	Parálisis cerebral hemipléjica congénita y parálisis cerebral dipléjica espástica	N=14 <ul style="list-style-type: none"> <li>• n=7 con PC dipléjica</li> <li>• n=5 con PC hemipléjica</li> <li>• n=2 con PC discinética</li> </ul>	Rango de edad entre 7-14 años con Niveles I y II en la Gross Motor Function Classification System (GMFCS)	Control postural y equilibrio determinados por: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Influencia del centro de presión (CoP sway)</li> <li>• Desviación estándar (SD) y velocidad de CoP en direcciones AP y ML</li> </ul>	Nintendo Wii Balance Board (software AMTI NetForce) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Snowboard</li> <li>• Penguin Slide</li> <li>• Super Hula-hoop</li> <li>• Yoga</li> </ul>	Mejora en el equilibrio postural ( $p<0.05$ ) debido al feedback sensitivo y visual otorgado por la RV y la creación de movimientos cinestésicos, activando propioceptores que llevan la información a la corteza sensoriomotora dando como resultado cambios en la postura y equilibrio.

Estudio	Tipo de estudio	Área	Tamaño muestral (N)	Edad de la muestra	Variables dependientes consideradas	Técnica de RV	Resultados obtenidos
<b>Michelle Wang y Denise Reid. 2011</b>	Revisión sistemática	Déficit de atención e hiperactividad (ADHD), autismo y parálisis cerebral	N=211 en el total de 20 artículos	Rango de edad entre 5-16 años	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compromiso, motivación y adherencia al tratamiento</li> <li>Transferencia de las habilidades adquiridas a la vida diaria</li> <li>Seguridad en el tratamiento</li> <li>Habilidades extremidad superior</li> <li>Habilidades extremidad inferior: flexión dorsal de tobillo</li> <li>Control postural</li> <li>Sensación del tacto</li> </ul>	RV en 3D: HMDs (head-mounted devices) → dispositivos de interfaz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Interacción centrada en la retroalimentación</li> <li>Interacción basada en gestos: <ul style="list-style-type: none"> <li>IREX</li> <li>Sony-Eye Toy</li> <li>Nintendo Wii</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>20 artículos analizados.</li> <li>La RV mejora las variables dependientes analizadas así como el feedback terapeuta-paciente y la seguridad del tratamiento.</li> <li>Considera de mayor importancia la calidad del ejercicio y no la cantidad para obtener resultados satisfactorios.</li> </ul>
<b>Jane Galvin et al. 2011</b>	Revisión sistemática	Afección cerebral	N= 33	Rango de edad entre 4-15 años	<ul style="list-style-type: none"> <li>Control motor y rango de movimiento del miembro superior</li> <li>Actividades funcionales con el uso de una o ambas manos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>IREX sistem (Interactive Rehabilitation Exercise System)</li> <li>Sony Eye-Toy-Play Sistem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ligera mejora de la función motora del MMSS.</li> <li>Es necesaria una mayor investigación para determinar efectos a largo plazo.</li> </ul>
<b>Deepak Sharan et al. 2012</b>	Ensayo clínico controlado aleatorizado	Parálisis cerebral	N=16 <ul style="list-style-type: none"> <li>Grupo estudio (n=8)</li> <li>Grupo control (n=8)</li> </ul>	Media de edad <ul style="list-style-type: none"> <li>Grupo estudio: 8.88±3.23</li> <li>Controles: 10.38±3.23</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Equilibrio</li> <li>Habilidad manual</li> <li>Nivel de participación</li> <li>Satisfacción personal</li> <li>Motivación</li> </ul>	VRBT (Virtual Reality Based Therapy) <ul style="list-style-type: none"> <li>Nintendo Wii Sports</li> <li>Nintendo WiiFit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En ambos grupos hubo mejora significativa del equilibrio, medida por PBS (P&lt;0.001).</li> <li>- El efecto no es significativo en la</li> </ul>

						<p>- Grupo estudio: VRBT + rehabilitación convencional 3 días/sem durante 3 sem.</p> <p>- Grupo control: rehabilitación convencional 3 días/sem durante 3 sem.</p>	<p>habilidad manual (MACS) (<math>p &lt; 0.05</math>) Podemos decir que hay evidencia de mejora en el equilibrio de niños con PC mediante WiiFit incrementándose también la motivación, participación y cooperación.</p>
<b>Chen et al. 2013</b>	Ensayo clínico controlado aleatorizado	Parálisis cerebral espástica	<p>N=27</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupo estudio (n=13)</li> <li>• Grupo control (n=14)</li> </ul>	Rango de edad entre 6-12 años	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza muscular miembro inferior</li> <li>• Función motora</li> <li>• aBMD (área de densidad mineral ósea)</li> </ul>	<p>HVCT (home-based Virtual Cycling Training)</p> <p>- Grupo estudio: ciclismo virtual 40 min/día, 3 veces/sem, 12 semanas (5 min calentamiento, levantarse y sentarse 20 veces, 20 min de pedaleo con resistencia progresiva y 5 min de enfriamiento)</p> <p>- Grupo control: actividad física convencional bajo supervisión de padres, 30-40 min/día, 3 días/sem, 12 sem.</p>	<p>- En ambos grupos hubo mejora en la función motora (GMFM-66) pero de forma poco significativa (<math>p = 0,303</math>)</p> <p>- En el grupo estudio se evidenció mejora en la fuerza del MMII (flexores, <math>p = 0,002</math> y extensores <math>p = 0,023</math>) y abdominales (<math>p = 0,17</math>)</p> <p>- El grupo control obtuvo aumento de fuerza en los extensores de la rodilla, pero no en flexores ni abdominales.</p> <p>- La densidad mineral ósea de fémur se incrementó en el grupo estudio (<math>p = 0,022</math>), con efectos a largo plazo significativos, mientras que en el grupo control descendió.</p>

