



Realidad virtual en el equilibrio en niños con parálisis cerebral hemipléjica: Monografía de compilación

Fernando Andrés Imbachi Delgado

Cod: 1085315993

Asly Camila Pinzón Cáceres

Cod: 1092386296

Universidad de Pamplona

Programa de Fisioterapia

Cúcuta, Norte de Santander

2022



Realidad virtual en el equilibrio en niños con parálisis cerebral hemipléjica: Monografía de compilación

Fernando Andrés Imbachi Delgado

Cod: 1085315993

Asly Camila Pinzón Cáceres

Cod: 1092386296

Trabajo de Grado para optar el título de Fisioterapeuta

Tutor

Sandra Liliana Valero Rico

Universidad de Pamplona

Programa de Fisioterapia

Cúcuta, Norte de Santander

2022



Tabla de contenido

1.	Resumen.....	6
2.	Abstract.....	7
3.	Introducción.....	8
4.	Justificación.....	10
5.	Objetivo	12
6.	Antecedentes.....	13
7.	Marco teórico.....	15
7.1	Parálisis Cerebral Infantil (PCI).....	15
7.1.1	Epidemiología.....	15
7.1.2	Etiología y factores de riesgo	16
7.1.3	Neuropatología.....	16
7.1.4	Patogenia de la lesión cerebral que da origen a una PC.....	17
7.1.5	Clasificación de las PC según síntomas, signos predominantes y topografía	18
7.2	Equilibrio	20
7.2.1	Clases de equilibrio.....	20
7.2.2	Equilibrio Estático	20
7.2.3	Equilibrio Dinámico.....	20
7.2.4	Factores que influyen en el equilibrio Percepción vestibular.....	21
7.3	Realidad virtual	22
8.	Materiales y métodos	25
8.1	Tipo de investigación	25
8.2	Diseño de la investigación	25
8.3	Estrategia de búsqueda	25
8.4	Bases de datos	26
8.5	Año de publicación de los estudios incluidos.....	26
9.	Revisión documental	27



10.	Análisis y discusión.....	31
11.	Conclusiones	34
12.	Referencias.....	35



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”
 Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Tabla de ilustraciones

Ilustración 1. Patogenia de la parálisis cerebral	18
Ilustración 2. Clasificación de la Parálisis cerebral.....	19



1. Resumen

La parálisis cerebral infantil (PCI) es un conjunto de trastornos del desarrollo neuromotor, no evolutivo, cuya expresión clínica puede variar cuando el cerebro madura (Stavsky M et al. 2017) (Prasad, Shankar. 2018). A medida que esto pasa se produce un daño al sistema nervioso central que puede causar lesiones secundarias a los niños con parálisis cerebral, que incluyen espasmos físicos, amiotrofia/tono muscular débil, deformidad esquelética, miastenia y trastorno del desarrollo de la coordinación lo que resulta en una disfunción del equilibrio. En consecuencia, los niños con PCI que tienen problemas de equilibrio tienen más probabilidades de experimentar un número cada vez mayor de caídas y desarrollar habilidades motoras más limitadas. Para mantener el equilibrio se requiere un procesamiento de datos continuo y simultáneo de múltiples sistemas (p. ej., vestibular, visual, propiocepción y reintegración cognitiva). Cuando estos sistemas se han visto afectados por una lesión neurológica, el equilibrio y las actividades relacionadas con el equilibrio se ven afectados (Michael-Asalu et al. 2019). Por lo tanto, El objetivo de esta monografía fue determinar la eficacia de la realidad virtual en el manejo del equilibrio en niños con parálisis cerebral hemipléjica. Esta monografía se realizó bajo un esquema crítico de compilación de información que fue hallada en artículos de revista y artículos científicos con limitación de no más de 10 años de publicación y en cualquier idioma. La información recolectada se revisó y se analizó para conocer la efectividad de la realidad virtual utilizando diferentes herramientas tales como Nintendo Wii, Xbox 360 Kinect y plataformas de juegos para computador en la rehabilitación del equilibrio de acuerdo a esta patología.

Palabras Claves: Parálisis cerebral, Niños, Hemiplejia, Realidad virtual, Tabla de equilibrio Wii, Videojuegos, Equilibrio.



2. Abstract

Infantile cerebral palsy (ICP) is a set of non-evolutionary neuromotor development disorders, whose clinical expression can change when the brain matures (Stavsky M et al. 2017) (Prasad, Shankar. 2018). As this happens, central nervous system damage occurs that can cause secondary injuries to children with cerebral palsy, including physical spasms, wasting/weak muscle tone, skeletal deformity, myasthenia, and developmental coordination disorder resulting in a balance disorder. Consequently, children with PCI who have balance problems are more likely to experience an increasing number of falls and develop more limited motor skills. Maintaining balance requires continuous and simultaneous data processing from multiple systems (eg, vestibular, visual, proprioceptive, and cognitive reintegration). When these systems have been affected by neurological injury, balance and balance-related activities are affected (Michael-Asalu et al. 2019). Therefore, this monograph's aim was to determine the efficacy of virtual reality in managing balance in children with hemiplegic cerebral palsy. This monograph was carried out under a critical information compilation scheme that was found in journal articles and scientific articles with a limitation of no more than 10 years of publication and in any language. The information collected was reviewed and analyzed to determine the effectiveness of virtual reality using different tools such as Nintendo Wii, Xbox 360 Kinect and computer game platforms in the balance's rehabilitation according to this pathology.

Keywords: Cerebral palsy, Children, Hemiplegia, Virtual reality, Wii Balance Board, Videogames, Postural Balance.



3. Introducción

La parálisis cerebral infantil (PCI) es un conjunto de trastornos del desarrollo neuromotor, no evolutivo, cuya expresión clínica puede variar cuando el cerebro madura. (Stavsky M et al. 2017) (Prasad, Shankar. 2018) Este trastorno aparece en edades tempranas de la vida del niño como manifestación de patologías intrauterinas, complicaciones al nacer o secuelas de prematuridad (Stavsky M et al. 2017)(Wimalasundera, Stevenson.2016) , por el hecho de un sistema nervioso inmaduro. Su incidencia mundial es de alrededor de 2 por mil recién nacidos vivos, siendo más alta en los países no industrializados.

Por lo tanto, la PCI se presenta con mayor frecuencia en los prematuros que en los recién nacidos a término. La PCI se clasifica, según el sitio del compromiso, en hemiplejía (33%), diplejía (24%) y cuadriplejía (6%). La hemiparesia se define como la disminución de la función motriz voluntaria de la mitad del cuerpo, este trastorno corresponde a una afectación funcional de la actividad de los músculos del lado opuesto al hemisferio cerebral afectado. (Michael-Asalu et al. 2019)

Las causas de la aparición de este síndrome son difíciles de establecer. Las principales causas de la PC pueden diferenciarse en prenatal y/o neonatal y causas posts-neonatales. La PC puede aparecer durante el desarrollo temprano del cerebro del feto (por alteración genética), en la mitad del embarazo, al final del desarrollo cerebral, o puede aparecer por lesión cerebral postnatal (meningitis, ictus, traumatismo, hipoxia). (Michael-Asalu et al. 2019)

El daño al sistema nervioso central puede causar lesiones secundarias a los niños con parálisis cerebral, que incluyen espasmos físicos, amiotrofia/tono muscular débil, deformidad esquelética, miastenia y trastorno del desarrollo de la coordinación lo que resulta en una disfunción del equilibrio. En consecuencia, los niños con PC que tienen problemas de equilibrio tienen más probabilidades de experimentar un número cada vez mayor de caídas y desarrollar habilidades motoras más limitadas. (Michael-Asalu et al. 2019)



Mantener el equilibrio requiere un procesamiento de datos continuo y simultáneo de múltiples sistemas (p. ej., vestibular, visual, propiocepción y reintegración cognitiva). Cuando estos sistemas se han visto afectados por una lesión neurológica, el equilibrio y las actividades relacionadas con el equilibrio se ven afectados. (Michael-Asalu et al. 2019)

