

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

FACULTAD DE MEDICINA

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA



EFFECTIVIDAD DE LA REALIDAD VIRTUAL EN LA MEJORA DE LA MARCHA Y EL EQUILIBRIO EN PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

AUTOR: Alberola Fernández, Elena.

TUTOR: Polo Azorín, Rafael.

DEPARTAMENTO: Patología y Cirugía.

Curso académico 2024-2025.

Convocatoria de Junio.

ÍNDICE.....	1
RESUMEN.....	3
INTRODUCCIÓN	6
OBJETIVOS.....	7
MATERIAL Y MÉTODOS	9
RESULTADOS	10
DISCUSIÓN	13
CONCLUSIÓN.....	14
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
ANEXO, FIGURAS Y TABLAS	26



RESUMEN

Introducción: La parálisis cerebral infantil es la principal causa de discapacidad motora en la infancia, caracterizada por trastornos motores permanentes debido a una lesión cerebral no progresiva. La realidad virtual ha emergido como una herramienta innovadora que mejora la motivación y la adherencia terapéutica.

Objetivos: Encontrar y analizar la mejor evidencia científica posible sobre la efectividad de la realidad virtual como herramienta terapéutica en niños con parálisis cerebral en la mejora de la marcha y equilibrio.

Metodología: Se realizó una búsqueda bibliográfica en diferentes bases de datos como Pubmed, Scopus, PEDro y Cochrane. Finalmente se seleccionaron 10 artículos.

Resultados: El tamaño de la muestra fue un total de 419 niños, entre 4 y 14 años con diferentes tipos y severidades de la patología según la clasificación GMFCS. La calidad metodológica media de los estudios fue de 7.2 sobre 10. Las intervenciones principalmente fueron Xbox Kinect, combinada en algunos casos con fisioterapia convencional u otras herramientas. Las medidas más usadas fueron Gross Motor Function Measure (GMFM), prueba de 6 minutos marcha (6MWT) y la Pediatric Balance Scale (PBS).

Conclusiones: La realidad virtual, concretamente la no inmersiva, es una herramienta terapéutica efectiva y motivadora en la rehabilitación de la parálisis cerebral, especialmente para mejorar el equilibrio y la marcha. Su uso complementario a la fisioterapia convencional potencia los resultados. Se recomienda continuar investigando para estandarizar protocolos, evaluar efectos a largo plazo y ampliar su aplicación en diferentes subtipos y comorbilidades.

Palabras clave: “parálisis cerebral infantil”, “realidad virtual”, “marcha” y “equilibrio”.

ABSTRACT

Introduction: Cerebral palsy is the leading cause of motor disability in childhood, characterized by permanent motor disorders due to a non-progressive brain injury. Virtual reality has emerged as an innovative tool that enhances motivation and therapeutic adherence.

Objectives: Identify and analyze the best available scientific evidence on the effectiveness of virtual reality as a therapeutic tool in children with cerebral palsy to improve gait and balance.

Methodology: A literature search was conducted in various databases such as PubMed, Scopus, PEDro, and Cochrane. A total of 10 articles were finally selected.

Results: The total sample size included 419 children aged between 4 and 14 years, with different types and severities of the condition according to the GMFCS classification. The average methodological quality of the studies was 7.2 out of 10. The main interventions used were based on Xbox Kinect, sometimes combined with conventional physiotherapy or other tools. The most commonly used clinical measures were the Gross Motor Function Measure GMFM, the 6-Minute Walk Test (6MWT), and the Pediatric Balance Scale (PBS).

Conclusions: Virtual reality—particularly non-immersive—is confirmed as an effective and motivating therapeutic tool in the rehabilitation of children with cerebral palsy, especially for improving dynamic balance and gait. Its complementary use alongside conventional physiotherapy enhances functional outcomes. Further research is recommended to standardize protocols, assess long-term effects, and expand its application to different subtypes and comorbidities.

Keywords: "cerebral palsy", "virtual reality", "gait", and "balance".