Estudio	Tipo de estudio	Área	Tamaño muestral (N)	Edad de la muestra	Variables dependientes consideradas	Técnica de RV	Resultados obtenidos
<b>Ryu, J.-H. et al. 2017</b>	Ensayo clínico controlado aleatorizado	Ansiedad y miedo preoperatorios	N=69 <ul style="list-style-type: none"> <li>Grupo estudio (n=34)</li> <li>Grupo control (n=35)</li> </ul>	Rango de edad entre 4-10 años	<ul style="list-style-type: none"> <li>Actitud y comportamiento pre-anestesia</li> <li>Actitud y comportamiento durante anestesia</li> </ul>	RV- guided tour (RV-tour guiado) con cámaras de RV GoPro Hero 4 - Grupo estudio: vídeo de RV 360° que muestra a un pequeño pingüino que presenta el quirófano y todo lo que hay en él - Grupo control: recibe información convencional acerca de la anestesia y operación.	Reducción significativa ( $p<0.001$ ) de un 20% de la puntuación de ansiedad pre-operatoria y pre-anestesia en el grupo estudio. Durante la anestesia hay también diferencia significativa entre ambos grupos en el estrés y respuesta del organismo ( $p<0.001$ ), teniendo el grupo de estudio mejor comportamiento y sumisión ante ésta.
<b>L. Dahlquist et al 2007</b>	Ensayo clínico controlado aleatorizado	Dolor	N=40	Rango de edad entre 5-13 años	<ul style="list-style-type: none"> <li>Umbral/límite de dolor</li> <li>Tolerancia al dolor</li> </ul> Medidas en tres grupos distintos: <ul style="list-style-type: none"> <li>Distracción interactiva con RV (G1)</li> <li>Distracción pasiva con RV (G2)</li> <li>Sin distracción (G3)</li> </ul>	Dispositivos de RV en 3D: HMDH (head mounted display helmet) - Grupo 1: utilizan un joystick para jugar un videojuego mostrado a través de un casco con pantalla de VR en 3D con auriculares integrados. - Grupo 2: también llevan el casco pero en lugar de jugar al videojuego, ven pre-grabados.	Los resultados sugieren que tanto la distracción interactiva como la pasiva interfieren en el proceso del dolor, pero el uso de RV de forma interactiva proporciona manejo efectivo del dolor agudo, tanto en tolerancia ( $p<0,001$ ) como umbral ( $p<0,001$ ) Es necesaria investigación adicional para determinar el grado en el que otros tipos de RV pueden mejorar aún más el manejo del dolor.

Estudio	Tipo de estudio	Área	Tamaño muestral (N)	Edad de la muestra	Variables dependientes consideradas	Técnica de RV	Resultados obtenidos
<b>L. Dahlquist et al 2009</b>	Ensayo clínico controlado aleatorizado	Dolor	N=41	Rango de edad entre 6-14 años <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupo estudio: 6-10 años</li> <li>• Grupo control: 11-14 años</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umbral/límite de dolor</li> <li>• Tolerancia al dolor</li> </ul>	Dispositivos de RV en 3D: HMDH (head mounted display helmet) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grupo estudio: Distracción con dispositivo de RV (casco)</li> <li>- Grupo control: Distracción sin dispositivo de RV.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La tolerancia al dolor mejora en ambos grupos (con y sin RV), aunque hay diferencia significativa en los niños de mayor rango de edad que en los de menor (p=0,05), por lo que también podemos decir que la mejora de la tolerancia al dolor con RV depende de la edad (mayor edad, mayor tolerancia).</li> <li>- No ocurre lo mismo con el umbral de dolor, el cual no depende de la edad del sujeto.</li> </ul>
<b>Miller et al. 2010</b>	Ensayo clínico controlado aleatorizado	Quemaduras agudas	N=80	Rango de edad entre 3-10 años	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dolor durante el cambio de apósito</li> </ul>	MMD (multimodal device) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hand-held console (consola de mano)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Hubo diferencias significativas de mejora (p&lt;0,001) en la intensidad y cantidad de dolor durante el cambio de apósito entre los grupos que utilizaron la RV como elemento preparador y de distracción y los que no.</li> </ul>

Estudio	Tipo de estudio	Área	Tamaño muestral (N)	Edad de la muestra	Variables dependientes consideradas	Técnica de RV	Resultados obtenidos
<b>Brown et al. 2014</b>	Ensayo clínico controlado aleatorizado	Quemaduras agudas	N=75 <ul style="list-style-type: none"> <li>Grupo estudio (n=35)</li> <li>Grupo control (n=40)</li> </ul>	Rango de edad entre 4-12 años	<ul style="list-style-type: none"> <li>Epitelización</li> <li>Dolor</li> <li>Ansiedad</li> </ul>	<p>DITTO (hand-held electronic medical device)</p> <p>- Grupo estudio: mientras se lleva a cabo el cuidado de la herida, están distraídos en la elección y disfrute de juegos interactivos de RV con el dispositivo DITTO</p> <p>- Grupo control: distracción estándar con personal de enfermería junto con televisión, libros o juguetes.</p>	<p>- En el primer cambio de apósito, el grupo DITTO obtuvo una epitelización más rápida (p=0.046), intensidad de dolor más baja (p=0.052) y grado de ansiedad menor (p=0.051) que el grupo control, el cual recibió medios de distracción estándar (juguetes, libros...)</p> <p>- Durante el segundo y tercer cambio de apósito, las puntuaciones correspondientes a la intensidad de dolor y ansiedad fueron 1 punto más bajas en el grupo de estudio.</p>
<b>Karin Brüttsch et al. 2010</b>	Ensayo clínico controlado aleatorizado	Rehabilitación motora y discapacidad	N=18 <ul style="list-style-type: none"> <li>Trastornos neurológicos de la marcha (n=10)</li> <li>Sujetos sanos (n=8)</li> </ul>	Rango de edad entre 8-16 años	Rendimiento y mejora de la marcha	<p>Sistema Dolby 7.1 instalado en órtesis Lokomat</p> <p>Escenario de fútbol virtual con elementos de interacción con Lokomat durante la marcha</p>	<p>- El uso de RV provoca efecto inmediato en la activación y mejora de la marcha, similar al efecto resultante de las indicaciones verbales continuas de terapeutas durante la marcha sin usar RV (p&lt;0.001)</p> <p>-Aumenta la participación activa usando RV o indicaciones de terapeutas (p&lt;0.001)</p>

