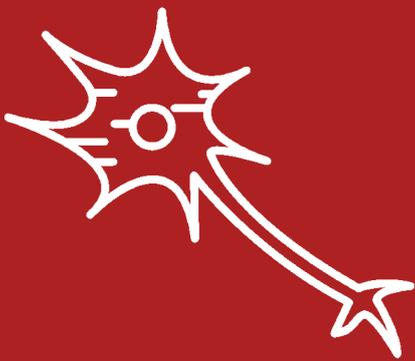


Prescripción de los programas de realidad virtual aplicados a pacientes con lesión motora de origen neurológico: una revisión sistemática.



Prescription virtual reality programs applied to patients with neurological injury motor origin: a systematic review

Lina María Díaz- Ayala | Fisioterapeuta, especialista en formación en neurorrehabilitación de la Escuela Colombiana de Rehabilitación- ECR | Bogotá D.C, Colombia

Jenny Andrea Rodríguez- Quintero | Fisioterapeuta, especialista en formación en neurorrehabilitación de la Escuela Colombiana de Rehabilitación- ECR | Bogotá D.C, Colombia | jenny_ro_12@hotmail.com

Recibido: 28 julio 2016
Aceptado: 1 agosto 2016
Publicado: 1 septiembre 2016

RESUMEN

Objetivo: identificar ante la literatura la prescripción utilizada en los programas de fisioterapia con realidad virtual (RV) en pacientes con lesión motora de origen neurológico.

Estrategia de búsqueda: se realizó una búsqueda de artículos que tuvieran las palabras clave “virtual reality exposure”, “virtual reality therapy”, “wii and physical therapy”, “neurorehabilitation and virtual reality”, en los buscadores Pubmed, Pedro, Science Direct.

Selección de estudios: para el criterio de elegibilidad de los artículos, se tuvo en cuenta que permitieran evidenciar la intensidad, frecuencia, duración de las sesiones y resultados de su aplicación.

Síntesis de resultados: se seleccionaron 30 artículos dentro de los cuales se encuentran estudios de caso y ensayos clínicos, que permitieron evidenciar ante la literatura la prescripción de los programas de fisioterapia con realidad virtual en pacientes con diferentes patologías neurológicas.

Conclusión: la evidencia demuestra la efectividad de prescribir realidad virtual en los programas de fisioterapia en pacientes con lesión motora de origen neurológico, pero es necesario seguir realizando investigaciones.

Palabras clave: Rehabilitación; realidad virtual; prescripción.

ABSTRACT

Objective: to identify from the literature, the prescription used in physical therapy programs with virtual reality in patients with neurological motor injury.

Search strategy: a search for items that have the keywords “virtual reality exposure”, “virtual reality therapy”, “wii and physical therapy”, “neurorehabilitation and virtual reality”, in the PubMed, Pedro, Science Direct search engines.

Study selection: for the eligibility criteria of the articles we choose evidence that allowed the intensity, frequency, duration of sessions and statistics of its application.

Summary of results: 30 articles are

selected, case studies and clinical trials that allowed evidence that exist already literature about rehabilitation programs with virtual reality in patients with different neurological diseases.

Conclusion: the evidence demonstrates the effectiveness of prescribing virtual reality in rehabilitation programs in patients with motor neurological injury origin, but we need continue research.

Keywords: Rehabilitation; virtual reality; prescription.

OBJETIVO

La presente revisión buscó identificar ante la literatura existente la prescripción utilizada en los programas de fisioterapia con realidad virtual en pacientes con lesión motora de origen neurológico, en relación a la intensidad, frecuencia, duración de las sesiones y los beneficios descritos.

MÉTODO

Estrategia de búsqueda

Se realizó una búsqueda de artículos que tuvieran las palabras clave “virtual reality exposure”, “virtual reality therapy”, “wii and physical therapy”, “neurorehabilitation and virtual reality”, en los buscadores Pubmed, Pedro, Science Direct, publicados en los últimos 10 años. Los estudios elegidos para esta revisión comprenden periodos de publicación entre el 2007 y 2015.

Selección de estudios

Para el criterio de elegibilidad de los artículos, se tuvo en cuenta que permitieran evidenciar la intensidad, frecuencia, duración de las sesiones y resultados de su aplicación. Se excluyeron los siguientes tipos de artículos: meta análisis, revisiones sistemáticas y aquellos artículos en los que no se identificaran los criterios de elegibilidad.

Inicialmente se encontraron 67 artículos que contenían las palabras clave, después de realizar la selección se analizaron 30 artículos dentro de los cuales se encuentran estudios de caso y ensayos clínicos, que permitieron evidenciar ante la literatura la prescripción de los programas de rehabilitación con realidad virtual en pacientes

neurológicos y sus beneficios.

Se revisaron los artículos para determinar el nivel de evidencia y pertinencia científica.

Para la extracción y análisis de los datos estos fueron organizados por tablas para facilitar su lectura e interpretación y extraer datos específicos utilizando Microsoft Excel; lo que permitió categorizar los datos de la siguiente manera: patología neurológica en la que se realiza el estudio, tipo de estudio reportado, tiempo de intervención en términos de número de sesiones y distribución de estas, resultados de los estudios y conclusiones.

Análisis de datos

Dentro de los artículos seleccionados se identifican 24 artículos tipo ensayos clínicos aleatorizados, algunos doble ciego y otros simple ciego y 6 artículos que se basan en estudios de caso, según la patología de origen neurológico a las que iban dirigidas las intervenciones con realidad virtual se describen 12 artículos cuya intervención va dirigida a diagnósticos de enfermedad cerebrovascular (ECV), 6 artículos cuyo objeto de estudio son los pacientes con enfermedad de Parkinson, 4 artículos enfocan su tratamiento en pacientes con parálisis cerebral, 3 artículos en relación a alteraciones del desarrollo motor; 1 dirigido hacia el tratamiento para Esclerosis Múltiple, 1 en lesión medular; 1 en demencia, 1 en alteración vestibular; 1 en Síndrome de Down (descritos en tabla 1).