La realidad virtual hoy en día está relacionada con el cuidado de la salud, dado que genera en este caso, que el paciente tenga un entrenamiento simulado de tareas repetitivas y funcionales, realizadas a una dosis más alta en comparación con las tareas que se realizan en las terapias convencionales. El usuario recibe una retroalimentación visual del entorno virtual y las acciones a través de un dispositivo montado en la cabeza, una pantalla plana o un sistema de proyección, estos se utilizan para presentar imágenes visuales mientras que los auriculares o parlantes emiten sonido. De esta forma la retroalimentación también se puede proporcionar a través de otros sentidos, como el oído, el olfato, el tacto y el sistema vestibular. La interacción con un entorno virtual se realiza mediante el uso de un joystick, mouse, sensores, cámara, dispositivo háptico u otro hardware. (Sevcenko K, Lindgren I. 2022)

Estos entornos virtuales inmersivos se pueden usar en el entrenamiento del equilibrio al proporcionar información visual continua al usuario que el sistema vestibular puede usar como retroalimentación sensorial para crear movimientos exitosos. Además, el uso de avatares virtuales que realizan el mismo entrenamiento de equilibrio en la pantalla brinda a los usuarios la capacidad de reflejar y modular sus movimientos en tiempo real. Sin embargo, para los niños con parálisis cerebral cuyas habilidades cognitivas aún están en desarrollo, los juegos de realidad virtual pueden involucrarlos y ayudarlos a realizar ejercicios de rehabilitación repetitivos. En virtud de la retroalimentación en tiempo real sobre el ser humano, la visión y la sensación del entorno virtual creado por los juegos de realidad virtual, los niños con parálisis cerebral pueden interactuar con el entorno de realidad virtual y la duración de las actividades, la intensidad de los ejercicios y los tiempos de repetición pueden aumentarse. (Hoyos et al. 2017)



4. Justificación

La presencia de alteraciones neuromotoras en la PC hemipléjica y su alta incidencia en el rango de edad pediátrica (Prosser LA, et al.2010) justifica el desarrollo de estudios que evalúen el efecto de las intervenciones terapéuticas sobre el equilibrio y la calidad de las respuestas posturales en estos niños (Rosa GK, et al. 2008) (Schindl, et al. 2000), con el objetivo de determinar los más efectivos enfoques en la recuperación funcional. En este sentido, la terapia basada en realidad virtual (VR) es una herramienta interactiva cada vez más reconocida que se utiliza para la inmersión del paciente en un entorno virtual. (Mitchell, et al.2012) (Pavão SL, et al. 2014)

La capacidad de equilibrio bien establecida es un elemento fundamental que ayuda a las personas aprender y adquirir un nivel diferente de habilidades motoras, además, es importante que los niños con parálisis cerebral vivan una vida cotidiana y participen en actividades sociales y de entretenimiento. Por lo tanto, la función del equilibrio se considera un indicador importante para la evaluación de las habilidades motoras de los niños con parálisis cerebral. (Mitchell, et al.2012)

Uno de los problemas más comunes en los niños con parálisis cerebral hemipléjica es el control postural y el equilibrio. Este problema produce mucha incapacidad en las actividades de la vida diaria y el juego y tiene un efecto adverso en su confianza en sí mismo. Así, uno de los objetivos importantes para la familia y el terapeuta en el centro de rehabilitación es mejorar el equilibrio y el control postural de estos niños. Por otro lado, la mayoría de los familiares e incluso los terapeutas se quejan del bajo deseo de los niños por hacer prácticas. Sin embargo, muchos niños están interesados en realizar videojuegos. (Pavão SL, et al. 2014)

Debido a esto, los profesionales de la salud han buscado nuevas técnicas de rehabilitación, apoyados en los avances tecnológicos, principalmente en el tratamiento de la población pediátrica, y basándose en el juego, ya que es la principal herramienta pedagógica en todo aprendizaje incluido el aprendizaje motor, pues ayuda en la solución de problemas promoviendo la creatividad y el



desarrollo de las destrezas, además aumenta la motivación y el interés, factores que hacen que se presenten mejores resultados.

Por lo tanto, Este trabajo tiene como fin investigar sobre la efectividad de la realidad virtual en el manejo del equilibrio en niños con parálisis cerebral hemipléjica para así, posteriormente conocer si su implementación a la intervención fisioterapéutica tradicional podría incrementar la motivación y efectos positivos en los niños con PC.



5. Objetivo

Determinar la eficacia de la realidad virtual en el manejo del equilibrio en niños con parálisis cerebral hemipléjica mediante la revisión documental de diferentes bases científicas.



6. Antecedentes

Para iniciar, Burtner et al, 2007 ha informado que, tanto en el laboratorio como en entornos clínicos, es esencial desafiar por completo las habilidades de equilibrio de los niños con PC para optimizar su nivel de capacidad motora para la recuperación.

De esta manera en Ontario, Canadá (Brien, Heidi 2011) investigan el efecto de una intervención intensiva de RV de 5 días sobre el equilibrio funcional y la movilidad de adolescentes con CP GMFCS nivel I. Indican que las habilidades complejas de equilibrio y coordinación en el desempeño de caminar, la velocidad y la resistencia, así como el subir y bajar escaleras mejorarían en estos niños y que estas mejoras se mantendrían 1 semana y 1 mes después del final del entrenamiento. Los resultados de este estudio respaldan 2 hallazgos principales. Primero, los datos sugieren que el equilibrio funcional y la movilidad de los adolescentes de 13 a 18 años con parálisis cerebral pueden mejorar con una intervención de realidad virtual intensa y de corta duración. En segundo lugar, las mejoras en las medidas de resultado se mantienen durante al menos 1 mes después del entrenamiento de RV. Para todos los participantes se estableció una relación entre la intervención de RV y las mejoras significativas en el CB&M y el 6MWT que se mantuvo en el FUP.

Por otra parte, un estudio realizado en Estambul (Tarakci D, Ozdincler AR, Tarakci E, Tutuncuoglu F, Ozmen M. 2013) investigó la eficacia de la terapia de equilibrio basada en Wii para niños con parálisis cerebral ambulatoria. Este estudio incluyó a catorce pacientes ambulatorios con parálisis cerebral (11 hombres, 3 mujeres; edad media $12,07 \pm 3,36$ años). Se evaluó el equilibrio antes y después del tratamiento mediante la bipedestación en una pierna, la prueba de alcance funcional, la prueba de cronometraje y marcha, y la prueba de marcha de 6 minutos. El fisioterapeuta prescribió las actividades de Wii Fit y supervisó y apoyó a los pacientes durante las sesiones de terapia. Los ejercicios se realizaron en un programa estandarizado 2 veces por semana durante 12 semanas. Como resultados mejoró la capacidad de equilibrio de cada paciente. Se



encontraron mejoras estadísticamente significativas en todas las medidas de resultado después de 12 semanas. Se concluye que estos resultados sugieren que Nintendo® Wii Fit proporciona un método seguro, agradable, adecuado y eficaz que se puede sumar a los tratamientos convencionales para mejorar el equilibrio estático de los pacientes con parálisis cerebral; sin embargo, se requiere más trabajo.

Así mismo, en São Carlos, Brazil (Pavão SL, et al. 2014) analizó la efectividad de la terapia de RV en un niño de 7 años con parálisis cerebral hemipléjica espástica leve, el niño fue sometido a un tratamiento con los juegos XBOX 360 Kinect®, realizándose en 12 sesiones de 45 minutos después de la intervención, los autores observaron una mejora en el equilibrio postural, analizado mediante la Escala de Equilibrio Pediátrico, y un aumento en el rendimiento motor, analizado mediante la Escala de Desarrollo Motor. Los autores consideraron que los resultados obtenidos refuerzan que la RV es una herramienta prometedora que puede incorporarse a la terapia de rehabilitación de pacientes con deficiencias neuromotoras.