INTRODUCCIÓN

La parálisis cerebral infantil (PCI) es un término que engloba un conjunto de trastornos del desarrollo provocados por una lesión cerebral no progresiva, que pueden suceder durante el desarrollo prenatal o las etapas perinatal y posnatal, siendo así la causa más frecuente de discapacidad motora durante la infancia. Su prevalencia es de 2,1 niños por cada 1.000 recién nacidos vivos. En el caso de España llegan a nacer dos niños con PCI por cada mil niños nacidos vivos. (1)

Dada la complejidad del cuadro clínico y su diversidad, se han realizado múltiples intentos de definición a lo largo del tiempo. Finalmente, se definió como *“un grupo de desórdenes permanentes del desarrollo del movimiento y postura, que causan una limitación; y se atribuyen a alteraciones no progresivas que ocurren en el desarrollo del cerebro fetal o infantil.”* (1)

Generalmente los factores prenatales y perinatales describen alrededor del 85% de los casos de PCI congénita, a su vez los posnatales representan el 15% de las adquiridas. Se ha observado que el parto prematuro está presente en el 35% de los casos. (2) Cabe destacar que muchos casos tienen causas aún desconocidas, siendo la etiología considerada multifactorial. En consecuencia, esta patología manifiesta una gran heterogeneidad clínica, comorbilidades y desenlaces variables. (2,3).

Respecto a la variedad clínica, presenta un amplio abanico de trastornos neurológicos, ortopédicos, del lenguaje y del desarrollo cognitivo, cuya gravedad varía en función del tipo y la extensión de la afectación neuromotora. (4) El tratamiento de la PCI requiere un abordaje multidisciplinar en el que intervienen diferentes profesionales como el neurólogo, oftalmólogo, pediatra, psicólogo, logopeda, terapeuta ocupacional y, por supuesto, el fisioterapeuta. Cada uno de estos especialistas con sus competencias, se coordinan y trabajan con un objetivo común, el desarrollo del niño. (5)

Desde el punto de vista neurológico, uno de los trastornos más frecuentes asociados a la parálisis cerebral es la epilepsia, que afecta a un porcentaje estimado entre 35 % y el 62 % de los casos, siendo más prevalente en aquellos niños con una afectación motora más severa. Además encontramos un alto porcentaje de niños que sufren déficit visual entre el 40 y 75%. (4)

Asimismo, son frecuentes los trastornos del movimiento, especialmente en las formas discinéticas, donde a menudo se presentan en combinación con la espasticidad. (4) En cuanto a la marcha, encontramos diferentes patrones en pacientes con hemiparesia espástica (la más frecuente) como puede ser equino aparente, marcha agazapada, patrón asimétrico o marcha en salto. (6)

Entre las alteraciones ortopédicas, la espasticidad está presente en cerca del 85 % de los niños y constituye uno de los principales factores limitantes del movimiento. Este aumento anómalo del tono muscular genera un desequilibrio de fuerzas musculares, que con el tiempo conduce a la restricción del rango articular y favorece la aparición de contracturas y deformidades osteoarticulares. Entre estas últimas, destacan el pie equino, la luxación o desplazamiento de cadera y la escoliosis. Por último, no puede pasarse por alto la presencia de discapacidad intelectual, la cual se manifiesta en un rango estimado del 40 al 70 % de los casos, con mayor incidencia en las formas espásticas. (4)

Tradicionalmente, el tratamiento fisioterapéutico para estos niños ha abarcado una gran diversidad de técnicas como pueden ser el Método Bobath, Le Metayer, Método Halliwick, Hipoterapia o Método Vojta. (7,8,9,10,11) En fisioterapia la tendencia es trabajar con las técnicas con mayor grado de evidencia y consenso científico (12), tal así que algunas de estas técnicas son cuestionadas o discutidas debido a su bajo nivel de evidencia.(7,9,11) En esta línea, el avance tecnológico ha permitido introducir herramientas innovadoras, como la realidad virtual (RV), una de las áreas tecnológicas que ha mostrado un continuo crecimiento en la última década. (13) Esta técnica es muy motivadora ya que tiene un enfoque muy lúdico, por lo que resulta muy llamativa para los pacientes pediátricos y resulta de gran ayuda en la adherencia al tratamiento, además de ser muy beneficiosa a nivel estimulante y tener elementos de feedback. (13,14)

La RV es un instrumento terapéutico que está basado en la inmersión total o parcial del paciente en un entorno de escenas virtuales generado por dispositivos electrónicos, que proporcionan una retroalimentación visual y sensorial realista de los movimientos. Es decir, se trata de la ilusión de la participación en un entorno sintético en lugar de la observación de dicho entorno. (15) Esta a su vez, se divide en dos tipos: RV no inmersiva (que incluye el entorno real y la realidad aumentada) y RV inmersiva. (14)