RESULTADOS

Se determinó para la extracción de resultados categorizar la información por grupos en común de patologías como se describe a continuación:

Patologías

ECV

En las intervenciones que se han realizado en pacientes con ECV se identifican 13 artículos donde el tratamiento neurofisioterápico con realidad virtual se enfoca en el manejo del miembro superior, del equilibrio y la marcha; para el trabajo de rehabilitación con realidad virtual en miembro superior en pacientes que han sufrido ECV se encontraron dentro de la

Tabla 1. Análisis de datos.

	Título	Año de publicación	País	Idioma	Revista	nivel de evidencia (OCEBM)
1	Virtual reality for the rehabilitation of the upper limb motor function after stroke: a prospective controlled trial	2013	Italia	Inglés	Journal Of Neuro Engineering And Rehabilitation	1c
2	Efectos del tratamiento fisioterapéutico con el Wii Balance board en las alteraciones posturales de dos niños con parálisis cerebral. Estudio de caso	2015	Colombia	Español	Revista Ciencias De La Salud	4
3	BioTrak virtual reality system: Effectiveness and satisfaction analysis for balance rehabilitation in patients with brain injury	2012- online 2013	España	Inglés	Neurologia	2c
4	Use of Virtual Reality to Improve Upper-Extremity Control in Children With Cerebral Palsy: A Single-Subject Design	2007	Taiwan	Inglés	Journa Of The American Physical Therapy Asociation	4
5	Virtual Rehabilitation for Multiple Sclerosis Using a Kinect-Based System: Randomized Controlled Trial	2014	España	Inglés	Jmir Serious Game	1b
6	Effects of virtual reality-augmented balance training on sensory organization and attentional demand for postural control in people with Parkinson disease: a randomized controlled trial.	2011	Taiwan	Inglés	Journal Of The American Physical Therapy Asociation	1b
7	Virtual Reality Exercise Improves Mobility After Stroke An Inpatient Randomized Controlled Trial	2014	Canadá	Inglés	Journal Stroke	1c
8	Influência do tratamento por realidade virtual no equilíbrio de um paciente com paralisia cerebral	2013	Brasil	Portugues	Rev. Ter. Ocup. Univ. São Paulo	4
9	Motor learning, retention and transfer after virtual-reality-based training in Parkinson's disease – effect of motor and cognitive demands of games: a longitudinal, controlled clinical study	2012	Brasil	Inglés	Physiotherapy	1b
10	The Combined Impact of Virtual Reality Neurorehabilitation and Its Interfaces on Upper Extremity Functional Recovery in Patients With Chronic Stroke	2012	España	Inglés	Journal Stroke	2c
11	The effect of virtual reality-enhanced driving protocol in patients following spinal cord injury (El efecto del protocolo de manejo realidad aumentada virtual en pacientes después de una lesión de la médula espinal)	2012	Taiwan	Inglés	Journal Of The Chinese Medical Association Available Online At Www. Sciondirect. Com	4
12	Effect of a virtual reality exercise program accompanied by cognitive tasks on the balance and gait of stroke patients	2015	Japon	Inglés	Journal Of Physical Therapy Science	1b
13	Two-week virtual reality training for dementia: Single-case feasibility study	2013	Canadá	Inglés	JRRD	4
14	Effects of game-based virtual reality on health-related quality of life in chronic stroke patients: A randomized, controlled study	2015	Seoul, South Korea	Inglés	Elsevier	1b
15	Combination Transcranial Direct Current Stimulation and Virtual Reality Therapy for Upper Extremity Training in Patients With Subacute Stroke	2014	Seoul, South Korea	Inglés	Archives	1b
16	Effectiveness, Usability, and Cost-Benefit of a Virtual Reality-Based Telerehabilitation Program for Balance Recovery After Stroke: A Randomized Controlled Trial	2015	Valencia España	Inglés	Archives	1b
17	Effectiveness of Conventional Versus Virtual Reality-Based Balance Exercises in Vestibular Rehabilitation for Unilateral Peripheral Vestibular Loss: Results of a Randomized Controlled Trial	2008	Dublin, Irlanda	Inglés	Archives	1b

Tabla 1. Análisis de datos.

	Título	Año de publicación	País	Idioma	Revista	nivel de evidencia (OCEBM)
18	Impacto de intervenção baseada em realidade virtual sobre o desempenho motor e equilíbrio de uma criança com paralisia cerebral: estudo de caso	2014	SP, Brasil	Portugues	Elsevier	4
19	Trunk-arm coordination in reaching for moving targets in people with Parkinson's disease: Comparison between virtual and physical reality	2012	Taiwan	Inglés	Elsevier	1b
20	Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in children with Down syndrome	2010	Taiwan	Inglés	Elsevier	1b
21	Effectiveness of a Wii balance board-based system (eBa-ViR) for balance rehabilitation: a pilot randomized clinical trial in patients with acquired brain injury	2011	España	Inglés	Journal of neuroengineering and rehabilitation	1b
22	Effects of virtual reality-based training and task-oriented training on balance performance in stroke patients	2015	Seoul, South Korea	Inglés	The Society of Physical Therapy Science.	1b
23	Effects of Training With a Robot-Virtual Reality System Compared With a Robot Alone on the Gait of Individuals After Stroke	2008	New Jersey	Inglés	American Heart Association	1b
24	Effectiveness of a low-cost virtual reality system for children with developmental delay: a preliminary randomized single-blind controlled trial	2011	Texas USA	Inglés	Society of Physiotherapy	1b
25	Effect of Nintendo Wii™-based motor and cognitive training on activities of daily living in patients with Parkinson's disease: A randomised clinical trial	2012	sao paulo brazil	Inglés	Elsevier	2b
26	Effects of virtual reality training on gait biomechanics of individuals post-stroke	2010	New Jersey	Inglés	Elsevier	1b
27	Effect of Wii-intervention on balance of children with poor motor performance	2013	Netherlands	Inglés	Elsevier	1b
28	The impact of Wii Fit intervention on dynamic balance control in children with probable Developmental Coordination Disorder and balance problems.	2014	Netherlands	Inglés	Elsevier	2b
29	Nintendo Wii rehabilitation ("Wii-hab") provides benefits in Parkinson's disease	2013	EEUU	Inglés	Elsevier	2b
30	Comparison of Virtual Reality Versus Physical Reality on Movement Characteristics of Persons With Parkinson's Disease: Effects of Moving Targets	2011	Taiwan	Inglés	American Congress of Rehabilitation Medicine	1b