Por último, con la información plasmada anteriormente se puede evidenciar que en Colombia aún no se ha investigado específicamente sobre la eficacia de la realidad virtual en el manejo del equilibrio en niños con parálisis cerebral hemipléjica como un abordaje fisioterapéutico.



7. Marco teórico

7.1 Parálisis Cerebral Infantil (PCI)

La Parálisis Cerebral Infantil es un síndrome cuyo origen está localizado en el Sistema Nervioso Central (SNC) primera neurona o neurona motora superior, muy importante y frecuente dentro de la patología neurológica pediátrica:

1. La PCI es la causa más frecuente y costosa de parálisis motriz en la edad infantil, entendiéndose a la parálisis como la pérdida de la función, ya sea sensitiva o motora.
2. Es un tópico que todo médico general, pediatra y neuropediatra está obligado a conocer e investigar.

Debido a la lesión en el SNC casi todos los niños con PCI presentan, además de los defectos de la postura y el movimiento, otros trastornos asociados “encefalopatía”. Cada vez se presentan con mayor frecuencia niños con anomalías cerebrales congénitas y adquiridas. Constituye un síndrome o grupo de síndromes en los cuales existen actualmente muchas interrogantes y controversias que requieren ser constantemente revisados a fin de dilucidar científicamente sus causas y mecanismos fisiopatológicos de producción. (Gómez-López, et al. 2013)

7.1.1 Epidemiología

La prevalencia de la PC es variable en los diferentes estudios epidemiológicos. La prevalencia global de PC en los países industrializados oscila de 2 a 2,5/1000 RN vivos. Más alta en los RN de muy bajo peso y muy baja edad gestacional, según la mayoría de los autores. En los países en desarrollo la prevalencia es más alta debido a lo ya dicho y a una mayor frecuencia de asfixia perinatal. La PC no respeta países, grupos étnicos, ni edades ya que puede debutar desde la edad fetoneonatal hasta la edad adulta, si bien pueden existir diferencias mediadas por la prevalencia de bajo peso al nacer, factores maternos y obstétricos y consanguinidad. (Gómez-López, et al. 2013)



7.1.2 Etiología y factores de riesgo

La PC es un síndrome multi-etiológico. Frente al caso individual con frecuencia es imposible identificar una causa precisa. Dismorfias y malformaciones que no siempre comprometen el sistema nervioso no son raras de encontrar en niños con parálisis cerebral, lo que permite sospechar la presencia de defectos asociados ocurridos precozmente en el sistema nervioso fetal en un alto porcentaje de niños. En general los factores pre- perinatales son el 85% de las causas de PC congénita y los posnatales el 15% de las PC adquiridas. El antecedente de parto prematuro se encuentra en el 35% de los niños con PC. El riesgo de presentación de este síndrome es 30 veces mayor en el niño prematuro que pesa menos de 1.500 g que el nacido a término que pesa más de 2.500 g. (Gómez-López, et al. 2013)

- **Prenatales:** hemorragia materna, toxemia, hipertiroidismo materno, fiebre materna, corioamnionitis, infarto placentario, gemelaridad, exposición a toxinas, drogas, infección Torch, VIH, infartos cerebrales arteriales y venosos, disgenesias cerebrales y factores genéticos.
- **Perinatales:** prematuridad, asfixia pre-perinatal, hiperbilirrubinemia, infección pre-perinatal.
- **Posnatales:** traumatismo craneal, meningoencefalitis, hemorragia intracraneal, infarto cerebral, tumor intracraneal en los primeros años de vida.

La mayoría de los factores de riesgo identificados son: prematuridad, retardo del crecimiento intrauterino, infecciones congénitas, hemorragia intrauterina, alteraciones severas de la placenta y embarazos múltiples. (Gómez-López, et al. 2013)

7.1.3 Neuropatología

Los hallazgos neurohistológicos en general, son: hemorragia sub-ependimaria, encefalopatía hipóxica-isquémica, anomalías del desarrollo. El hallazgo neuropatológico más frecuente es la hemorragia subependimaria en los de muy bajo peso y menores de 28 semanas. En



la encefalopatía hipóxico - isquémica hay daño difuso en la sustancia gris y blanca (leucomalacia periventricular). (Gomez-López, et al. 2013)

En las anomalías del desarrollo los hallazgos se deben a la detección de la migración neuroblástica. Según su aparición morfológica, los hallazgos patológicos se clasifican en dos grupos diferentes: malformaciones y procesos destructivos; estos, a su vez, se clasifican en tres subgrupos (Gómez-López, et al. 2013):

- 1) Patología primariamente subcortical o secuela de trauma perinatal
- 2) Patología primariamente cortical o secuelas de trastornos posnatales
- 3) Estados desmielinizantes.

7.1.4 Patogenia de la lesión cerebral que da origen a una PC

Desde el punto de vista fisiopatológico, la injuria cerebral afecta grupos de neuronas en áreas primarias del control motor (sistema piramidal) o centros moduladores del movimiento (sistema extrapiramidal y cerebelo), pudiendo afectar además áreas cerebrales no relacionadas directamente al control motor lo que da cuenta de las deficiencias asociadas. El compromiso de estos grupos de neuronas determina deterioro de movimiento o movimientos involuntarios y falta del control inhibitorio que ejercen sobre las motoneuronas en la médula espinal. (Sáa, K. K., Benaprés, & Estrada, 2014)

La lesión cerebral que da origen a una parálisis cerebral implica una alteración de las neuronas o vías motoras que ejercen una acción inhibitoria sobre la alfa motoneurona del asta anterior de la médula espinal, con un desbalance entre los impulsos excitatorios e inhibitorios que se ejercen sobre ésta, lo que genera consecuencias inmediatas como el déficit motor derivado de la lesión de neuronas motoras y consecuencias diferidas derivadas de los cambios en la actividad medular con un aumento de tono (espasticidad). Déficit motor y espasticidad contribuyen a la reducción de rangos articulares o contracturas. (Sáa, K. K., Benaprés, & Estrada, 2014)



Ilustración 1. Patogenia de la parálisis cerebral

Fuente: Saa, K. K., Benaprés, & Estrada Parálisis cerebral. *Revista Pediatría Electrónica*. 2014

7.1.5 Clasificación de las PC según síntomas, signos predominantes y topografía

Los tipos de PC se diferencian según el segmento corporal comprometido y los síntomas y signos motores predominantes:

- 1. Parálisis cerebral espástica:** Predominan los signos piramidales y según su distribución topográfica se clasifica en:
 - A. Hemipléjica:** Se considera la forma más frecuente de PC espástica, (20 a 40 % de las PC). Se caracteriza por compromiso piramidal de un hemicuerpo, generalmente con mayor compromiso de la extremidad superior. La etiología se supone prenatal en la mayoría de los casos. Las causas más frecuentes son lesiones cortico-subcorticales de un territorio vascular, displasias corticales o leucomalacia periventricular unilateral. (Argüelles,P, 2008). Es frecuente la hipotrofia de las extremidades paréticas, desarrollo cognitivo normal o cercano a lo normal y riesgo de epilepsia que alcanza al 50% en algunas series publicadas.
 - B. Diplejia espástica:** Constituye aproximadamente el 20%, (10 a 33%) de las PC: Existe compromiso piramidal de las 4 extremidades, en mayor grado de las inferiores y se relaciona con antecedente de prematuridad.



C. Cuadriplejia o tetraparesia: Caracterizada por compromiso armónico de las 4 extremidades, constituye cerca del 27%, de las PC. Se asocia frecuentemente a compromiso cognitivo, déficits sensoriales, epilepsia y síndrome pseudobulbar. (Sáa, K. K., Benaprés, & Estrada, 2014)

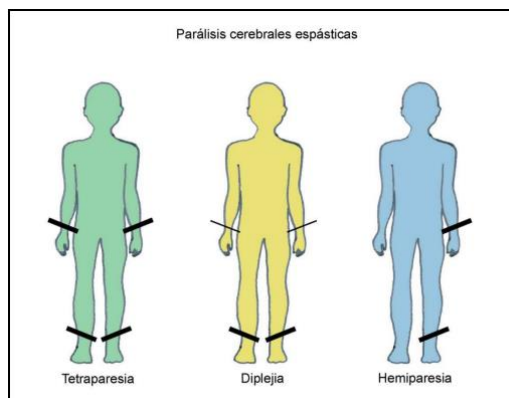


Ilustración 2. Clasificación de la Parálisis cerebral

Fuente: Ilustración. Dr. Andrés de Tezanos Pinto. Sáa, K. K., Benaprés, & Estrada Parálisis cerebral. *Revista Pediatría Electrónica*. 2014

2. Parálisis cerebral extrapiramidal o diskinéica: Predominan los movimientos anormales (corea /atetosis o distonía) con alteración del tono y la postura (13%, 9-22% de las PC).