Desde el punto de vista terapéutico, la intervención basada en la RV, especialmente a través de videojuegos interactivos, potencia la neuroplasticidad y el aprendizaje motor, gracias a la repetición de tareas en un entorno seguro y motivador. Estas simulaciones permiten realizar actividades que, de otro modo, serían imposibles o peligrosas, y brindan retroalimentación inmediata a nivel visual, auditivo y propioceptivo, lo que mejora la conciencia corporal y la precisión del movimiento. Además, el uso de videoconsolas comerciales ha facilitado la accesibilidad de estas terapias tanto para profesionales como para familias, con un bajo coste y múltiples opciones de personalización. Es de vital importancia fomentar este tipo de intervención, ya que la PCI es una condición permanente, y se necesitan estrategias que aumenten la adherencia al tratamiento. (16)

No obstante, debemos tener en cuenta que en algunos casos el uso de la RV puede estar contraindicado o no recomendado, como es el caso de pacientes con epilepsia fotosensible (que podrían sufrir crisis provocadas por los estímulos visuales), mareos o déficits visuales. (17,18).

OBJETIVOS

HIPÓTESIS:

El uso de la realidad virtual en el tratamiento fisioterápico de la parálisis cerebral infantil es muy efectivo en la mejora de la marcha y el equilibrio.

Objetivo General:

Encontrar y analizar la mejor evidencia científica posible sobre la efectividad de la realidad virtual como herramienta terapéutica en la marcha y el equilibrio en niños con parálisis cerebral.

Objetivos Específicos:

- Identificar las principales aplicaciones de la realidad virtual en la rehabilitación de funciones motoras, cognitivas, motivacionales y sensoriales en población pediátrica con parálisis cerebral.
- Evaluar la efectividad de las intervenciones basadas en realidad virtual comparadas o combinadas con terapias tradicionales.
- Explorar los tipos de sistemas de realidad virtual utilizados (inmersivos, semi-inmersivos, no inmersivos) y su impacto en los resultados terapéuticos.
- Detectar las limitaciones, barreras o efectos secundarios reportados en los estudios sobre el uso de realidad virtual en parálisis cerebral infantil.

MATERIAL Y MÉTODOS

Esta revisión bibliográfica ha sido aprobada por la Oficina de Investigación Responsable de la Universidad Miguel Hernández de Elche con el COIR para TGFs: **TFG.GFI.RPA.EAF.250408**.

La revisión se basa en una revisión bibliográfica exhaustiva en múltiples bases de datos como Pubmed, Scopus, PEDro y Cochrane. Para la realización de esta revisión de la literatura científica se emplearon los siguientes criterios:

Criterios de inclusión:

- Artículos científicos publicados en los últimos 5 años.
- Ensayos clínicos y estudios piloto.

Criterios de exclusión:

- Artículos que no tengan relación con la parálisis cerebral infantil.
- Artículos que no estén relacionados con la marcha, equilibrio o control postural.
- Revisiones sistemáticas, revisiones bibliográficas y meta-análisis.
- Artículos con menos de un 5 en la escala PEDro.

En cuanto a la realización de la búsqueda se emplearon los siguientes términos “Virtual Reality”, unido mediante el operador booleano AND a “Cerebral Palsy”. Los filtros utilizados fueron artículos publicados en los últimos 5 años y que se trataran de ensayos clínicos.

El proceso de selección de artículos consistió en realizar un cribado de los diferentes artículos para excluir los que no cumplieran los criterios requeridos o estuviesen duplicados. Esta búsqueda se realizó siguiendo las directrices de la guía “Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses”, PRISMA. (19)

Como herramienta para evaluar la calidad metodológica se empleó la escala “Physiotherapy Evidence Database”, PEDro. Esta escala consta de once ítems que hacen alusión a la validez interna y externa de un artículo, cerciorando así que tenga información estadísticamente suficiente para una interpretación adecuada de los resultados. Se considera excelente la puntuación de 9-10, buena de 6-8, regular de 4-5 y mala menos de 4. La puntuación de los artículos seleccionados en el estudio está detallada en el apartado de anexos de figuras y tablas. (20)

RESULTADOS

Tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión establecidos, se seleccionaron finalmente 10 estudios con un diseño metodológico mayoritariamente basado en ensayos clínicos aleatorizados, exceptuando uno que presentaba un diseño de tipo cruzado de una sesión con intervención única. (27)

En cuanto a la calidad metodológica de los artículos la media de estos es de 7,2. De estos artículos, 1 obtuvo una puntuación 5/10 (22); otros 2 obtuvieron una puntuación 6/10 (27,30); seguidamente 3 obtuvieron una puntuación 7/10 (23,25,29); otros 2 una puntuación de 8/10 (21,26); y los últimos 2 una puntuación 9/10 (24,28).