búsqueda 4 artículos en donde se combinó el efecto de la terapia convencional frente a la terapia con realidad virtual, se encuentran similitudes en torno a los criterios para valorar la eficacia dependiendo del valor del subpuntuaje motor de miembro superior arrojado por la escala Fulg Meyer (leve: por encima de 40/ 66; moderada: entre 21 y 39, severa: ≤ 20 / 66) y el puntaje del FIM en donde enfocaron la actividad dependiendo el grado de alteración o afección de mano, además se tiene en cuenta el estado cognitivo ya que si los usuarios en estudio presentaban déficit cognitivos graves o déficit visuales o auditivos no podían participar en el estudio. Beneficios: Según las conclusiones obtenidas en estos estudios se demostró que el entrenamiento con realidad virtual combi-

nado con terapia convencional refiere efectos benéficos tanto en la mejora de las respuestas de equilibrio identificadas por la escala de Berg y del equilibrio dinámico mejorando los resultados del "timed up go test"; además demuestra beneficios en la motivación de los pacientes. Sin embargo, se evidencia y resaltan en las conclusiones que se deben realizar estudios en donde se realicen seguimientos a largo plazo para determinar el nivel de eficiencia de los programas de fisioterapia en el transcurso del tiempo ya que la mayoría realiza tiempos de seguimiento de 1 mes. En el estudio realizado por Hyung et al. 2015 hace hincapié en que la formación en entornos virtuales debe incluir entrenamiento en resistencia muscular; resistencia cardiovascular y entrenamiento de la coordinación. Prescripción: En cuanto a la prescripción de los

programas de realidad virtual dirigidos al miembro superior parético en ECV describen que la intervención como mínimo debe ser de 3 semanas, en donde los tres artículos encontrados tienen como similitud la aplicación de 5 días a la semana entre 30 a 45 minutos de intervención. Sin embargo hay diferencia entre el número de sesiones que se deban aplicar; ya que varían entre 15 a 40 sesiones (esta última realizada dos veces al día); se encuentra a nivel de eficacia de las intervenciones que existe diferencia significativa estadísticamente en las intervenciones en donde se combina la fisioterapia y/o terapia ocupacional reforzada con entornos virtuales. En cuanto a la prescripción del programa de realidad virtual un estudio relata la combinación del trabajo con RV y la implementación de la telefisioterapia desde los hogares en donde se

implementó un programa de 20 sesiones tres veces a la semana de 45 minutos (Lloréns R, Noé E, Colomer, Alcañiz. 2015)

En promedio en 6 artículos describen la intervención y prescripción de la realidad virtual de 4 a 6 semanas con una intensidad semanal entre 3 y 5 veces por semana para un total aproximado entre 12 a 20 sesiones. Sin embargo, varía entre el tiempo de duración de la sesión ya que va desde 20 minutos, 30 minutos a 1 hora en donde se combina la intervención con realidad virtual con terapia convencional; Lee HY, Kim YL & Lee SM (2015) tienen en cuenta durante la intervención del programa basado en realidad virtual con el *Wii Balance* y el entrenamiento orientado a la tarea la realización de trabajo de calentamiento y enfriamiento, además de que todos los participantes recibieran intervención con terapia convencional por 60 minutos, 5 veces al día durante 6 semanas y adicionalmente 30 minutos de terapia con realidad virtual 3 veces al día durante 6 semanas.

Intervención: En lo referente al tratamiento del equilibrio y de la marcha en usuarios con ECV 8 artículos tienen en cuenta como criterios de inclusión el tiempo transcurrido después del evento fijando como tiempo mínimo para iniciar intervención con entornos virtuales de 6 meses y máximo de un año, tienen en cuenta el nivel cognitivo valorado a través de la escala del mini mental test con puntaje mayor a 22, que sea capaz de realizar transferencias dinámicas desde bipedestación sin ayuda, Evaluación del Equilibrio de Brunel de 19 puntos, en tan solo un artículo se tiene en cuenta el grado de espasticidad del lado con hemiparesia, se evidencia además como punto en común entre los estudios que tienen en cuenta dentro de los criterios de exclusión a pacientes con alteraciones vestibulares o que presenten vértigo y bajo nivel cognitivo y de comprensión.

Parkinson

Dentro de los artículos analizados se encontraron 6 estudios cuya patología en la que se realizó la intervención fue la enfermedad de Parkinson (EP), estos estudios tienen en común los criterios de inclusión que utilizaron para realizar la intervención con realidad virtual, encontrándose pacientes con estadio "ON" de la enfermedad, Hoehn y Yahr (HY) Etapas I, II y III, médicamente estables, nivel de cognición según el "Mini Mental Test" con puntaje igual o mayor a 24, pacientes con edades comprendidas entre 50 a 85 años. Se encuentra en común dentro de los estudios el objetivo del estudio buscando identificar los efectos del entrenamiento con realidad virtual sobre la integración sensorial en actividades de una y de doble tarea, investigar y evaluar el efecto del entrenamiento cognitivo, el aprendizaje, la retención y la transferencia en mejoras del rendimiento tanto motor como no motor y en la capacidad para ejecutar movimientos funcionales y del equilibrio en su interacción en las actividades de la vida diaria. Sin embargo, dos artículos dirigen su objetivo a determinar el control de movimientos temporales y la velocidad de ejecución de estos en actividades de alcances de objetos estáticos en entorno virtual y en la realidad física. Beneficios: Dentro de las principales conclusiones exportadas de los artículos analizados se encuentra que el entrenamiento del equilibrio con realidad virtual aumentada mejora de forma significativa la capacidad de la integración sensorial para favorecer el control postural al igual que el tratamiento convencional por fisioterapia; ni la intervención con realidad virtual y el tratamiento convencional modificaron las demandas de atención; los pacientes con enfermedad de Parkinson mostraron un mejor rendimiento en las actividades de la vida diaria, sin mejoras sobre el componente de cognición. Los resultados demuestran que la *Nintendo Wii* es eficaz para mejorar los síntomas motores y no motores y la calidad de vida de las personas con enfermedad de Parkinson. También hubo una tendencia a

la mejoría del estado de ánimo en pacientes con EP sometidos a terapia *Wii*. Se necesitan más estudios para confirmar la transferencia del aprendizaje a las actividades de la vida diaria, con lo que permite la formación en entornos virtuales para ser validado para los pacientes con la enfermedad de Parkinson.