A. Parálisis cerebral mixta: Asocia síntomas piramidales con extrapiramidales (20%)

B. Parálisis cerebral atáxica: Predomina la ataxia e hipotonía que se mantiene en el tiempo. Puede observarse en niños que sufren injuria predominantemente a nivel cerebeloso. Requiere un exhaustivo estudio de diagnóstico diferencial tendiente a descartar enfermedades progresivas.

C. Parálisis cerebral hipotónica: Muy poco frecuente, se discute su valor como entidad separada.



7.2 Equilibrio

El equilibrio se puede definir como el mantenimiento conveniente de la situación de los distintos segmentos del cuerpo y la globalidad de este en el espacio. El equilibrio es un factor fundamental de todos los movimientos donde hay una constante pérdida y recuperación de la estabilidad. Aunque el equilibrio originalmente se considera un proceso estático, también es un proceso dinámico altamente integrado que incluyen muchas formas neurológicas, como por ejemplo mantener la posición del cuerpo durante una acción, aceleración y desaceleración. De esta manera se requiere del equilibrio en diversas tareas motoras (Hakan and Nebahat 2019).

Hay dos tipos de equilibrio: estático y dinámico. El equilibrio estático es mantener el equilibrio cuando está en posición de pie, mientras que el equilibrio dinámico es mantener el equilibrio cuando se genera un movimiento (Wood 2010).

7.2.1 Clases de equilibrio

El equilibrio se puede dividir en 2 clases, estático y dinámico:

7.2.2 Equilibrio Estático

“Es el proceso perceptivo motor que busca un ajuste de la postura y una información sensorial exteroceptiva y propioceptiva cuando el sujeto no imprime una locomoción corporal” (Redondo 2011).

7.2.3 Equilibrio Dinámico

“El equilibrio dinámico se asocia con el desplazamiento porque al realizarse esta capacidad coordinativa se debe ir cambiando de postura al tener movimiento, manteniendo en cada una de ellas una posición transitoria del equilibrio”. (Redondo 2011).



7.2.4 Factores que influyen en el equilibrio Percepción vestibular

La capacidad perceptiva motriz del equilibrio se consigue gracias a la información que llega a nuestro cerebro mediante vías distintas que son las siguientes:

Sistema de la vista: Su vista le permite ver dónde se encuentra su cabeza y cuerpo en relación al mundo alrededor suyo. También le ayuda a sentir movimiento ente usted y su entorno. (Hoffman,2010)

Información propioceptiva: Existen sensores especiales en sus músculos, tendones, y articulaciones sensibles a movimiento o presión. Estos le ayudan al cerebro a saber cómo sus pies y piernas están posicionados con respecto a la superficie, y cómo su cabeza está posicionada con respecto a su pecho y hombros. (Hoffman,2010)

Sistema vestibular: Los órganos de equilibrio en el oído interno le dicen al cerebro acerca de los movimientos y posición de su cabeza. Hay un juego de tres tubos (canales semicirculares) en cada oído, y estos sienten cuando usted mueve su cabeza y le ayudan a mantener su vista clara. También hay dos estructuras en cada oído llamados otolitos (el sáculo y el utrículo). Éstas le dicen al cerebro cuando la cabeza está en movimiento directo (como cuando viaja en automóvil o sube y baja en un elevador), y sienten aun cuando la cabeza se encuentra en posición fija (viendo hacia arriba o inclinada). (Hoffman,2010)

Procesando la información sensorial—el tronco cefálico: Toda la información sensorial de su vista, músculos, tendones, articulaciones, y órganos de equilibrio en su oído interno se envía al tronco cefálico. El tallo cerebral, o tronco cefálico, también recibe información de otras partes del cerebro, llamadas el cerebelo y la corteza cerebral. Esta información proviene mayormente de experiencias pasadas que han afectado su sentido de equilibrio. Su cerebro puede controlar el equilibrio al utilizar la información que es más relevante para una situación en particular. (Hoffman,2010)



Resultado motor: Cuando su tronco cefálico descifra toda esta información, le envía mensajes a sus ojos y a otras partes de su cuerpo para moverse de manera que le ayude a mantener su equilibrio y le permita tener una vista clara mientras se mueva. (Hoffman,2010)

7.3 Realidad virtual

Desde que J. Lamier en 1986 empleara por primera vez el término de realidad virtual (RV), se han ido realizando cambios múltiples en la definición, a medida que se han ido desarrollando nuevas tecnologías en tres dimensiones. Actualmente, una de las definiciones más aceptadas de la RV es «simulación de un entorno real generado por un ordenador, en la que a través de una interfaz hombre-máquina se va a permitir al usuario interactuar con ciertos elementos dentro del escenario simulado». (Viñas-Diz., & Sobrido-Prieto. 2016).

La RV empieza a utilizarse en la rehabilitación/terapia física con el objetivo de mejorar la función motora. En la actualidad, esta tecnología se aplica cada vez más en patologías de origen neurológico (ictus, enfermedad de Parkinson [EP], lesiones medulares, parálisis cerebral infantil...), mejorando de manera muy positiva las evaluaciones, las intervenciones, así como la motivación de los pacientes para alcanzar el más alto nivel de mejora funcional. (Viñas-Diz., & Sobrido-Prieto. 2016).

La RV es una simulación de un entorno real generada por ordenador en la que, a través de una interfaz hombre-máquina, se va a permitir al usuario interactuar con ciertos elementos dentro del escenario simulado. Al hablar de RV hay que tener en cuenta dos conceptos importantes, como interacción e inmersión. Interacción, ya que la realidad virtual no supone una visualización pasiva de la representación gráfica, sino que la persona puede interactuar con el mundo virtual en tiempo real; e inmersión, porque a través de determinados dispositivos una persona tiene la sensación de encontrarse físicamente en el mundo virtual. (Peñasco-Martín, et al. 2010)

Existe una gran variedad de interfaces para interactuar con el entorno virtual, que comprenden desde los dispositivos más comunes, como un ratón, un teclado o un joystick, hasta



complejos sistemas de captura de movimiento o dispositivos hápticos que pueden proporcionar un feedback táctil y darle al usuario la sensación de que está manipulando objetos reales. (Peñasco-Martín, et al. 2010)

Los ambientes virtuales pueden variar en el grado de inmersión por parte del usuario. El término de inmersión se define como «el grado de percepción por parte del usuario de encontrarse físicamente en el mundo virtual en lugar de en el mundo real». Está relacionado con el diseño del programa y el equipo. Teniendo en cuenta este aspecto hay 2 tipos de dispositivos/sistemas de RV:

- A. **Sistemas de RV inmersivos**, donde el usuario está integrado totalmente dentro del ambiente virtual, viendo solo las imágenes generadas por el ordenador, bloqueándose el resto del mundo físico. En la actualidad, los sistemas inmersivos más utilizados son Glasstrom, IREX, Play station Eye Motion. (Viñas-Diz., & Sobrido-Prieto. 2016).
- B. **Sistemas de RV semiinmersivos o no inmersivos**, en los cuales el usuario percibe parte del mundo real y parte del mundo-entorno virtual. No hay una inmersión total en el entorno virtual. En la actualidad, los sistemas no inmersivos más utilizados son Virtual Teacher, Cyberglobe, Virtual Reality Motion, Pneumoglobe y Nintendo-Wii. (Viñas-Diz., & Sobrido-Prieto. 2016).