							- La motivación es mayor con el uso de RV en comparación con únicamente las indicaciones del terapeuta (p<0.001)
<b>Leon M.Straker et al. 2011</b>	Ensayo clínico controlado aleatorizado	Trastornos en el desarrollo de la coordinación motora	N=30 <ul style="list-style-type: none"> <li>Grupo estudio (n=15)</li> <li>Grupo control (n=15)</li> </ul>	Rango de edad entre 10-12 años	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coordinación motora</li> <li>Actividad física y sedentarismo</li> <li>Coordinación en el día a día</li> <li>Autoconfianza, ansiedad y depresión</li> </ul> <p>En población pediátrica con trastornos en el desarrollo de la coordinación</p>	<p>Juegos electrónicos virtuales activos mediante:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Play Station 3 con dispositivo de entrada Move and Eye</li> <li>Microsoft Xbox 360 con dispositivo de entrada Kinect</li> </ul> <p>- Grupo estudio: juegos electrónicos activos durante 16 semanas</p> <p>- Grupo control: juegos no electrónicos durante 16 semanas.</p>	Aumento y mejora de la coordinación motora, coordinación en el día a día (p<0,001), actitudes frente a la actividad física y medidas de salud mental cuando los niños acceden a juegos electrónicos que impliquen el movimiento activo mediante dispositivos de RV. Utilizar este tipo de herramientas evita la reducción del movimiento que obtienen los niños al utilizar juegos electrónicos corrientes.
<b>Yasser Salem et al. 2012</b>	Ensayo clínico controlado aleatorizado	Retraso en el desarrollo	N=40 <ul style="list-style-type: none"> <li>Grupo estudio (n=20)</li> <li>Grupo control (n=20)</li> </ul>	Rango de edad entre 3-5 años	<ul style="list-style-type: none"> <li>Velocidad de la marcha</li> <li>Tiempo en levantarse</li> <li>Mantenimiento de postura unipodal</li> <li>Sedestación-bipedestación</li> <li>Subida y bajada de escaleras</li> <li>Dos minutos marcha</li> <li>Fuerza manual</li> </ul>	<p>Nintendo Wii SportsTM and Nintendo Wii FitTM,</p> <p>- Grupo estudio: Nintendo Wii SportsTM and Nintendo Wii FitTM,</p> <p>- Grupo control: Rehabilitación tradicional (equilibrio,</p>	Mejoras significativas del grupo de estudio en la postura unipodal (p=0.017) y fuerza manual derecha (p=0.024) e izquierda (p=0.043) El resto de variables no fueron significativas pero si se observa mayor tendencia a la mejora en el grupo de estudio.

						marcha, control motor y transiciones)	Se apoya el uso de la wii como herramienta terapéutica viable, segura y potencialmente eficaz para aumentar y mejorar la rehabilitación en niños con retraso en el desarrollo.
<b>Heutinck et al. 2018</b>	Ensayo clínico controlado aleatorizado	Distrofia muscular de Duchenne	N=16 <ul style="list-style-type: none"> <li>Grupo estudio (n=7)</li> <li>Grupo control (n=9)</li> </ul>	Rango de edad entre 12-16 años	Función motora del miembro superior	Playstation II, con Eye Toy y soporte dinámico para brazo (Gainboy Focal Meditech B.V) <p>- Grupo estudio: Entrenamiento de gravedad compensada en 3D para el MMSS en 15 minutos por sesión, 5 sesiones/semana durante 20 semanas. El entrenamiento consistía en juegos de RV usando un soporte dinámico para brazo.</p> <p>-Grupo control: Cuidados estándar (sin intervenciones específicas) durante 20 semanas.</p>	- Las diferencias fueron significativas en el rango de movimiento del codo (p=0.018) y fuerza a la extensión de éste (p=0.038), mejorando en el grupo estudio y empeorando en el control. <p>- El entrenamiento con RV reduce la pérdida de rango de movimiento y fuerza (p=0.063)</p> <p>-Hubo mayor dependencia a la silla de ruedas en sujetos del grupo control, por lo que la RV proporciona un estilo de vida más activo (p=0.015).</p>
<b>Friederike Blume et al. 2017</b>	Ensayo clínico controlado aleatorizado	Hiperactividad	N=90 <ul style="list-style-type: none"> <li>G1 (n=30)</li> <li>G2 (n=30)</li> <li>G3 (n=30)</li> </ul>	Rango de edad entre 6-10 años	<ul style="list-style-type: none"> <li>Habilidades de autocontrol</li> <li>Comportamiento</li> <li>Rendimiento escolar</li> </ul>	Aula de RV mediante HMD (head-mounted display) <p>- G1: aula de RV en 3D+ HMD + NIRS + electrodos con programa de entrenamiento de 45</p>	- El entrenamiento con RV en una clase virtual provoca respuestas psicológicas y de comportamiento que se darían de igual forma en la vida real.

						<p>minutos y fase de estímulo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- G2: aula de RV en 2D (sin HMD)</li> <li>- G3: no cuenta con dispositivo de RV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de la motivación produciendo mayor eficacia del entrenamiento cognitivo al alterar la actividad de la corteza pre-frontal (control conductual)</li> <li>- Mejora del comportamiento, función ejecutiva, autocontrol y por tanto mejora del rendimiento escolar.</li> </ul>
<b>Bashiri et al. 2017</b>	Revisión bibliográfica	Hiperactividad	N= 696 en un total de 20 artículos	Rango de edad entre 6-16 años	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Habilidades cognitivas</li> <li>• Comportamiento</li> <li>• Motivación</li> </ul>	Aula de RV mediante HMD (head-mounted display)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtención de progreso constante en el tratamiento al proporcionar estímulos específicos que disminuyen las distracciones y mantienen la concentración</li> <li>- Mejora del rendimiento cognitivo: memoria, atención y función ejecutiva</li> <li>- Mejora de la respuesta y disminución de los problemas de comportamiento.</li> </ul>
<b>Johansen et al. 2014</b>	Ensayo clínico controlado aleatorizado	Obesidad	N=61 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupo estudio (n=33)</li> <li>• Grupo control (n=28)</li> </ul>	Rango de edad entre 8-11 años	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actividad física realizada (tiempo total)</li> <li>• Cambio de hábitos de actividad a largo plazo</li> <li>• Interacción con la mascota virtual</li> </ul>	<p>Mascota virtual</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Xbox 360</li> <li>• EyePet (Sony PlayStation 3)</li> </ul> <p>- Grupo estudio: mascota virtual + monitores de actividad+ interfaz de</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El grupo estudio obtuvo mayor actividad física total que el grupo control (p&lt;0.001)</li> <li>- El grupo estudio obtuvo mayor interacción con el sistema (p&lt;0.001)</li> </ul>