Prescripción: En cuanto a la prescripción del programa de realidad virtual solo se establece en 4 de los 6 artículos relacionados con enfermedad de Parkinson, se determina en la mayoría que el periodo de exposición en cuanto a duración en semanas varía de 6 a 8 semanas, con una intensidad semanal de 2 sesiones por semana. Un artículo describe 3 sesiones semanales para un total de 24 sesiones. En cuanto al tiempo de duración en un estudio refiere que la intervención sea de 30 minutos, mientras que 2 estudios proponen periodos de intervención de 1 hora, combinando actividades de terapia convencional y terapia con elementos de realidad virtual como el *Wii*. Un estudio establece periodo de exposición de 1 hora utilizando 5 juegos durante la intervención.

Intervención: En común en tres de los 4 estudios dentro del periodo de exposición se identifica que buscan iniciar con entrenamiento de ejercicios globales que constan de fase de calentamiento, estiramiento, resistencia y movilidad de extremidades superiores e inferiores y combinan las actividades de entrenamiento con realidad virtual por 30 minutos con ejecución de tareas cognitivas. En el estudio realizado por Pompeu J, Dos Santos A, Lobo A, Oliveira T, Pimentel M, Guedes K, Peterson A (2012), realizan posterior al entrenamiento inicial una sesión adicional a los 60 días como seguimiento para verificar el mantenimiento de los resultados en el tiempo.

Parálisis cerebral

Otra de las patologías en las que se aplican los programas de neurofisioterapia con realidad virtual es la parálisis cerebral. Durante la revisión se identificaron 4 artículos, tipo estudios de

Tabla 2. Programas de realidad virtual en parálisis cerebral

NOMBRE DEL ARTICULO	TIPO DE ESTUDIO	OBJETIVO DEL ESTUDIO	TIPO DE PARÁLISIS CEREBRAL	TIEMPO DE INTERVENCIÓN
Efectos del tratamiento fisioterapéutico con el Wii Balance board en las alteraciones posturales de dos niños con parálisis cerebral. Estudio de caso	Estudio de caso	Determinar los efectos del tratamiento fisioterapéutico con el accesorio Wii Balance Board y el juego Wii Fit Plus en las alteraciones posturales de niños con hemiparesia espástica	Parálisis cerebral espástica tipo hemiparesia derecha	20 sesiones, 5 veces a la semana, 30 minutos al día, usando el software Wii Fit Plus y la tabla Wii Balance Board.
Use of Virtual Reality to Improve Upper-Extremity Control in Children With Cerebral Palsy: A Single-Subject Design	Estudio de caso	El objetivo de la capacitación es mejorar las cualidades de los comportamientos que llegan a los participantes: a moverse de manera más rápida y sencilla recta	Parálisis cerebral espástica	Se realizó intervención con 2 sistemas de RV durante 2 horas a la semana durante 4 semanas. Se divide en 45 minutos para el sistema de entrenamiento de rehabilitación a base de RV y 75 minutos para el sistema RV comercial.
Influência do tratamento por realidade virtual no equilíbrio de um paciente com paralisia cerebral	Estudio de caso	Investigar la influencia de la realidad virtual a través de la Wii en el equilibrio en posición de pie	Parálisis cerebral tipo hemiplejía espástica	10 sesiones, con 30 minutos cada una, realizadas dos veces por semana durante 38 días
Impacto de intervenção baseada em realidade virtual sobre o desempenho motor e equilíbrio de uma criança com paralisia cerebral: estudo de caso	Estudio de caso	Verificar el efecto de un protocolo de tratamiento basado en la realidad virtual (VR) en el rendimiento motor y el equilibrio funcional de un niño con parálisis cerebral (PC)	Hemiplejía espástica derecha nivel I	12 sesiones de 45 minutos a una frecuencia de dos veces por semana. Cada sesión se dividió en utilización de 2 juegos cada uno de 20 minutos y con intervalo de 5 minutos de descanso

caso. Se observa variación en los diferentes objetivos de la intervención en donde buscan identificar los efectos del tratamiento con realidad virtual en alteraciones posturales, determinar la influencia en rendimiento motor y el equilibrio en bípedo; los estudios fueron realizados en su mayoría sobre individuos con hemiparesia espástica. Tan sólo un estudio describe según el sistema de clasificación de la función motora gruesa GMFCS el nivel funcional del individuo, en cuanto al uso de la realidad virtual implementan el sistema *Nintendo Wii* y el "*Wii balance board*" determinando los juegos adecuados a las necesidades de los individuos. Sin embargo no se encuentra similitud en la prescripción de los programas de realidad virtual en esta población (ver tabla 2).

Beneficios: En cuanto a las conclusiones obtenidas de los estudios realizados en parálisis cerebral cuya intervención es basada en realidad virtual se describe que en dos casos no se observan beneficios en la alineación postural, ni se mostró mejoría en las alteraciones posturales propias de la hemiparesia espástica, debido a que el diseño del juego no permite verificar si el movimiento realizado es correcto o preciso (Córdoba-Castillo LF, Gómez-Lozano VC, Tello-Fernández LK, Tovar-Ruiz LA, 2015). En el estudio realizado por Lopes GLB, Yano KM, Tavares NSA, Rego IAO,

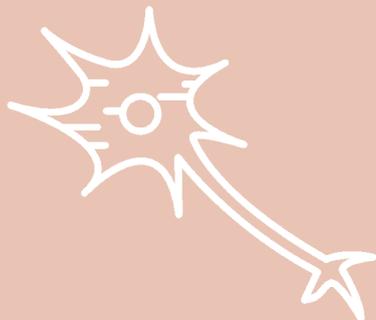
Marinho RI, Melo LP, Ribeiro KMOBF, Cavalcanti FAC. (2013), como parámetro adicional de prescripción utilizaron la medida de la presión arterial en donde se evidenció que el sujeto en estudio mantuvo cifras entre 90 y 120 mmHg (sistólica) y 60 y 90 mm Hg (diastólica) en todo el programa posterior a la cuarta sesión de intervención. Además se concluye que la fácil aplicabilidad de los programas con *Wii Fit* pueden estimular el sistema sensorial, motriz y cognitivo del paciente, ofreciendo un alto grado de motivación y adherencia al tratamiento.