Tres elementos clave en la neurorrehabilitación son la repetición, el feedback y la motivación del paciente. La repetición es importante para el aprendizaje motor y para que tengan lugar los cambios corticales que los originan, pero no es la repetición por sí sola la que causa el aprendizaje motor, sino que debe ir ligada a un feedback sensorial sobre el resultado de cada una de las realizaciones. Por otro lado, para realizar una y otra vez las actividades requeridas para la neurorrehabilitación, es fundamental la motivación del sujeto, que se consigue al enfocar las diferentes actividades que conforman la terapia como un videojuego, de forma que las sesiones de tratamiento sean mucho más amenas y atractivas. (Peñasco-Martín, et al. 2010)



El uso de aplicaciones de RV como complemento a la terapia supone, además, otras importantes ventajas, como son la posibilidad de controlar de forma precisa y repetible cada una de las sesiones, la capacidad de adaptar las interfaces a las limitaciones motoras del usuario, la recreación de entornos virtuales seguros para practicar habilidades con un riesgo potencial en el mundo real y la posibilidad desarrollar plataformas de telerrehabilitación, donde médicos y terapeutas puedan seguir de forma remota la evolución del paciente a partir de los datos registrados durante cada una de las sesiones de terapia. (Peñasco-Martín, et al. 2010)



8. Materiales y métodos

8.1 Tipo de investigación

Monografía de compilación de tipo descriptivo.

8.2 Diseño de la investigación

La monografía de compilación se define como un documento resultado de una investigación documental terminada donde se analizan, sintetiza e integran los resultados de investigaciones publicadas o no reportadas, sobre una temática específica en el campo científico, tecnológico, humanístico o de diferentes fenómenos de orden históricos, psicológicos, sociológicos, entre otros. Con la finalidad de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo en dichas áreas. Caracterizándose por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de publicaciones científicas, artículos técnicos, tesis y artículos de revisión (García F, 2006). Se realizó la compilación de información de artículos científicos de ensayos clínicos aleatorizados, metaanálisis y revisiones sistemáticas, con el fin de dar a conocer y evidenciar la eficacia de la realidad virtual en el manejo del equilibrio en niños con parálisis cerebral hemipléjica.

8.3 Estrategia de búsqueda

La búsqueda en las bases de datos se realizó teniendo en cuenta el tipo de investigación (ECA), población (Menores de edad) y año de publicación. Se utilizó la siguiente ecuación de búsqueda para Pubmed siendo filtrada a 10 años (("Cerebral Palsy"[Mesh Terms] OR "Cerebral Palsy" OR "Hemiplegia"[Mesh Terms] OR "Postural Balance"[Mesh Terms] OR "Postural Balance" OR "Video Games"[Mesh Terms] OR "Video Games" OR "Rehabilitation"[Mesh Terms] OR "Rehabilitation" OR "virtual reality" OR "Child"[Mesh Terms] OR "Child" OR "Wii Balance Board" OR "child cerebral palsy" OR "virtual rehabilitation" OR "hemiplegic cerebral palsy" AND "dynamic balance" AND "Cerebral Palsy")). Adicionalmente se excluyeron artículos que no tuvieran de intervención principal la realidad virtual.



8.4 Bases de datos

Las bases de datos donde fue realizada la búsqueda de los artículos incluidos fueron Pubmed, ScienceDirect, Google académico y Scielo.

8.5 Año de publicación de los estudios incluidos

Se tomaron en cuenta los artículos publicados entre 2012-2022.



9. Revisión documental

Por medio de las evidencias de los referentes bibliográficos, obtuvimos resultados sobre la importancia del uso de la tecnología como complemento en el abordaje terapéutico para la rehabilitación del equilibrio en niños con parálisis cerebral, como es el caso de la realidad virtual por medio de Nintendo Wii, Xbox 360 Kinect y plataformas de juegos para computador, con respecto a las aplicaciones en el ámbito clínico, la búsqueda permitió identificar 5 artículos que han usado este instrumento como herramienta clínica, en la rehabilitación del equilibrio en niños con PC hemipléjica.

Según la evidencia científica se recopiló de 5 estudios los siguientes resultados:

De acuerdo con el primer artículo realizado por Devrim Tarakci, et al, en el año 2016 en Turquía, el cual consistía en comparar los efectos de los videojuegos basados en el equilibrio de Nintendo Wii-Fit y el entrenamiento del equilibrio convencional en niños con parálisis cerebral hemiplejica. La metodología de este ensayo controlado aleatorizado involucró a 30 pacientes pediátricos ambulatorios (de 5 a 12 años) con parálisis cerebral. Los participantes fueron asignados al azar a un entrenamiento de equilibrio convencional (grupo de control) o al entrenamiento de videojuegos basado en el equilibrio de Wii-Fit (grupo Wii). El grupo de control recibió entrenamiento de equilibrio convencional en cada sesión, el grupo de Wii jugó juegos de Nintendo Wii Fit, como esquí de slalom, caminar sobre la cuerda floja y fútbol de cabeza en una tabla de equilibrio. Como resultado después del tratamiento, el cambio en las puntuaciones del equilibrio fue de ($P < 0,05$) en ambos grupos. Se encontraron mejoras estadísticamente significativas en el grupo del juego basado en Wii en comparación con el grupo de control en todas las pruebas de equilibrio. Los autores concluyen que los videojuegos basados en el equilibrio de Wii-fit son mejores para mejorar los parámetros de equilibrio estáticos en niños con parálisis cerebral hemipléjica.



Así mismo, en el segundo estudio realizado por Valeska Gatica, et al, en el año 2017 en Chile, que como objetivo se planteó comparar el efecto de la tabla de equilibrio Nintendo Wii (terapia Wii) y la fisioterapia estándar (SPT), en el rendimiento del equilibrio de pie en niños con parálisis cerebral y como objetivo secundario fue determinar la eficacia posterior al tratamiento de Wii-terapia y SPT. La población que participó en este estudio tenía como diagnóstico hemiplejía espástica (SHE) y diplejía espástica (SDI), de 7 a 12 años de los cuales treinta y dos pacientes con PC ($10,7 \pm 3,2$ años) fueron asignados aleatoriamente a terapia Wii (SDI=7; SHE=9) o intervención SPT (SDI=7; SHE=9). En cada grupo, los pacientes recibieron tres sesiones por semana durante un período de 6 semanas. El equilibrio de pie se evaluó al inicio del estudio y cada 2 semanas. Además, se realizaron dos evaluaciones de seguimiento (4 semanas adicionales) para determinar la efectividad posterior al tratamiento en comparación con SPT. Como resultados obtenidos la terapia Wii redujo significativamente el CoPSway ($P = 0,02$) y SDAP en la condición de ojos abiertos ($P = 0,01$). Sin embargo, los efectos disminuyen después de 2-4 semanas. El análisis post-hoc reveló que solo los niños SHE se beneficiaron de la terapia Wii. Se concluye que la terapia Wii fue mejor que SPT para mejorar el equilibrio de pie en pacientes con parálisis cerebral, pero mejora el equilibrio solo en pacientes SHE. Además, la efectividad de la terapia Wii disminuyó de 2 a 4 semanas después del final de la intervención.

Por otra parte, el tercer artículo realizado por Hsieh-Chun, en el año 2018 en Taiwán. Tenía como objetivo el uso de plataformas que requerían movimiento multidimensional del tronco para facilitar el equilibrio postural en niños con parálisis cerebral. El grupo de intervención ($n = 20$) de 5 a 10 años de edad, recibió 12 semanas de juegos de computadora personal (PC) usando la plataforma, y el grupo de control ($n = 20$) jugó los mismos juegos usando un mouse de computadora. Los resultados fueron la oscilación del centro de presión, la escala de equilibrio de Berg (BBS), la escala de equilibrio avanzada de Fullerton (FAB) y las puntuaciones de las pruebas Timed Up and Go (TUG). La intervención del juego fue efectiva para mejorar el equilibrio en comparación con el uso estándar de la computadora. La influencia reducida de CoP y la mejora en



los puntajes de BBS y TUG pueden deberse a la mejora de las habilidades de equilibrio después de 12 semanas de entrenamiento con la plataforma de juego. Las puntuaciones medias de la BBS habían mejorado de 44 a 48. La puntuación de corte de la BBS propuesta en la bibliografía estaba en 45 puntos, para predecir un alto riesgo de caídas asociadas a una alteración clínica del equilibrio en niños con parálisis cerebral. Este hallazgo concuerda con los de estudios previos, que indican que la práctica de cambio de peso con retroalimentación por computadora influye en el equilibrio de pie en niños con parálisis cerebral.