						<p>establecimiento de objetivos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grupo control: monitores de actividad+ interfaz de establecimiento de objetivos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de la motivación por la realización de actividad física con el uso de RV</li> <li>- Los sujetos son conscientes de que han aumentado su actividad gracias a este sistema</li> <li>- Los efectos obtenidos se mantienen a largo plazo.</li> </ul>
<b>Wuang et al.</b>	Ensayo clínico controlado aleatorizado	Síndrome de Down	<p>N=155</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupo estudio (n=53)</li> <li>• Grupo estudio 2 (n=52)</li> </ul> <p>Grupo control (n=50)</p>	Rango de edad entre 7-12 años	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control motor (escala BOT-2) <ul style="list-style-type: none"> <li>- motricidad fina</li> <li>- coordinación manual</li> <li>- coordinación corporal</li> <li>- fuerza y agilidad</li> </ul> </li> <li>• Percepción visual y coordinación motora (escala VMI)</li> <li>• Función sensorial (escala TSIF): <ul style="list-style-type: none"> <li>- Control postural</li> <li>- Integración bilateral</li> <li>- Discriminación sensorial</li> <li>- Modulación sensorial</li> <li>- Búsqueda sensorial</li> <li>- Atención y comportamiento sensorial</li> </ul> </li> </ul>	<p>VRWii (Virtual reality using Wii gaming technology)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-G1: Nintendo Wii</li> <li>-G2: SOT (balanceo lineal y circular, la percepción táctil, la integración bilateral y secuenciación, y reacciones de equilibrio)</li> <li>- G3: control</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El G1 superó al G2 en todas las variables de la escala BOT-2 y en la TSIF exceptuando la discriminación sensorial en esta última (p&lt;0,003)</li> <li>- En la escala VMI tanto el G1 como el G2 fueron superiores al grupo control (p&lt;0,003)</li> <li>- El uso de RV optimiza el procesamiento sensorial y motor</li> <li>- El uso de Nintendo Wii supone una oportunidad constante para integrar estímulos visuales, vestibulares y propioceptivos</li> <li>- La RV supone un aporte de motivación y alegría a la terapia.</li> </ul>

RV: realidad virtual, HMDs: head-mounted devices, IREX: sistema interactivo de rehabilitación y ejercicio, VRBT: virtual reality based therapy, PBS: pediatric balance score, MACS: manual ability classification system , PC: parálisis cerebral, aBMD: área de densidad mineral ósea, HVCT: home-based virtual cycling training, GMFM-66: gross motor function measure-66, MMII: miembro inferior, RV- guided tour: RV-tour guiado, HMDH: head mounted display helmet, G: grupo, MMD: multimodal device, HMD: head-mounted display, NIRS: near-infrared spectroscopy, SOT: estandar occupational therapy.

## 4. Discusión

El objetivo de esta revisión bibliográfica fue analizar los estudios publicados sobre RV como herramienta terapéutica en pacientes pediátricos con rango de edad entre 0-16 años.

En esta revisión se incluyeron 3 revisiones sistemáticas, 1 revisión bibliográfica y 15 ECCA.

En los seis primeros artículos se incluyeron pacientes pediátricos con PCI. En un número de 5 artículos se presentaron evidencias sobre dolor, ansiedad y miedo. La rehabilitación motora englobó también trastornos de la coordinación y retrasos en el desarrollo en un total de 3 artículos. El trastorno de hiperactividad se recogió en dos artículos y finalmente, Síndrome de Down, Duchenne y obesidad contaron con un artículo cada uno.

En cuanto a los métodos empleados como RV se utilizaron: Nintendo Wii en seis estudios, sistemas IREX (Sistema Interactivo de Rehabilitación y Ejercicio) en dos y HVCT (sistema virtual de ciclismo) en uno. En los sistemas HMDs (Head-Mounted Devices), incluidos en tres artículos, se debe integrar también el sistema HMDH ya que se trata de un casco virtual, por lo que se considera un elemento para la cabeza. Ambos sistemas se aplican en 5 de los artículos seleccionados, considerándose de gran interés por la cantidad de estímulos sensoriales visuales y auditivos que otorgan. El sistema SonyEyeToy fue utilizado en tres artículos, combinado también con PlayStation2 y PlayStation3, incluyéndose éstas en tres artículos. Xbox360 fue empleada en dos artículos y los sistemas de distracción MMD, entre los que se incluye DITTO, en dos. Por último, el tour guiado, el cual podría considerarse también como HMDs, y el sistema de ortesis Lokomat cuentan con un artículo cada uno.

En la afección cerebral se recurrió al sistema de Wii y Wii Balance Board, permitiendo el acceso a feedbacks sensoriales y visuales. Con este sistema también se estimula y modifica el centro de presión corporal otorgando los resultados obtenidos en función motora, equilibrio y control postural por la modificación de propioceptores<sup>3,23</sup>. Con sistemas como IREX y HDMs también se consiguen estas mejoras pero sin incidir en el centro de presiones, siendo el elemento responsable el aumento de la movilidad que otorga mayor funcionalidad de las extremidades además de una progresión de los ejercicios adecuada y controlada según el objetivo del terapeuta<sup>22</sup>.

En ansiedad y miedo preoperatorios solo utilizó el sistema de RV-guided tour, herramienta adecuada para presentar de manera positiva el entorno y normalizar la intervención y el momento de la anestesia<sup>6</sup>.

Para el manejo del dolor agudo se apeló al método de distracción interactiva mediante el sistema HMDH, tratando de modificar tolerancia y umbral por distracción multisensorial, en la que se dirigen los procesos corticales al sistema virtual y no al proceso de dolor<sup>7,27</sup>. Con el uso de juegos virtuales se consigue un bloqueo de los dominios sensoriales asociados a los estímulos del dolor agudo ya que cuanto más atención exija el elemento virtual, menor es la capacidad de atención disponible para procesar el estímulo doloroso<sup>7</sup>.

El método de distracción también se utilizó en la unidad de quemados con el uso de juegos interactivos mediante dispositivos MMD con el objetivo de disminuir el grado de dolor y ansiedad y en la epitelización del tejido<sup>9,10</sup>.

En el área de rehabilitación motora y coordinación se recurrió a juegos electrónicos activos (Xbox360, Wii y PlayStation) y al sistema de órtesis interactiva Lokomat junto con un escenario de fútbol virtual. Con ambos sistemas se obtuvieron beneficios en habilidades motoras, marcha y coordinación, pero en comparación con el sistema de órtesis interactiva Lokomat, el uso de juegos virtuales mediante las videoconsolas anteriormente citadas supone un medio más accesible y económico, siendo el dispositivo de elección en la mayoría de los casos con gran éxito en el tratamiento<sup>13,14</sup>. Para que estas mejoras en el desarrollo motor puedan producirse, se requiere la maduración de nervios y sistemas musculares además de una correcta motricidad gruesa. En este aspecto se diferencia la RV de los videojuegos convencionales ya que la RV implica un alto nivel de integración visual-espacial, proporcionando experiencias motoras gruesas que no están disponibles en un entorno tradicional. La correcta motricidad provoca la maduración del complejo motor, originándose las mejoras en el desarrollo<sup>13</sup>.