Otras condiciones patológicas

En el análisis también se destacan la intervención y el tratamiento neurofisioterapéutico en el síndrome de Down y en el retraso en el desarrollo utilizando sistemas de realidad virtual de bajo costo como es el caso del uso del *Nintendo Wii*; dentro del estudio en síndrome de Down como criterios de inclusión para el estudio destacan edades comprendidas entre los 7 y 12 años, como criterios de exclusión se tuvo en cuenta si los niños presentaba autismo, parálisis cerebral, ceguera y sordera, en un intento de minimizar la confusión de datos. También se excluyeron los niños con antecedentes de trastornos neurológicos tales como lesión cerebral traumática, distrofias musculares, y epilepsia. Dentro del estudio el objetivo es comparar el efecto de la terapia ocupacional con la aplicación de terapia por realidad virtual

en niños con síndrome de Down. En cuanto a los parámetros de prescripción de la terapia con realidad virtual utilizando juegos de *Wii* se describe sesiones de una hora, dos días a la semana, durante 24 semanas para un total de 48 sesiones. Para determinar el tipo de juego se eligió el software de deportes (*wii sports*). En las conclusiones arrojadas por el estudio se determinó efectos benéficos en los niños a los que se les trabajo con sistema de realidad virtual en cuanto a mejora en la función somato sensorial, coordinación de extremidades superiores y mejora en la velocidad y agilidad durante la carrera con datos estadísticamente significativos. Sin embargo, se destaca que la terapia ocupacional estándar presenta mejores efectos en cuanto a la destreza manual, discriminación sensorial y modulación sensorial. Además, la tecnología de realidad virtual con *Wii* podría utilizarse como terapia adyuvante a otras intervenciones exitosas probadas.

En lo referente a intervención en retraso en el desarrollo 3 artículos refieren como criterios de inclusión niños con edades entre 39 meses y 12 años de edad. En los artículos *Effect of Wii-intervention on balance of children with poor motor performance* y *The impact of Wii Fit intervention on dynamic balance control in children with probable Developmental Coordination Disorder and balance problems*, incluyen dentro de los criterios de inclusión niños con problemas



de equilibrio y coordinación, puntuación de pruebas de inteligencia por encima de 70 y sin ninguna indicación de deterioros neurológicos o físicos. Dentro de los objetivos de los estudios se encuentra investigar la viabilidad, seguridad y eficacia de utilizar sistemas de realidad virtual de bajo costo en la fisioterapia de niños con retraso en el desarrollo, ver los efectos de la RV sobre el equilibrio de los niños con retraso motor; examinar las diferencias en el control de equilibrio dinámico y las habilidades motoras en un juego de *Wii Fit* y determinar si se mantienen los cambios durante los periodos de no intervención, y de forma implícita determinar mejora en la motivación a la intervención

En lo referente a la prescripción Mombarg R, Jelsma D, Hartman E (2013-2014) y Geuze R, Bouwien C.M. Engelsman S (2014), en cuanto al entrenamiento para mejorar el equilibrio y coordinación, describen que es necesario 6 semanas de intervención con el *Wii Fit Plus* con juegos de equilibrio durante un tiempo de 30 minutos a 1 hora, por tres veces a la semana. Han demostrado incremento significativo en las habilidades de equilibrio en las aplicaciones post test. Ambas investigaciones han demostrado que las intervenciones con *Wii* que incorporen ejercicios con información visual, refuerzo motivacional pueden mejorar las habilidades de equilibrio estáticas y dinámicas y promover un modelo interno de retroalimentación. Sin embargo estos resultados no se pueden extrapolar en el tiempo a la mejora de habilidades de carrera o salto. La mayoría de los niños mantuvieron su motivación para participar en un período de 6 semanas, que es típico para la intervención en niños con problemas motores. En el estudio realizado por Salem Y, Jaffee S, Coffin, Godwin E (2012), refieren sin embargo que para niños con edades comprendidas entre 39 a 56 meses las sesiones deben realizarse de 30 minutos, 2 veces por semana por un periodo de 10 semanas, en donde el uso del *Nintendo Wii* utilizando el software de *Wii Sports* promueve el entrenamiento del equilibrio, distribución de peso y ejercicios de tipo aeróbico con el fin de mejorar las destrezas en cuanto al equilibrio, fuerza y marcha.

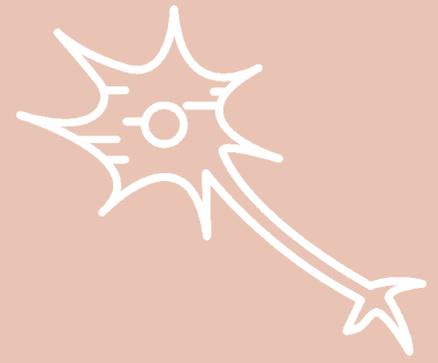
Los sistemas de realidad virtual en el tratamiento neurorrehabilitador; actualmente abarcan un gran número de patologías. Dentro de la revisión realizada para este artículo se encon-

traron gran variedad de patologías entre las que se incluyen esclerosis múltiple, lesión medular, demencias, alteraciones vestibulares y de la marcha. En la presente revisión se encontró para cada una de estas patologías un estudio e investigación que tienen en cuenta dentro de los objetivos de intervención realizar una comparación entre los efectos de la realización de tratamiento de fisioterapia convencional frente al tratamiento de rehabilitación con realidad virtual. El artículo *The effect of virtual reality-enhanced driving protocol in patients following spinal cord injury*, buscó por su parte determinar la eficacia de un programa de realidad virtual creado por un simulador de conducción, y determinar el número de sesiones de simulador necesarios para los pacientes con lesiones de la médula espinal para llegar a la competencia de condición máxima y/o ideal. En la tabla 3 se describe el objetivo de cada uno de los estudios, los criterios de inclusión y exclusión tenidos en cuenta por los autores, el tiempo de intervención de los programas con realidad virtual y las conclusiones de estos

DISCUSIÓN

Gran parte de la evidencia ha demostrado los efectos benéficos del tratamiento con realidad virtual en diferentes patologías que generan alteraciones motoras de origen neurológico, principalmente sus efectos sobre la motivación y adherencia a los programas de intervención y a las ventajas en la mejora de la distribución del peso corporal en bípedo, ejecución de la coordinación y equilibrio tanto estático como dinámico. Sin embargo, dentro de los artículos revisados son pocos los autores que hablan sobre la importancia de implementar en conjunto con las terapias de realidad virtual entrenamiento en ejercicios aeróbicos, fase de calentamiento y enfriamiento previo y posterior a la realización de la terapia de realidad virtual, además de tener en cuenta los parámetros de signos vitales como la tensión arterial para realizar un seguimiento de los cambios a nivel sistémicos y de la adaptación de los usuarios al tipo de actividad trabajada.