En cuanto al cuarto estudio realizado por Morteza Pourazar, et al, en el año 2019 en Irán. En el cual se investigó los efectos de la intervención de RV en el equilibrio dinámico en 20 niñas de entre 7 y 12 años con parálisis cerebral hemipléjica espástica, estas se dividieron al azar en grupo control donde realizaron actividad física en casa bajo supervisión de sus padres y grupo experimental donde realizaron rehabilitación de baile basada en realidad virtual durante 6 semanas usando el juego de baile Kinect 'Just Dance 3', en las primeras 2 semanas se realizaron 5 sesiones por semana, en la semana 3-4 se realizaron 3 sesiones por semana, en las últimas dos semanas se realizaron 2 sesiones por semana (20 sesiones en total). Con respecto a los resultados estos mostraron una mejora significativa en el equilibrio dinámico de estos niños después de las intervenciones de RV. Debido a esto, los autores concluyen que por medio de esta intervención los niños con parálisis cerebral hemipléjica pueden participar en un entorno virtual atractivo. Esto ayuda a los niños a asistir al entrenamiento basado en videojuegos con cualquier grado de habilidad, confianza y control en el entorno virtual. Por lo tanto, la planificación de estas actividades en función de su nivel de capacidad podría haber reducido la sensación de miedo y decepción. Adicionalmente comentan que el entrenamiento basado en videojuegos puede ser una herramienta interesante en la rehabilitación y guiar con éxito a los niños con parálisis cerebral a mejorar su capacidad de equilibrio.

Por último, en Pakistán en el año 2022 Wardah Hussai et al. Realizaron una investigación sobre los efectos de las intervenciones de realidad aumentada en el equilibrio en niños con parálisis



cerebral hemipléjica espástica (SHCP) y compararon los efectos de 3 juegos. En este se trabajó con 30 niños los cuales se dividieron al azar en tres grupos de tratamiento, es decir, grupo Bubble Pop donde tenían que atrapar las burbujas de colores que provenían de diferentes direcciones evitando atrapar las de color rojo, a medida que subían de nivel aumentaba la velocidad y cantidad de las burbujas. Grupo scoop'd donde debían sostener una canasta y atrapar bolas de helado de diferentes colores provenientes de diferentes direcciones evitando las de color rojo, y grupo Balance It donde tenían que sostener con los brazos abiertos una tabla imaginaria proyectada en el juego y balancear diferentes objetos que provenían desde arriba a distintas velocidades. Esta intervención fue de 24 sesiones (tres sesiones en una semana), con una duración de 8 semanas. Cada sesión tuvo una duración de 15 min. Con relación a los resultados se encontró que después de completar un programa de entrenamiento de 8 semanas con las intervenciones de RA, la puntuación total de la Pediatric Balance Scale (PBS) mejoró significativamente en todos los grupos. Además, el juego Balance It mostró una mejor mejora en el equilibrio como en comparación con los otros juegos. Finalmente, los autores concluyeron que la intervención de RA puede ayudar a los niños con PC mejorando su equilibrio corporal y, por lo tanto, también puede conducir a una mayor participación en actividades familiares y comunitarias. Adicionalmente todos los niños se adhirieron al programa de terapia, lo que es muy alentador para futuras aplicaciones clínicas de AR como complemento de la terapia.



10. Análisis y discusión

En la presente monografía de compilación cuyo propósito principal fue brindar información sobre la efectividad de la realidad virtual en la rehabilitación del equilibrio en niños con parálisis cerebral hemipléjica, se encontraron resultados favorables que proporcionan buen aporte científico para guiar al fisioterapeuta en el manejo de esta población. Dado que realidad virtual aumenta la motivación, el interés, la satisfacción y la tasa de participación de los niños durante la terapia a diferencia del entrenamiento de equilibrio convencional, que suele generar aburrimiento o en algunos casos desertan cuando se aplica durante un largo período de tiempo. El uso de los métodos de realidad virtual es una práctica reciente en rehabilitación. Particularmente, en rehabilitación pediátrica, las prácticas de realidad virtual brindan mejoras a las habilidades como lo es la motricidad y la cognitiva. Esta tecnología incluye la retroalimentación en la integración visual, los sentidos vestibulares y periféricos, el comando central, las respuestas neuromusculares y, especialmente, la fuerza muscular y el tiempo de reacción, los cuales favorecen los procesos de rehabilitación en el equilibrio.

Devrim Tarakci, et al, en el año 2016, este estudio reveló que se obtuvieron mejoras significativas en la función del equilibrio, después de usar los videojuegos basados en el equilibrio de Wii Fit en comparación al entrenamiento de equilibrio convencional. Estos resultados se asemejan al estudio realizado por Mirac Sezer, et al en el año 2016, tenía como objetivo investigar los efectos del entrenamiento de Nintendo® Wii-Fit en el equilibrio y el rendimiento motor avanzado de niños con parálisis cerebral (PC) hemipléjica espástica, los cuales registraron aumentos significativos en el equilibrio en ambos grupos después de los programas ($p < 0,05$). Cuando se compararon los grupos, los resultados adquiridos del PBS (Pediatric Balance Scale) fueron significativamente diferentes en ambos grupos antes y después de los programas, en el análisis los tamaños del efecto, en el grupo de realidad virtual fue mayor y el efecto en el grupo de control fue de nivel medio. Cabe aclarar que la motivación es muy importante en el proceso de rehabilitación de la PCI, dado que a menudo lleva mucho tiempo alcanzar el nivel funcional



deseado. El entrenamiento de equilibrio convencional a veces hace que los niños se aburran cuando se aplica durante un largo período de tiempo. Desarrollando por medio del juego con el uso de la tecnología de computadora de manera interactiva también brinda a los rehabilitadores la oportunidad de motivar a los pacientes y se puedan recopilar datos objetivos y/o sensibles durante el proceso de rehabilitación de los pacientes. La tabla de equilibrio de Wii se ha encontrado válida y confiable para evaluar los parámetros de equilibrio de pie (distribución de fuerza, centro de gravedad desviaciones, etc.) y adecuado para la práctica clínica con su bajo costo y fácil uso.

Valeska Gatica, et al, en el año 2017, obtienen como resultados que la terapia de Nintendo Wii fue mejor que la spt (Fisioterapia estándar) para mejorar el equilibrio de pie en pacientes con PCI específicamente hemiplejía espástica, pero que la efectividad de la terapia Wii disminuyó de 2 a 4 semanas después del final de la intervención, estos hallazgos tienen similitud con el estudio de Jelsma Jennifer, et al, en el año 2012, que tenía como objetivo estudiar el impacto del entrenamiento con Nintendo Wii Fit en 14 niños con parálisis cerebral hemipléjica espástica, el estudio indica que un período de 3 semanas de práctica diaria en el Nintendo Wii Fit, mejoró el equilibrio de los niños con hemiplejía espástica, en ausencia de fisioterapia convencional y que esta mejoría se mantuvo hasta 2 meses después del cese, los autores sugieren que es probable que esta tendencia haya ocurrido como resultado de un efecto de práctica o aprendizaje. La mayoría de los niños prefirieron la intervención a la terapia convencional, además se ha encontrado que el entrenamiento específico en el equilibrio, particularmente con una cantidad adecuada de práctica, facilita la plasticidad de los sistemas neuromusculares y conduce a mejoras en esta.