Respecto al tamaño de la muestra, fueron un total de 419 niños, evaluados se incluyeron tanto hombres como mujeres a partir de 4 y hasta 14 años de edad. Sobre el tipo de parálisis estudiada encontramos que todos los artículos hablan de PCI espástica, a excepción de uno con atáxica. (23)

En referencia a la severidad de la patología, según la clasificación GMFCS observamos: GMFCS I (25,26), GMFCS I-II (23,24,27,28,30), GMFCS I-III (29) y GMFCS II-III (21,22). Por ende, podemos afirmar que todos los estudios concuerdan en la herramienta empleada para la clasificación de esta patología.

En relación con los tipos de intervención, la totalidad de los estudios se empleó alguna modalidad de RV no inmersiva, principalmente mediante sistemas comerciales como Xbox Kinect (21,24,25,26,28,29,30) o Nintendo Wii (23), con la excepción del estudio de De Mulder et al., que utilizó el sistema GRAIL, considerado una tecnología semi-inmersiva. (27) Asimismo, algunos estudios combinaron RV con fisioterapia convencional (21,23,25,26,30), en otros con entrenamiento en cinta rodante (27) o RAGT (terapia asistida por robot) (22), en varios estudios el grupo experimental realizó la intervención únicamente con RV. (24,28,29) A su vez algunas investigaciones compararon directamente con métodos tradicionales como la barra de equilibrio (28) o el entrenamiento robótico de la marcha.(22)

Las medidas más utilizadas en estos estudios fueron GMFM (21,22,24,30), 6 MWT (22,28) y PBS (21,23,24), sin embargo, la mayoría de los estudios presenta una amplia variedad de herramientas clínicas no homogeneizadas.

DISCUSIÓN

El uso de la RV, concretamente en su modalidad no inmersiva, es una herramienta terapéutica efectiva en la rehabilitación de la parálisis cerebral, principalmente en lo que respecta a la mejora del equilibrio y la marcha. Pese a la variabilidad en los dispositivos, medidas de resultado e intervenciones, los estudios analizados presentan una gran evidencia del uso terapéutico de la RV como herramienta complementaria a la fisioterapia convencional, con unos resultados significativos.

Múltiples estudios coinciden en afirmar que la RV no inmersiva — específicamente aquella centrada en videojuegos activos mediante plataformas como Xbox Kinect o Wii— (21,23,24,25,26,28,29,30) brinda un entorno motivador que fomenta la participación del niño, incrementa la repetición de tareas funcionales y permite una retroalimentación multisensorial a tiempo real.

En cuanto a la mejora del equilibrio dinámico, se observó en niñas con parálisis cerebral hemipléjica tras seis semanas de intervención con juegos de baile *Just Dance 3*, donde se apreciaron mejoras significativas en las tres direcciones del test de alcance en estrella. (29)

Similarmente, Arnoni et al. demostraron que una intervención basada en juegos deportivos virtuales permitió mejorar la movilidad funcional y la marcha, además de disminuir movimientos compensatorios de la pelvis durante la marcha, como la rotación excesiva en parálisis cerebral unilateral. Esta afirmación alberga implicaciones clínicas importantes, ya que estos patrones anormales contribuyen a una mejora en el equilibrio y la marcha. (26)

En referencia a la combinación de RV con tecnologías avanzadas como el entrenamiento de marcha asistido por RAGT, los resultados también son muy prometedores. Fu et al. demostraron que la integración de RV con RAGT mejora significativamente la capacidad de caminar, siendo más efectiva cuando el soporte de peso corporal es del 30%. Esto sugiere que el grado de asistencia mecánica debe ser cuidadosamente ajustado para maximizar el beneficio terapéutico sin disminuir la activación muscular voluntaria. (22)

No obstante, algunos autores defienden que estas mejoras no siempre se reflejan en escalas globales de desempeño funcional. En el estudio de De Mulder et al., que compara la retroalimentación verbal y de RV mediante el sistema GRAIL, se observó una mejora en la extensión de cadera durante la marcha, aunque sin cambios significativos en el Gmail Profile Score (GPS), debido probablemente a estrategias compensatorias. (27)

Sin embargo, en la comparación entre RV y otras intervenciones convencionales como el entrenamiento sobre barra de equilibrio no observamos diferencias significativas. Por ejemplo, recientemente un estudio con niños con hemiplejía espástica afirmó que la RV y la barra de equilibrio tuvieron la misma efectividad en la mejora del equilibrio y la marcha, lo que sugiere que la elección puede depender más de preferencia del paciente y el terapeuta. (28)