En la Distrofia Muscular de Duchenne únicamente se comprobó la rehabilitación con el Sistema de PlayStation, concretamente del MMSS con soporte dinámico para el brazo. Representa una buena herramienta ya que incide en la pérdida de movimiento y fuerza del MMSS característica de esta enfermedad<sup>15</sup> por la necesidad precoz de silla de ruedas. La mejora en el ROM del MMSS y fuerza de codo le permiten mantener una cierta activación y seguir realizando actividades de la vida diaria como comer, conservando por tanto la funcionalidad. Además, el tratamiento constituye una forma de realizar actividad física diaria, algo que supone un reto para este tipo de población pediátrica<sup>15</sup>. Así mismo podemos considerar que además de las mejoras en el MMSS, esta técnica aporta efectos globales como una mayor independencia y un aumento de la actividad dentro de la limitación provocada por la silla de ruedas.

En el trastorno de hiperactividad ambos artículos se basan en el aula de RV mediante HMD, considerándose la mejor opción ya que “proporciona estímulos específicos que disminuyen las distracciones y mantienen la concentración”<sup>18</sup> dependiendo de los objetivos del terapeuta. La opción de que el terapeuta pueda determinar la cantidad y calidad de los estímulos en función del paciente constituye un elemento clave en el éxito del tratamiento, ya que en este tipo de niños varía en gran medida el estado de ánimo de una sesión a otra.

En obesidad el objetivo fue conseguir la máxima actividad del paciente de una manera interactiva, por lo que la única evidencia detalla el uso de una mascota virtual, herramienta considerada de calidad ya que se consiguió el aumento de la actividad de una manera lúdica y mejorando los hábitos de vida<sup>29</sup>. La motivación de ejercitar a su mascota y mantenerla saludable es transferida a su propia persona, ahí el éxito de este sistema.

En el Síndrome de Down se investigaron los efectos de Nintendo Wii, la cual permite influir y reforzar capacidades motoras, sensoriales y perceptivas<sup>21</sup> que están disminuidas o ausentes en esta enfermedad. Esta patología cuenta con numerosas carencias, y este sistema virtual permite abarcar la mayoría de ellas de una manera sencilla y lúdica.

En lo referente a las variables dependientes estudiadas, se consideró la transferencia de habilidades a la vida diaria y la cantidad de actividad física realizada en dos estudios. El control postural y equilibrio, así como motivación y adherencia al tratamiento, habilidad de MMSS y MMII, habilidad manual y motricidad fina, y umbral y tolerancia al dolor, fueron evaluados en 4 artículos cada uno. La función motora y coordinación fueron evaluadas en seis artículos, mientras que la actitud y comportamiento del paciente en cinco. Por otro lado, tanto como la densidad mineral ósea, la función sensorial y seguridad, fueron evaluados en uno. Cabe destacar que seguridad y motivación se encuentran en los resultados de todos los artículos.

La afección cerebral, considerada como la patología neurológica no progresiva más frecuente en la población pediátrica<sup>3</sup>, ha mostrado mejoras con el uso de la RV en las variables de déficits motores y control postural. Además de la mejora en la función motora, incluyéndose la funcionalidad de MMSS, MMII, también se vio incrementada la capacidad de transferir las habilidades adquiridas en el entrenamiento virtual a la vida real. Esta transferencia se obtiene de forma segura, ya que los entornos virtuales están dotados de gran seguridad y control por parte del terapeuta, pudiendo acceder a situaciones consideradas como inaccesibles e inseguras en este tipo de población en el entorno real. Otro elemento característico de la terapia con sistemas virtuales es el feedback establecido entre el terapeuta y paciente, creando un entorno más familiar y mejorando la participación y, por lo tanto, creando adherencia al tratamiento, elemento clave y determinante en el éxito

de la terapia. Estas mejoras podrían deberse al tipo de feedback otorgado, tipo sensorial y visual, estimulando la actividad cerebral y produciendo ajustes y cambios necesarios en el organismo, viéndose sobre todo influenciado el control postural y la función motora. Haciendo referencia a un tipo de técnica específica, se ha demostrado que, a pesar de todas las mejoras que otorga, el uso de Nintendo Wii no mejora la habilidad manual, así como el sistema HVTC tampoco incrementa el índice de densidad mineral ósea lumbar, pero sí en el de fémur. Sin incidir en un sistema en concreto, se acredita a la RV como herramienta potencial en neurorehabilitación pero con una mayor investigación necesaria asociada, para poder determinar en mayor medida el grado en el que las habilidades ganadas, concretamente en el MMSS, son transferidas a la vida diaria.

El uso de la RV en pacientes con afección cerebral se considera un acierto ya que se consigue el acceso a los déficits característicos de esta enfermedad, tanto motores, como son todos los relacionados con el movimiento y coordinación (variaciones del tono, alteración en hitos motores...) como cognitivos (alteraciones sensoriales, retraso mental en ocasiones...). Estas mejoras podrían deberse al fenómeno definido como plasticidad cerebral, ya que “un cerebro en desarrollo puede potenciar y desarrollar si se trabaja adecuadamente áreas cerebrales sanas para suplir a otras defectuosas y así aliviar la sintomatología”. La RV potencia la plasticidad ya que además de incluir trabajos motores y cognitivos, lo hace de una forma interactiva, por lo que el niño trabaja divirtiéndose, impulsando aún más la terapia.

La ansiedad preoperatoria es un hecho que afecta a más del 50% de los niños que deben someterse a un procedimiento quirúrgico<sup>6</sup>. Con el uso de un tour virtual por el entorno quirúrgico se mejora la actitud del paciente antes y durante la anestesia, observándose también mejoras en el comportamiento durante el posoperatorio y acelerando y haciendo más liviana la recuperación<sup>5,6</sup>.

Con dispositivos HMDH se influye en el proceso del dolor mediante técnicas de distracción, comprobando que la tolerancia al dolor depende en mayor medida de la edad del paciente que del sistema de distracción en sí. El umbral no depende de la edad del sujeto, por lo que se considera que la terapia virtual es significativa en el proceso y umbral del dolor. La RV debe su éxito a que ofrece distracción multisensorial, incluyendo sensaciones táctiles y cinestésicas al contrario que sistemas de distracción convencionales que solo aportan estímulos visuales y auditivos<sup>7</sup>.