Morteza Pourazar et al.2019 en su estudio dan como resultado una mejora significativa en el equilibrio dinámico de los niños después de las intervenciones de RV usando el juego de baile Kinect 'Just Dance 3', Estos hallazgos fueron consistentes con los resultados de algunas investigaciones Chun hee cho et al.2016 y María Clara Ribeiro et al.2021, investigaron los efectos de la tecnología de realidad virtual en función del equilibrio, utilizaron diferentes tipos de videojuegos para promover el equilibrio, tales como Nintendo Wii Fit Plus y Xbox 360 Kinect, por



medio de ellos, descubrieron que este enfoque mejoraba el equilibrio postural y la independencia, y motivaba más a los pacientes para hacer ejercicio porque tenía un aspecto divertido, especialmente para los niños debido a que despierta un gran interés en ellos. Por este motivo el desarrollo de habilidades de equilibrio puede promover el surgimiento de mecanismos de aprendizaje con funciones como proporcionar retroalimentación sensorial variada y repetitiva en un entorno virtual. Se puede destacar que la repetición constante de movimientos motores, diferentes fuentes de retroalimentación en los juegos de realidad virtual y los comandos verbales de los fisioterapeutas en el entrenamiento con videojuegos podrían ayudar a crear y coordinar nuevas sinergias musculares y lograr mejores resultados de equilibrio en los grupos experimental. Adicionalmente se conoce que el entrenamiento basado en videojuegos puede activar la corteza sensoriomotora, lo que lleva a la reorganización neuronal.

Por último, Hsieh-Chun, en el año 2018 y Wardah Hussai et al.2022 obtuvieron que la práctica de cambio de peso con retroalimentación por computadora o Balance It influye en el equilibrio de pie en niños con parálisis cerebral, hallaron que el juego mostró una mejora en el equilibrio en comparación con los otros juegos. Debido a que en este juego se debía mantener el equilibrio con diferentes direcciones, es consistente con los resultados de la investigación de Samira Boroumand, et al.2018 donde realizó la implementación de juegos de computadora en Biometrics Ltd E-LINK manteniendo los cambios de peso en diferentes ejes. Los resultados de estas investigaciones mostraron que la transferencia de peso usando realidad virtual no mejoró el equilibrio estático. Sin embargo, puede mejorar el equilibrio dinámico y, por lo tanto, aumentar el rendimiento independiente de los niños en las actividades diarias. Estos resultados destacan la necesidad de incorporar prácticas estáticas y dinámicas en los programas de rehabilitación del equilibrio pediátrico. Esto se debe a que la selección y realización de ejercicios de equilibrio dinámico no pueden generalizarse al equilibrio estático.



11. Conclusiones

Los estudios determinan que los programas de realidad virtual son eficaces en el manejo del equilibrio dinámico en niños con parálisis cerebral hemipléjica, se destaca que los movimientos repetitivos y la estimulación del paciente son los principios fundamentales del reentrenamiento motor y la mejora del equilibrio postural. Esta mejora podría ser debida a que el equilibrio es un proceso complejo que se basa en la integración de la visión, los sentidos vestibulares y periféricos, el comando central, las respuestas neuromusculares y, especialmente, la fuerza muscular y el tiempo de reacción. Así, que el sistema nervioso central procesa la información recibida en los sistemas sensoriales que fueron activados por las características de la aplicación de la realidad virtual y da lugar a respuestas motoras que controlan la postura, estas dependen de la coordinación de movimientos para crear equilibrio.

Los autores de las investigaciones analizadas arrojan que la intervención de RV podría conducir a cambios en la Neuroplasticidad cortical, aumentando la activación de ciertas áreas del cerebro responsables del control del movimiento, lo que se vio reflejado en mejores puntajes de equilibrio en el grupo experimental de niños con parálisis cerebral.

La literatura demuestra cómo las intervenciones terapéuticas mediante Realidad Virtual (RV) son implementadas dentro de los procesos de rehabilitación neurológica, permitiendo la ejecución de movimientos repetitivos los cuales favorecen los procesos de aprendizaje, puesto que es necesario que dichas acciones estén relacionadas con un fin, teniendo en cuenta la implementación de diferentes tipos de feedback (táctiles, auditivos, visuales y propioceptivos).

Los diferentes artículos tienen en cuenta la utilización de Nintendo Wii, Xbox 360 Kinect y plataformas de juegos para computador en la rehabilitación del equilibrio de acuerdo a esta patología. los cuales de acuerdo a los autores favorecen el feedback, la motivación y la satisfacción, siendo elementos importantes para el proceso de rehabilitación en niños con PCI, además de ser elementos de bajo costos a la hora de realizar este tipo de estudios en cuanto al equilibrio.



12. Referencias

Argüelles, P. P. (2008). Parálisis cerebral infantil. Hospital Sant Joan de Dèu, 271-277.

Barela JA, Focks GM, Hilgeholt T, Barela AM, Carvalho R de P, Savelsbergh GJ. Percepción-acción y adaptación en el control postural de niños y adolescentes con parálisis cerebral. *Deshabilitar Res Dev*. 2011; 32 :2075–2083.

Boroumand S, Hassani Mehraban A. The Effect of Virtual Reality Practice on Postural Control and Balance in Children With Cerebral Palsy: A Single-Subject Study. *Iranian Rehabilitation Journal*. 2018; 16(4):413-424. <http://dx.doi.org/10.32598/irj.16.4.413>

Burtner PA, Woollacott MH, Craft GL, Roncesvalles MN. La capacidad de adaptarse a las amenazas cambiantes del equilibrio: una comparación de niños con parálisis cerebral y niños con desarrollo típico. *Dev Neuorrehabilitación*. 2007;10:249–260.

Brien, Marie Licenciada en Ciencias (PT), Maestría en Ciencias; Sveistrup, Heidi PhD . Un programa intensivo de realidad virtual mejora el equilibrio funcional y la movilidad de adolescentes con parálisis cerebral. *Fisioterapia pediátrica: Otoño de 2011 - Volumen 23 - Número 3* - p 258-266 doi: 10.1097/PEP.0b013e318227ca0f <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21829120/>

Cho C, Hwang W, Hwang S, Chung Y. Treadmill Training with Virtual Reality Improves Gait, Balance, and Muscle Strength in Children with Cerebral Palsy. *Tohoku J Exp Med*. 2016 Mar;238(3):213-8. doi: 10.1620/tjem.238.213. PMID: 26947315. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26947315/>

Gómez-López, Simón, Jaimes, Víctor Hugo, Palencia Gutiérrez, Cervia Margarita, Hernández, Martha, & Guerrero, Alba. (2013). Parálisis cerebral infantil. *Archivos Venezolanos de Puericultura y Pediatría*, 76(1), 30-39. Recuperado en 08 de agosto de 2022, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06492013000100008&lng=es&tlng=es.



Gatica-Rojas V, Méndez-Rebolledo G, Guzman-Muñoz E, Soto-Poblete A, Cartes-Velásquez R, Elgueta-Cancino E, Cofré Lizama LE. Does Nintendo Wii Balance Board improve standing balance? A randomized controlled trial in children with cerebral palsy. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2017 Aug;53(4):535-544. doi: 10.23736/S1973-9087.16.04447-6. Epub 2016 Nov 24. PMID: 27882910.

Gordon AL, di Maggio A. Rehabilitation for children after acquired brain injury: current and emerging approaches. *Pediatr Neurol*. 2012 Jun;46(6):339-44. doi: 10.1016/j.pediatrneurol.2012.02.029. PMID: 22633627
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22633627/>

Hakan, Acar, and Eler Nebahat. 2019. "The Effect of Balance Exercises on Speed and Agility in Physical Education Lessons." *Universal Journal of Educational Research* 7(1):74–79.