Es por esta razón que cabe destacar la importancia de los parámetros que se deben incluir dentro de la planeación de un tratamiento con terapia de realidad virtual teniendo los parámetros de prescripción del ejercicio: intensidad, duración, frecuencia, tipo de ejercicio, progresión y la estructura de una sesión (González et. al



2001). En la revisión podemos resaltar que en la mayoría de estudios no se determina el tipo de ejercicio realizado, y como tal para la estructuración de la sesión son pocos los que hablan de iniciar la intervención con fase de calentamiento antes de llevar al usuario a participar en entornos virtuales.

Es importante resaltar que solo en 1 de los 30 artículos revisados tienen en cuenta algunos de los aspectos más importantes al momento de realizar prescripción y aunque en su mayoría las intervenciones fueron desarrolladas por un equipo capacitado, no se describen ciertas especificaciones que se deben tener presentes al momento de ejecutar un programa de ejercicio que eviten complicaciones o que permitan identificar posibles factores de riesgo en las personas que hacen parte de los grupos a intervenir. Por esta razón es importante tener presente que dentro de esas variables que deben tenerse en cuenta al momento de la prescripción podemos ayudarnos de diferentes métodos para determinar el grado de exigencia de la carga de entrenamiento, es decir, la Intensidad como lo son el Método de Karvonen, Regresión de FC/VO₂, Porcentaje de la FCMT, Percepción del esfuerzo de Borg y el Método del MET (González et. al 2001).

Teniendo en cuenta los parámetros de la prescripción de ejercicios se identifica dentro de la revisión que se tiene en cuenta para implementar la terapia con realidad virtual la intensidad, la duración, la frecuencia. Sin embargo dentro de los estudios no describen si la aplicación es a través de ejercicios aeróbicos o anaeróbicos. Por el tiempo de duración de la actividad se deduce que el ejercicio es de tipo aeróbico, ya que oscilan entre 15 a 60 minutos en su mayoría.

En cuanto a la prescripción del entrenamiento y tratamiento con realidad virtual se observó que dependiendo de la patología varía en intensidad y duración e incluso en los artículos revisados en esta investigación en parálisis cerebral ninguno de los 4 artículos coinciden en cuánto debería ser el tiempo de duración de una sesión con realidad virtual

y, como tal, la cantidad de sesiones en donde se verían cambios significativos en cuanto a la intervención del equilibrio, o la postura. Además se encuentra que en parálisis cerebral la tendencia en investigación es realizar estudios de caso lo cual limita el poder realizar un "estándar" en cuanto al número de sesiones y duración de la intervención en entornos virtuales; caso contrario a lo que se aprecia en la enfermedad cerebro vascular, cuyos hallazgos se han determinado en estudios tipo ensayos clínicos en donde se aprecia similitud en las características referentes a intensidad, duración y frecuencia para realizar intervenciones con realidad virtual, resaltando que los mayores efectos en cuanto a funcionalidad se dan cuando se trabaja de forma integrada la fisioterapia/terapia ocupacional convencional con entornos virtuales. Además hemos de destacar que las intervenciones con realidad virtual en este tipo de patología van dirigidas a mejorar la funcionalidad de miembro superior parético y mejorar el equilibrio y la transferencia de cargas ya que, como dice González-Chávez et. al 2001 "La capacidad del ejercicio para restaurar la función de órganos, músculos, articulaciones y huesos no la poseen los fármacos ni la cirugía. Paradójicamente la práctica médica convencional favorece el reposo y la inactividad durante la recuperación de las enfermedades. La efectividad del ejercicio como terapia requiere ciertos factores para su mantenimiento a largo plazo, debe reunir las 5 D, (Dosificado, Diario, Divertido, Disponible y De por vida), además de ser independiente, variable, de resistencia, no doloroso y adaptarse a las preferencias y situación económica del individuo."

También encontramos dentro de la evidencia que los tratamientos de realidad virtual permiten y favorecen el desarrollo del aprendizaje motor teniendo en cuenta el aprendizaje implícito definido como una forma involuntaria, inconsciente de aprendizaje caracterizado por la mejora del comportamiento (Gentile, 1987; Halsband & Lange, 2006 en Jelsma D. Geuze RH. Mombarg R. Smits, 2014), que se da tras procesos que implican la mayor participación