Por otro lado, se considera que es necesaria mayor investigación para comprobar los beneficios obtenidos con otras técnicas distintas al HMDH.

En la unidad de pacientes quemados se evidenció la capacidad de sistemas de distracción MMD (en la mayoría de casos consolas de mano) para reducir la intensidad y cantidad de dolor así como la ansiedad provocada por el cambio de apósito. Se encontraron diferencias significativas respecto al grupo que recibió distracción convencional. El grado de epitelización también fue mayor. Mediante la distracción del paciente se atenúa el dolor durante el cambio de apósito a la vez que hace más liviano el proceso de cura tanto para paciente como para terapeuta, ya que la ansiedad generada por dicho proceso es mucho menor.

En el área de rehabilitación motora, trastornos en la coordinación y retrasos en el desarrollo los sistemas virtuales sometidos a evaluación han sido Sistemas Dolby, Playstation3, Xbox360 (Kinect) y Nintendo Wii. El resultado de la inclusión de la RV en los pacientes fue un aumento de la capacidad motora y coordinación, tanto en habilidades motoras específicas como en actividades de la vida diaria. Se evidenció también una mayor tendencia a la mejora del grupo estudio en numerosas variables motoras, como el rendimiento y velocidad de la marcha, el mantenimiento de la postura, y la calidad de las transferencias posturales y el tiempo en llevarlas a cabo (tabla 2). A diferencia de Leon M.Straker et al. (2011)<sup>13</sup> y Yasser Salem et al. (2012)<sup>14</sup> los cuales hacen referencia a la mejora de numerosas variables motoras, Karin Brüttsch et al. (2010)<sup>28</sup> solo evidencia la mejora de la marcha, sin incluir capacidades como el mantenimiento de la postura, la coordinación diaria o la auto-confianza. Esto puede deberse a la elección del autor, ya que un mayor rendimiento y mejora de la marcha incluye las capacidades anteriores. Fueron significativas también respecto al grupo control la función manual tanto derecha como izquierda y el mantenimiento de la postura unipodal. Una vez más, también se mostró aumento de participación activa así como de la motivación y adherencia al tratamiento. Esta adherencia potencia los resultados y mejora la actitud infantil, consiguiendo una instauración de hábitos de vida activos, impulsando la salud a largo plazo. Por todas estas razones, se consideran estas herramientas como viables, seguras y potencialmente eficaces para aumentar y mejorar la rehabilitación en niños con retraso del desarrollo<sup>14</sup>.

Para el trastorno de hiperactividad se utilizaron dispositivos HMD en un entorno virtual elegido. Esto permite al terapeuta provocar situaciones y estímulos concretos. Al tener este control, se obtienen respuestas de comportamiento controladas, atenuándose los problemas de conducta característicos de este desorden. También se consigue un progreso constante porque el terapeuta juega con la concentración y motivación del niño, en parte gracias al dinamismo y atracción de la RV, provocando cambios en la corteza prefrontal reforzándose así el autocontrol conductual del paciente.

En pacientes diagnosticados de Duchenne, se observó un aumento del rango de movimiento del MMSS con el uso de PlayStation2. Este progreso se debió a la mejora del rango de movimiento del codo y de la fuerza a la extensión. La funcionalidad del MMSS no se ve aumentada, pero si se considera que evita la pérdida de ésta a largo plazo. Este progreso conlleva una prolongación de la capacidad de independencia ya que permite seguir ejecutando actividades de la vida diaria como comer. Las futuras líneas de investigación están destinadas a estudiar frecuencia e intención de las actividades diarias y sesiones de tratamiento para comprobar la transferencia de habilidades<sup>15</sup>.

En la obesidad se comprobó que los niños adquirirían hábitos de vida activos a largo plazo mediante el uso de una mascota virtual (Xbox360 y Playstation3) además de realizar mayor actividad física. Los beneficios en estos pacientes pudieron deberse al aumento de la motivación y a la concienciación de la importancia de la actividad física al observar la mejoría en la apariencia física de su mascota, siendo conscientes después del incremento de su actividad mejorando por tanto su autoestima<sup>29</sup>.

En el síndrome de Down la evidencia científica es muy escasa porque la mayor parte de los estudios hacen referencia a la población adulta. Lo poco recogido sobre niños informa sobre una mejora de la coordinación, motricidad fina, fuerza y agilidad del grupo estudio respecto al grupo control con el uso de Nintendo Wii. También hubo diferencias significativas con dicho grupo en el control postural, en la atención y comportamiento emocional y en la modulación sensorial<sup>21</sup>. Es decir, el uso de la RV da lugar a una optimización del procesamiento sensorial y motor y sugiere una oportunidad constante para integrar estímulos visuales, vestibulares y propioceptivos. Por otra parte, se encontró que la percepción visual y coordinación motora no debían su mejora exclusivamente a la RV, ya que también mejoraron con otro tipo de terapias<sup>21</sup>.

Por último, cabe destacar que en todas las patologías evaluadas, la motivación juega un papel fundamental en el progreso y éxito del tratamiento. El uso de la RV como herramienta terapéutica otorga a la terapia dinamismo, ofreciendo ahí un elemento motivador. Además de impulsar la terapia, la motivación influye en la actividad prefrontal, provocando cambios a nivel cognitivo. Asimismo, la RV está considerada una herramienta segura ya que permite el acceso a entornos calificados como peligrosos y la adquisición de habilidades en este ambiente, siendo posible su traspaso a la vida real.

Este estudio presenta varias limitaciones. Una de ellas ha sido la limitación de la búsqueda por los criterios de inclusión elegidos, ya que se encontraron numerosas series de casos y casos clínicos (criterios de exclusión), así como grupos poblacionales que no cumplían los requisitos por superar el rango de edad establecido, limitando la cantidad total

de evidencia. También la ausencia de parámetros homogéneos entre estudios en cuanto a la duración, frecuencia e intensidad de las sesiones con RV que no permiten comparar diferentes tipos de aplicación, también ha supuesto una limitación la falta de homogeneidad en cuanto al tipo de dispositivos empleados.

Este trabajo abre un campo para futuras líneas de investigación, ya que es evidente que la RV puede ser una herramienta potencial en auge para el empleo en fisioterapia. En este sentido sería interesante estudiar los parámetros de frecuencia, duración e intensidad de las sesiones así como los efectos a largo plazo diferenciándolos de las terapias convencionales. También sería interesante conocer los beneficios con cada sistema específico de RV para que el fisioterapeuta pueda elegir el tipo de sistema en función de la alteración de cada paciente.