Hoyos, A. G. P. (2017, 17 noviembre). Uso de la realidad virtual en la rehabilitación de la marcha y el balance : revisión exploratoria.
<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/10530>

Hsieh HC. Effects of a Gaming Platform on Balance Training for Children With Cerebral Palsy. *Pediatr Phys Ther*. 2018 Oct;30(4):303-308. doi: 10.1097/PEP.0000000000000521. Erratum in: *Pediatr Phys Ther*. 2019 Jan;31(1):129. PMID: 30199515.

Jelsma J, Pronk M, Ferguson G, Jelsma-Smit D. The effect of the Nintendo Wii Fit on balance control and gross motor function of children with spastic hemiplegic cerebral palsy. *Dev Neurorehabil*. 2013;16(1):27-37. doi: 10.3109/17518423.2012.711781. Epub 2012 Oct 3. PMID: 23030836.



Malick WH, Butt R, Awan WA, Ashfaq M, Mahmood Q. Effects of Augmented Reality Interventions on the Function of Upper Extremity and Balance in Children With Spastic Hemiplegic Cerebral Palsy: A Randomized Clinical Trial. *Front Neurol.* 2022 Jun 21;13:895055. doi: 10.3389/fneur.2022.895055. PMID: 35800080; PMCID: PMC9253568. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35800080/>

Michalski A, Glazebrook CM, Martin AJ, Wonga WW, Kim AJ, Moody KD, et al. Evaluación de las estrategias de control postural utilizadas para jugar a dos videojuegos Wii FitTM. *Postura de marcha.* 2012; 6 :449–453. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22609042/>

Michael-Asalu A, Taylor G, Campbell H, Lelea LL, Kirby RS. Cerebral Palsy: Diagnosis, Epidemiology, Genetics, and Clinical Update. *Adv Pediatr.* 2019 Aug;66:189-208. doi: 10.1016/j.yapd.2019.04.002. Epub 2019 May 15. PMID: 31230694. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31230694/>

Mitchell L, Ziviani J, Oftedal S, Boyd R. El efecto de las intervenciones de realidad virtual sobre la actividad física en niños y adolescentes con lesiones cerebrales tempranas, incluida la parálisis cerebral. *Dev Med Child Neurol.* 2012; 54 :667–671. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22283557/>

Pavão SL, Arnoni JL, de Oliveira AK, Rocha NA. Impacto de intervenção baseada em realidade virtual sobre o desempenho motor e equilíbrio de uma criança com paralisia cerebral: estudo de caso [Impact of a virtual reality-based intervention on motor performance and balance of a child with cerebral palsy: a case study]. *Rev Paul Pediatr.* 2014 Dec;32(4):389-94. doi: 10.1016/j.rpped.2014.04.005. PMID: 25511004; PMCID: PMC4311794 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4311794/>



Peñasco-Martín, B., De los Reyes-Guzmán, A., Gil-Agudo, Á., Bernal-Sahún, A., Pérez-Aguilar, B., & De la Peña González, A. I. (2010). Aplicación de la realidad virtual en los aspectos motores de la neurorrehabilitación. *Rev Neurol*, 51(481), 8.

Pourazar M, Bagherzadeh F, Mirakhori F. Virtual reality training improves dynamic balance in children with cerebral palsy. *Int J Dev Disabil*. 2019 Oct 26;67(6):429-434. doi: 10.1080/20473869.2019.1679471. Erratum in: *Int J Dev Disabil*. 2022 Jan 30;67(6):458-459. PMID: 34925773; PMCID: PMC8676581. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34925773/>

Prasad Das S; Shankar Ganesh G. Evidence-based Approach to Physical Therapy in Cerebral Palsy. *Indian J Orthop* [Internet]. 2018;53(1):20-34. Disponible en: https://doi.org/10.4103/ortho.IJOrtho_241_17

Prosser LA, Lee SC, Barbe MF, VanSant AF, Lauer RT. Actividad de los músculos del tronco y la cadera en los primeros caminantes con y sin parálisis cerebral: un análisis de frecuencia. *J Electromyogr Kinesiol*. 2010; 20 :851–859. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20472460/>

Ribeiro Souza MC, Kalil Filho FA, Wojciechowski AS. A gameterapia utilizada como ferramenta no equilíbrio de pacientes hemiparético espásticos. *Rv UniAndrade* . 2021 V.22 N.1:62-74. Disponible en: DOI: <http://dx.doi.org/10.18024/1519-5694/revuniandrade.v22n1p-62-74>

Rodrigues SD, Ciasca SM, Guimarães IE, Elias KM, Oliveira CC, Moura-Ribeiro MV. ¿El accidente cerebrovascular perjudica el aprendizaje en los niños? *Stroke Res Treat* [serie en Internet]. 2011; 2011 : 1–6. <http://www.hindawi.com/journals/srt/2011/369836/cta/>

Redondo, Cristina. 2011. “Coordinación y Equilibrio : Base Para La Educación Física En Primaria.” *Innovación y Experiencias Educativas* (37):1–11.



Rosa GK, Marqués I, Medina-Papst J, Gobbi LT. Desarrollo motor de niños con parálisis cerebral: evaluación e intervención. Rev Bras Ed Esp. 2008; 14 :163–176. <https://doi.org/10.1590/S1413-65382008000200002>

Shannon L.G. Hoffman. How does the balance system work? (2010), https://www.nwh.org/media/file/how_does_the_balance_system_work1.pdf

Tarakci D, Ersoz Huseyinsinoglu B, Tarakci E, Razak Ozdincler A. Effects of Nintendo Wii-Fit® video games on balance in children with mild cerebral palsy. Pediatr Int. 2016 Oct;58(10):1042-1050. doi: 10.1111/ped.12942. Epub 2016 Aug 23. PMID: 26858013.

Sáa, K. K., Benaprés, M. D. L. Á. A., & Estrada, X. V. (2014). Parálisis cerebral. Revista Pediatría Electrónica, 11(2)

Sevcenko K, Lindgren I. The effects of virtual reality training in stroke and Parkinson's disease rehabilitation: a systematic review and a perspective on usability. Eur Rev Aging Phys Act [Internet]. 2022;19(1):4. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s11556-022-00283-3>

Schindl MR, Forstner C, Kern H, Hesse S. Entrenamiento en cinta rodante con apoyo parcial del peso corporal en pacientes no ambulatorios con parálisis cerebral. Arch Phys Med Rehabil. 2000; 81 :301–306. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10724074/>

Stavsky M, Mor O, Mastrolia SA, Greenbaum S, Than NG, Erez O. Cerebral palsy-trends in epidemiology and recent development in prenatal mechanisms of disease, treatment, and prevention. Front Pediatr [Internet]. 2017;5(February):1-10. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fped.2017.00021>

Tarakci D, Ozdincler AR, Tarakci E, Tutuncuoglu F, Ozmen M. Wii-based Balance Therapy to Improve Balance Function of Children with Cerebral Palsy: A Pilot Study. J Phys Ther



Sci. 2013 Sep;25(9):1123-7. doi: 10.1589/jpts.25.1123. Epub 2013 Oct 20. PMID: 24259928; PMCID: PMC3818755. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3818755/>

Ürgen, M.S., Akbayrak, T., Günel, M.K., Çankaya, Ö., Güçhan, Z., & Türkyılmaz, E.S. (2016). Investigation of the effects of the Nintendo®Wii-Fit training on balance and advanced motor performance in children with spastic hemiplegic cerebral palsy: A Randomized Controlled Trial -. International Journal of Therapies and Rehabilitation Research, 5, 146-157.

Viñas-Diz, S., & Sobrido-Prieto, M. (2016). Realidad virtual con fines terapéuticos en pacientes con ictus: revisión sistemática. Neurología, 31(4), 255-277. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0213485315001632>

Wimalasundera N, Stevenson VL. Cerebral palsy. Pract Neurol. 2016;16(3):184-94.

Wood, Robert. 2010. "Balance and Coordination and Fitness." Topend Sports Website 1/1.

Retrieved (<https://www.topendsports.com/fitness/balance.htm#:~:text=Sports>

Definition%3A balance is the,under control%2C smoothly and efficiently.&text=Static balance is maintaining equilibrium,is maintaining equilibrium when moving.)