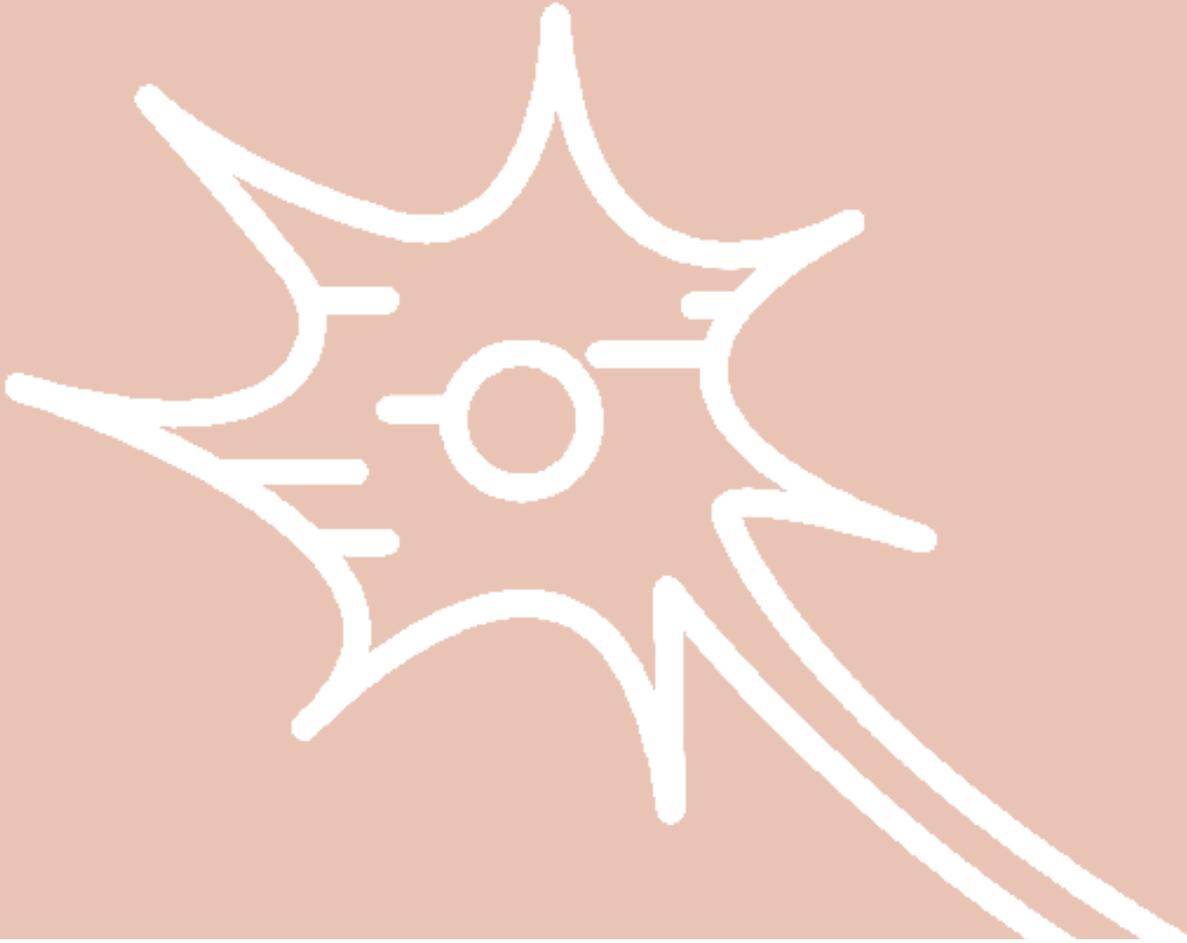
del paciente en sus actividades y a su vez benefician el desarrollo de la motivación y el interés en el proceso de recuperación. Sin embargo, aún no se ha determinado que la fisioterapia con entornos virtuales permiten una extrapolación del aprendizaje de una habilidad adquirida con los sistemas de realidad virtual a otras habilidades motoras o en las actividades de la vida diaria, pero sí que mejora la calidad de vida gracias a los aspectos relevantes en la motivación. Carod FJ (2011 p.57) refiere que las técnicas y uso de la realidad virtual pueden inducir la reorganización cortical de la corteza sensitivo motora demostrada en estudios de resonancias funcionales que han demostrado cambios en la plasticidad neuronal.

Dentro de la fisioterapia con entornos virtuales se destaca el uso de los sistemas de bajo costo como el *Nintendo Wii* y sus sistemas *Wii Balance Board* y *Wii fit*, en donde pueden ser una buena alternativa para iniciar a incluir los sistemas de realidad virtual dentro de los programas de neurorrehabilitación, ya que son asequibles al público en general y con un profesional capacitado en el uso de tecnologías y teniendo en cuenta las características individuales de los usuarios tanto físicas como cognitivas se puede implementar un programa terapéutico acorde a las necesidades específicas y que permita el desarrollo de habilidades motoras como el favorecer el desarrollo del equilibrio y del equilibrio en población infantil y adulta con alteraciones motoras de origen neurológico combinando el uso de esta con terapia convencional.

Se recomienda para futuros estudios realizar selección de información más extensa específica en una patología que afecte la función motriz de tipo neurológico. De esta forma será más fácil realizar y determinar el tipo de prescripción óptimo de los sistemas de realidad virtual dentro del ámbito de la neurorrehabilitación y además favorecer e identificar los efectos del uso de realidad virtual en cuanto a la plasticidad neuronal.

Tabla 3. Prescripción de la Realidad virtual en diferentes condiciones patológicas