En cuanto a poblaciones menos estudiadas, como niños con parálisis cerebral atáxica, la RV también demostró beneficios significativos, mejorando la estabilidad postural en múltiples direcciones y reduciendo la oscilación corporal tras el uso de la tabla de equilibrio Wii. Por lo tanto, observamos que se amplía la variedad clínica en aplicación de la RV, aunque se requieren más estudios controlados en subtipos menos prevalentes. (23)

Cabe destacar que si bien la mayoría de los estudios muestran mejoras en parámetros clínicos, no todos encuentran diferencias estadísticamente significativas entre la RV y la fisioterapia convencional en cuanto a funciones motoras gruesas o independencia funcional. Por ejemplo, un estudio que combinó fisioterapia con videojuegos no observó diferencias significativas en la escala GMFM-88 ni en el WeeFIM respecto al grupo control, aunque sí mejoras en equilibrio dinámico según el Kids-Mini-BESTest. Esto propone que el principal valor de la RV podría residir en mejorar aspectos más específicos del control postural y la motivación, más que en sustituir otras formas de terapia. (21)

Uno de los elementos más destacados en los estudios revisados es el papel motivacional de la RV. La mayoría de los trabajos coinciden en que los videojuegos activos incrementan el compromiso del niño con la terapia, la repetición de tareas y la adherencia al tratamiento. Arnoni et al. afirman que los ambientes de índole lúdica mejoran la implicación del paciente, incluso en tareas de control pélvico complejas. (25) El estudio de Pourazar et al. mostró que las niñas que realizaron entrenamiento con el videojuego *Just Dance 3* completaron la intervención sin abandonos ni signos de fatiga, por lo que se destaca la alta tolerancia y aceptación de este enfoque. (29) Del mismo modo, Arnoni et al. acreditaron que la complementación de videojuegos activos con fisioterapia convencional mejoró tanto en la movilidad funcional como en la adherencia terapéutica del niño. (25)

Asimismo, Ziab et al. observaron que la retroalimentación visual mediante avatares y puntuaciones en pantalla ayuda de manera significativa a mantener el interés del niño. (24)

Mencionar que hay artículos defienden que no se debe considerar RV a plataformas como Wii o Xbox Kinect (31), no obstante al realizar la búsqueda y lectura de los estudios elegidos observamos que estos sí consideran estos dispositivos como tal.

En resumen, la RV se sitúa como una herramienta terapéutica efectiva, atractiva y lúdica, con efectos positivos especialmente en el equilibrio, la marcha y la motivación para la terapia. Sin embargo, su efectividad parece aumentarse cuando se integra con tratamientos convencionales (21,23,25,26,30) y se adapta a las características específicas del niño y del tipo de parálisis. Futuros estudios deberían abordar la estandarización de protocolos, el análisis de coste-beneficio y el impacto a largo plazo de estas intervenciones en la calidad de vida de los pacientes.

Limitaciones encontradas:

Primeramente, la diversidad de herramientas de evaluación empleadas, lo cual dificulta la comparación de resultados entre estudios. Se utilizaron escalas como la Paediatric Balance Scale (PBS), la Gross Motor Function Measure (GMFM-88 y GMFM-66), la 6MWT, la prueba TUG (Time up and go), Test de alcance en estrella (SEBT), y Escala de Ashworth entre otras.

Por otro lado, la mayoría de los estudios acorde a los criterios de inclusión utilizaron RV no inmersiva, basada en pantallas y sensores de movimiento (Xbox Kinect, Nintendo Wii). Solo un artículo De Mulder et al. empleó un sistema semi-inmersivo como es el GRAIL, que proyecta entornos y permite análisis 3D, pero sin utilizar gafas de RV. Por lo que ningún estudio en esta revisión empleó RV completamente inmersiva, lo que limita el conocimiento sobre sus posibles beneficios o riesgos en niños con parálisis cerebral.

Además, en una gran cantidad de artículos, los criterios de exclusión mencionan niños que sufrieron epilepsia o déficits visuales y cognitivos, este grupo abarca un gran porcentaje ya que estos perfiles clínicos son muy habituales.

CONCLUSIÓN

Esta revisión de la literatura confirma que la RV, especialmente de tipo no inmersiva, constituye una herramienta terapéutica efectiva y motivadora en el abordaje de niños con PCI, con mejoras clínicas significativas fundamentalmente en los aspectos del equilibrio y la marcha.