## 5. Conclusiones

- Los resultados de esta revisión parecen reflejar mejoras en la función motora, equilibrio, control postural y transferencia de habilidades a la vida diaria tras aplicar realidad virtual basada en Nintendo Wii en pacientes en edad pediátrica con afectación cerebral.
- Los resultados de la presente revisión muestran efectos positivos en la funcionalidad de extremidades y control postural, además de incrementar la sensibilidad táctil y el feedback fisioterapeuta-paciente tras el empleo de sistemas Head-Mounted Display en pacientes en edad pediátrica con afectación cerebral.
- Los resultados de esta revisión reflejan la mejora de la fuerza de MMII con el uso del sistema Home-Based Virtual Cycling training en pacientes pediátricos con afectación cerebral.
- Los resultados de la presente revisión muestran efectos positivos en la actitud antes y durante la administración de anestesia tras aplicar realidad virtual consistente en tour guiado virtual en pacientes pediátricos que presentan miedo y ansiedad a una intervención quirúrgica.
- Los resultados de la presente revisión muestran efectos positivos en el manejo del dolor agudo en pediatría influyendo más en umbral que en tolerancia tras aplicar realidad virtual consistente en sistemas Head Mounted Display Helmet.
- Los resultados de la presente revisión muestran efectos positivos en la intensidad y cantidad de dolor tras aplicar realidad virtual consistente en sistemas de distracción MultimodalDevice en pacientes en edad pediátrica en la unidad de quemados.

- Los resultados de la presente revisión muestran efectos positivos en la capacidad motora, coordinación, control postural y función manual junto con disminución del sedentarismo tras aplicar realidad virtual consistente en PlayStation3, Xbox360 y Nintendo Wii en pacientes pediátricos con trastornos motores, trastornos en la coordinación, retraso en el desarrollo.
- Los resultados de esta revisión parecen reflejar mejoras en el control conductual, en la concentración y en las respuestas automáticas de comportamiento tras aplicar realidad virtual consistente en dispositivos Head Mounted Devices en pacientes pediátricos con hiperactividad.
- Los resultados de esta revisión parecen reflejar el aumento de la funcionalidad y de la fuerza del miembro superior a largo plazo y mejoras en el rango de movimiento tras aplicar realidad virtual consistente en PlayStation2 en pacientes pediátricos con Distrofia Muscular de Duchenne.
- Los resultados de esta revisión parecen reflejar la creación de hábitos de vida activos y un aumento de la actividad física tras aplicar realidad virtual consistente en Xbox360 y Play Station3 mediante mascota virtual en pacientes en edad pediátrica con obesidad.
- Los resultados de esta revisión parecen reflejar mejoras en la coordinación, motricidad fina, fuerza y agilidad además de optimizar el procesamiento de estímulos tras aplicar realidad virtual consistente en Nintendo Wii en pacientes pediátricos con Síndrome de Down.
- Los resultados de la presente revisión muestran un aumento de la motivación, seguridad y adherencia al tratamiento tras aplicar cualquier tipo de realidad virtual como elemento asociado al tratamiento fisioterápico en pacientes pediátricos.

## 6. Bibliografía

1. Kyaw BM, Saxena N, Posadzki P, Vseteckova J, Nikolaou CK, George PP, et al. Virtual Reality for Health Professions Education: Systematic Review and Meta-Analysis by the Digital Health Education Collaboration. *J Med Internet Res* [Internet]. 2019 Jan 22 [citado 3 julio 2019];21(1):e12959.

Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30668519>

2. Khamis A, Novak I, Morgan C, Tzannes G, Pettigrew J, Cowell J, et al. Motor Learning Feeding Interventions for Infants at Risk of Cerebral Palsy: A Systematic Review. *Dysphagia* [Internet]. 2019 May 8 DOLO[citado 12 junio 2019];

Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s00455-019-10016-x>

3. Massetti T, Silva TD da, Ribeiro DC, Malheiros SRP, Ré AHN, Favero FM, et al. Motor learning through virtual reality in cerebral palsy - a literature review. *Med Express* [Internet]. 2014 [citado 20 febrero 2019];1(6):302–6.

Disponible en: <http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/MedicalExpress.2014.06.04>

4. Araújo PA de, Starling JMP, Oliveira VC, Gontijo APB, Mancini MC. Combining balance-training interventions with other active interventions may enhance effects on postural control in children and adolescents with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis. *Brazilian J Phys Ther* [Internet]. 2019 May [citado 12 junio 2019];

Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1413355518307950>

5. Kim J, Chiesa N, Raazi M, Wright KD. A systematic review of technology-based preoperative preparation interventions for child and parent anxiety. *Can J Anesth Can d'anesthésie* [Internet]. 2019 May 16 [citado 13 junio 2019];

Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s12630-019-01387-8>

6. Ryu J-H, Park S-J, Park J-W, Kim J-W, Yoo H-J, Kim T-W, et al. Randomized clinical trial of immersive virtual reality tour of the operating theatre in children before anaesthesia. *Br J Surg* [Internet]. 2017 Nov [citado 19 febrero 2019];104(12):1628–33.

Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28975600>

7. Dahlquist LM, McKenna KD, Jones KK, Dillinger L, Weiss KE, Ackerman CS. Active and passive distraction using a head-mounted display helmet: Effects on cold pressor pain in children. *Heal Psychol* [Internet]. 2007 Nov [citado 17 febrero 2019];26(6):794–801.

Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18020853>

8. Sil S, Dahlquist LM, Thompson C, Hahn A, Herbert L, Wohlheiter K, et al. The effects of coping style on virtual reality enhanced videogame distraction in children undergoing cold pressor pain. *J Behav Med* [Internet]. 2014 Feb 27 [citado 16 febrero 2019 Feb];37(1):156–65.

Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23184062>

**9.** Miller K, Rodger S, Bucolo S, Greer R, Kimble RM. Multi-modal distraction. Using technology to combat pain in young children with burn injuries. *Burns* [Internet]. 2010 Aug [citado 17 febrero 2019];36(5):647–58.

Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19889502>

**10.** Brown NJ, Kimble RM, Rodger S, Ware RS, Cuttle L. Play and heal: Randomized controlled trial of Ditto™ intervention efficacy on improving re-epithelialization in pediatric burns. *Burns* [Internet]. 2014 Mar [citado 16 febrero 2019];40(2):204–13.

Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24360745>

**11.** Miller K, Rodger S, Kipping B, Kimble RM. A novel technology approach to pain management in children with burns: A prospective randomized controlled trial. *Burns* [Internet]. 2011 May [citado 13 junio 2019];37(3):395–405.

Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030541791000327X>

**12.** Levac DE, Galvin J. Facilitating clinical decision-making about the use of virtual reality within paediatric motor rehabilitation: Application of a classification framework. *Dev Neurorehabil* [Internet]. 2011 Jun 9 [citado 16 febrero 2019];14(3):177–84.

Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21548859>

**13.** Straker LM, Campbell AC, Jensen LM, Metcalf DR, Smith AJ, Abbott RA, et al. Rationale, design and methods for a randomised and controlled trial of the impact of virtual reality games on motor competence, physical activity, and mental health in children with developmental coordination disorder. *BMC Public Health* [Internet]. 2011 Dec 18 [citado 16 febrero 2019];11(1):654.

Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21851587>

**14.** Salem Y, Gropack SJ, Coffin D, Godwin EM. Effectiveness of a low-cost virtual reality system for children with developmental delay: a preliminary randomised single-blind controlled trial. *Physiotherapy* [Internet]. 2012 Sep [citado 16 febrero 2019];98(3):189–95.

Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22898574>

**15.** Heutinck L, Jansen M, van den Elzen Y, van der Pijl D, de Groot IJM. Virtual Reality Computer Gaming with Dynamic Arm Support in Boys with Duchenne Muscular Dystrophy. *J Neuromuscul Dis* [Internet]. 2018 Aug 2 [citado 17 enero 2019];5(3):359–72.

Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29991140>

**16.** Massetti T, Fávero FM, Menezes LDC de, Alvarez MPB, Crocetta TB, Guarnieri R, et al. Achievement of Virtual and Real Objects Using a Short-Term Motor Learning Protocol in People with Duchenne Muscular Dystrophy: A Crossover Randomized Controlled Trial. *Games Health J* [Internet]. 2018 Apr [citado 19 febrero 2019];7(2):107–15.

Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29608336>

- 17.** Blume F, Hudak J, Dresler T, Ehlis A-C, Kühnhausen J, Renner TJ, et al. NIRS-based neurofeedback training in a virtual reality classroom for children with attention-deficit/hyperactivity disorder: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials* [Internet]. 2017 Dec 24 [citado 19 febrero 2019];18(1):41.  
Disponibile en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28118856>
- 18.** Bashiri A, Ghazisaeedi M, Shahmoradi L. The opportunities of virtual reality in the rehabilitation of children with attention deficit hyperactivity disorder: a literature review. *Korean J Pediatr* [Internet]. 2017 Nov [citado 1 febrero 2019];60(11):337.  
Disponibile en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29234356>
- 19.** Stiles-Shields C, Doyle AC, Le Grange D, Loeb KL. Family-Based Treatment for Pediatric Obesity: Case Study of an Adaptation for a Non-Psychiatric Adolescent Population. *J Contemp Psychother* [Internet]. 2019 Jun 17 [citado 14 junio 2019];49(2):111–8.  
Disponibile en: <http://link.springer.com/10.1007/s10879-018-9399-6>
- 20.** D’Innocenzo S, Biagi C, Lanari M. Obesity and the Mediterranean Diet: A Review of Evidence of the Role and Sustainability of the Mediterranean Diet. *Nutrients* [Internet]. 2019 Jun 9 [citado 14 junio 2019];11(6):1306.  
Disponibile en: <https://www.mdpi.com/2072-6643/11/6/1306>
- 21.** Wuang Y-P, Chiang C-S, Su C-Y, Wang C-C. Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in children with Down syndrome. *Res Dev Disabil* [Internet]. 2011 Jan [citado 16 febrero 2019];32(1):312–21.  
Disponibile en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21071171>
- 22.** Wang M, Reid D. Virtual Reality in Pediatric Neurorehabilitation: Attention Deficit Hyperactivity Disorder, Autism and Cerebral Palsy. *Neuroepidemiology* [Internet]. 2011 [citado 16 febrero 2019];36(1):2–18.  
Disponibile en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21088430>
- 23.** Gatica-Rojas V, Cartes-Velásquez R, Guzmán-Muñoz E, Méndez-Rebolledo G, Soto-Poblete A, Pacheco-Espinoza AC, et al. Effectiveness of a Nintendo Wii balance board exercise programme on standing balance of children with cerebral palsy: A randomised clinical trial protocol. *Contemp Clin Trials Commun* [Internet]. 2017 Jun [citado 20 febrero 2019];6:17–21. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2451865416300874>
- 24.** Sharan D, Ajeesh PS, Rameshkumar R, Mathankumar M, Paulina RJ, Manjula M. Virtual reality based therapy for post operative rehabilitation of children with cerebral palsy. *Work* [Internet]. 2012 [citado 16 febrero 2019];41 Suppl 1:3612–5.  
Disponibile en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22317271>

- 25.** Galvin J, McDonald R, Catroppa C, Anderson V. Does intervention using virtual reality improve upper limb function in children with neurological impairment: A systematic review of the evidence. *Brain Inj* [Internet]. 2011 May 14 [citado 16 febrero 2019];25(5):435–42.  
Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21401370>
- 26.** Chen C-L, Chen C-Y, Liaw M-Y, Chung C-Y, Wang C-J, Hong W-H. Efficacy of home-based virtual cycling training on bone mineral density in ambulatory children with cerebral palsy. *Osteoporos Int* [Internet]. 2013 Apr 28 [citado 16 febrero 2019];24(4):1399–406.  
Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23052930>
- 27.** Dahlquist LM, Weiss KE, Dillinger Clendaniel L, Law EF, Ackerman CS, McKenna KD. Effects of Videogame Distraction using a Virtual Reality Type Head-Mounted Display Helmet on Cold Pressor Pain in Children. *J Pediatr Psychol* [Internet]. 2009 Jun 1 [citado 17 febrero 2019];34(5):574–84.  
Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18367495>
- 28.** Brüttsch K, Schuler T, Koenig A, Zimmerli L, (-Koenike) SM, Lünenburger L, et al. Influence of virtual reality soccer game on walking performance in robotic assisted gait training for children. *J Neuroeng Rehabil* [Internet]. 2010 Dec 22 [citado 17 febrero 2019];7(1):15.  
Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20412572>
- 29.** Johnsen K, Ahn SJ, Moore J, Brown S, Robertson TP, Marable A, et al. Mixed reality virtual pets to reduce childhood obesity. *IEEE Trans Vis Comput Graph* [Internet]. 2014 Apr [citado 16 febrero 2019];20(4):523–30.  
Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24650979>