NOMBRE DEL ARTÍCULO	OBJETIVO DEL ESTUDIO	CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	TIEMPO DE INTERVENCIÓN	CONCLUSIONES
Virtual Rehabilitation for Multiple Sclerosis Using a Kinect-Based System: Randomized Controlled Trial	Comparar la eficacia de la rehabilitación virtual con ejercicios de rehabilitación tradicionales	Hombres y mujeres de entre 18 y 65 años de edad, Pacientes con Esclerosis Múltiple recidivante-remitente y secundaria-progresiva, Puntuación mínima de 6 en todos los artículos de la esfera de la Medida de Independencia Funcional (FIM) No necesidad de dispositivos de ayuda para la deambulación o como mucho un bastón No tener problemas cognitivos	Los pacientes con síntomas de brote de la enfermedad o pacientes que físicamente no pueden completar el programa de rehabilitación.	10 sesiones con duración de una hora, una sesión semanal Los pacientes pertenecientes al grupo experimental (n = 6) pasaron cuarenta y cinco minutos de realizar los mismos ejercicios con terapia convencional que el grupo control, y durante los últimos quince minutos de la sesión, se realizaron los ejercicios de rehabilitación virtuales	Al ofrecer ejercicios de rehabilitación virtuales como juegos, se obtiene una mayor eficiencia en el proceso de rehabilitación, y los pacientes están motivados para realizar los ejercicios de rehabilitación y su adherencia al tratamiento es también mayor
The effect of virtual reality-enhanced driving protocol in patients following spinal cord injury	Examinar el efecto de la realidad virtual creada por un simulador de conducción, y determinar el número de sesiones de simulador necesarios para los pacientes con lesiones de la médula espinal para llegar a la competencia de conducción máximo	Nivel de lesión medular C6 -L1 No presentar deterioro cognitivo y visual Previamente licencia para conducir antes de la lesión.	Pacientes que no fueron capaces de mantener una postura sedente con y sin apoyo de más de 30 minutos. Dificultad para manipular dispositivos de accionamiento de control de mano.	Aproximadamente 12 sesiones dos veces por semana por 30 minutos (1,5 meses)	Se evidencian efectos significativos de un entorno virtual en el progreso de la rehabilitación motriz, y sugiere que la incorporación de VR en los programas de rehabilitación acelerará la recuperación máxima de competencias de conducción de un paciente SCI. Sin embargo no hubo un aumento significativo en la velocidad media y / o el tiempo total de conducción; (2) los participantes pudieron parar el coche más precisamente antes de la línea de parada en la prueba de la señal de tráfico;
Two-week virtual reality training for dementia: Single-case feasibility study	Investigar la viabilidad y seguridad de un programa de entrenamiento VR basado ejercicio en las personas con discapacidad, y (2) investigar sus efectos sobre el equilibrio y la movilidad	*****	*****	2 semanas de intervención, 5 días a la semana por 1 hora de entrenamiento (periodo promedio de ejercicios de RV 25 minutos. El tiempo restante se gastó en reposo y explicando cómo jugar el próximo partido).	Los resultados indican que el entrenamiento con realidad virtual es factible, seguro y agradable para las personas con discapacidad. Sin embargo, el equilibrio y medidas de movilidad no se vieron modificados No se demuestra mejoras significativas en equilibrio y movilidad. La tecnología de la RV fue capaz de estimular la actividad en nuestro participante en el estudio (a pesar de su baja cognición) y fue capaz de tener éxito en los juegos de realidad virtual
Effectiveness of Conventional Versus Virtual Reality-Based Balance Exercises in Vestibular Rehabilitation for Unilateral Peripheral Vestibular Loss: Results of a Randomized Controlled Trial	Investigar si el Wii Fit Plus como una forma de realidad virtual presenta un método superior de la rehabilitación del equilibrio durante la rehabilitación vestibular en comparación con ejercicios de equilibrio convencionales durante la rehabilitación vestibular, en adultos con pérdida vestibular periférica unilateral (UVL)	Pacientes con UVL que tenían mareos/ vértigo, y deterioro en la marcha y el equilibrio	*****	6 semanas de entrenamiento, con sesiones diarias El grupo basado en la realidad virtual, recibió un sistema de juegos de realidad virtual off-the-shelf para hacer ejercicio en casa, y un fisioterapeuta realizaba la visita semanal	Este ensayo encontró que los ejercicios de equilibrio basados en la realidad virtual en la rehabilitación vestibular no eran superiores a ejercicios de equilibrio convencionales durante la rehabilitación vestibular; en pacientes con UVL, puede presentar un método más agradable y menos difícil para el reentrenamiento del equilibrio



REFERENCIAS

1. Carod Artal. FJ. Neurorehabilitación y aprendizaje motor en el ictus. *Kranion*, 2011, 8: 53-59
2. Córdoba-Castillo LF, Gómez-Lozano VC, Tello-Fernández LK, Tovar-Ruiz LÁ. Efectos del tratamiento fisioterapéutico con el Wii Balance board. en las alteraciones posturales de dos niños con parálisis cerebral. Caso clínico. *Rev Cienc Salud*. 2015;13(2):141-157. doi: dx.doi.org/10.12804/revsalud13.02.2015.02
3. González-Chávez A y cols. Ejercicio físico para la salud. *Rev Mex Cardiol* 2001; 12 (4): 168-180
4. Jelsma D, Geuze RH, Mombarg R, Smits Engelsman. The impact of Wii Fit intervention on dynamic balance control in children with probable Developmental Coordination Disorder and balance problems. *Hum Mov Sci*. 2014. Feb 33:404-418 doi: 10.1016/j.humov.2013.12.007. Epub 2014 Jan 18.
5. Lee Hyung Young, Kim You Lim and Lee Suk Min. Effects of virtual reality-based training and task-oriented training on balance performance in stroke patients. *J Phys Ther Sci*. 2015 Jun; 27 (6): 1883-1888. doi: 10.1589/jpts.27.188
6. Lloréns R, Noé E, Colomer, Alcañiz. Effectiveness, Usability, and Cost-Benefit of a Virtual Reality-Based Telerehabilitation Program for Balance Recovery After Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2015 Mar; 96 (3): 418-425. doi: 10.1016/j.apmr.2014.10.019
7. Lopes GLB, Yano KM, Tavares NSA, Rego IAO, Marinho RI, Melo LP, Ribeiro KMOBF, Cavalcanti FAC. Influência do tratamento por realidade virtual no equilíbrio de um paciente comparalísia cerebral. *Rev. Ter. Ocup. Univ. São Paulo*, 2013 maio/ago, 24(2):121-6.
8. Mombarg R, Jelsma D, Hartman E. Effect of Wii-intervention on balance of children with poor motor performance. *Res Dev Disabil*. 2013 Sep; 34 (9): 2996-3003. doi: 10.1016/j.ridd.2013.06.008
9. Mombarg R, Jelsma D, Geuze R, Engelsman S. The impact of Wii Fit intervention on dynamic balance control in children with probable Developmental Coordination Disorder and balance problems. *Hum Mov Sci*. 2014 Feb; 33: 404-418. doi: 10.1016/j.humov.2013.12.007
10. Pompeu J, Dos Santos A, Lobo A, Oliveira T, Pimentel M, Guedes K, Peterson A. Motor learning, retention and transfer after virtual-reality-based training in Parkinson's disease – effect of motor and cognitive demands of games: a longitudinal, controlled clinical study. *Physiotherapy*. 2012 Sep; 98 (3): 217-223. doi: 10.1016/j.physio.2012.06.001
11. Salem Y, Jaffee S, Coffin, Godwin E. Effectiveness of a low-cost virtual reality system for children with developmental delay: a preliminary randomised single-blind controlled trial. *Physiotherapy*. 2012 Sep; 98 (3) 189-195. doi: 10.1016/j.physio.2012.06.003