La RV combinada con fisioterapia convencional incrementa de manera positiva los resultados. Sin embargo, en algunos casos, no se observan diferencias significativas en escalas globales de desempeño funcional, por lo que se sugiere que su principal atributo es mejorar áreas específicas como el equilibrio, la marcha y la motivación. Además, la incorporación de tecnologías avanzadas como el entrenamiento asistido por robot muestra resultados alentadores, señalando que el grado de asistencia debe adecuarse para que la activación muscular sea más óptima.

Si bien la mayoría de los estudios se han centrado en la RV no inmersiva, la evidencia sobre modalidades más inmersivas es aún limitada, y la heterogeneidad en los métodos y medidas de evaluación dificulta la comparación directa de resultados. Asimismo, se observa una escasa investigación en subtipos menos prevalentes de PCI y en pacientes con comorbilidades frecuentes, como epilepsia o trastornos visuales. Se requieren futuros estudios que homogeneicen protocolos, evalúen su impacto a largo plazo e investiguen su aplicación en diferentes casos clínicos, para así potenciar su utilidad y acceso en la práctica clínica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Driss YH. Tratamiento fisioterápico de la parálisis cerebral infantil. *NPunto*. 2023;6(64):36-58.
2. Gómez-López S, Jaimes VH, Palencia Gutiérrez CM, Hernández M, Guerrero A. Parálisis cerebral infantil. *Arch Venez Pueric Pediatr*. 2013;76(1):30–9.
3. Yuan J, Cui M, Liang Q, Zhu D, Liu J, Hu J, et al. Heterogeneidad de la parálisis cerebral: características clínicas y significación diagnóstica a partir de un análisis de muestra grande. *Neuroepidemiología*. 2024;58(6):470–80.
4. Peláez-Cantero MJ, Cerdón-Martínez A, Madrid-Rodríguez A, Núñez-Cuadros E, Ramos-Fernández JM, Gallego-Gutiérrez S, et al. Parálisis cerebral en pediatría: problemas asociados. *Rev Neurol*. 2021;30(1):115–24.
5. Trabacca A, Vespino T, Di Liddo A, Russo L. Multidisciplinary rehabilitation for patients with cerebral palsy: improving long-term care. *J Multidiscip Healthc*. 2016;9:455–62.
6. Ortiz Agurto N, Arosemena Miranda E, Rodríguez Barakat V, Reyes Guerrero I. Patrones de marcha en pacientes con parálisis cerebral según su función motora gruesa. *Rev Colomb Med Fis Rehabil*. 2021;31(2):e302.
7. Zanon MA, Pacheco RL, Latorraca CO, Martimbianco ALC, Pachito DV, Riera R. Neurodevelopmental Treatment (Bobath) for Children With Cerebral Palsy: A Systematic Review. *J Child Neurol*. 2019;34(11):679–86.
8. Sedeño-Vidal A. Efectividad del método neurológico Le Métayer en niños con parálisis cerebral. *Cuest Fisioter*. 2011;40(2):139–46.

9. Tapia C, Constanzo J, González V, Barría RM. The effectiveness of aquatic therapy based on the Halliwick concept in children with cerebral palsy: a systematic review. *Dev Neurorehabil.* 2023;26(6-7):371–6.
10. Martín-Valero R, Vega-Ballón J, Perez-Cabezas V. Benefits of hippotherapy in children with cerebral palsy: A narrative review. *Eur J Paediatr Neurol.* 2018;22(6):1150–60
11. Sánchez-González JL, Sanz-Esteban I, Menéndez-Pardiñas M, Navarro-López V, Sanz-Mengíbar JM. Critical review of the evidence for Vojta Therapy: a systematic review and meta-analysis. *Front Neurol.* 2024;15:1391448.
12. Sánchez-Aldeguer J, Esquirol-Caussa J, Dalmau-Santamaria I. Fisioterapia basada en la evidencia y translacionalidad. *Actualizaciones en Fisioterapia.* 2016;(XII):75–79.
13. Coronado-Ahumada KJ, Están-Márquez AF, Natera-Panza B, de la Hoz Lara RA, Salas-Viloria KE. El valor agregado de la realidad virtual en tratamientos de rehabilitación muscular: revisión de literatura. *Revista Lasallista de Investigación.* 2021;18(2):239–247.
14. Álvaro Verdejo P, Delgado Lería J, Garate Cativiela J, Campo Falgueras L, Martín Pérez V, Arregui Combalía R. La realidad virtual en fisioterapia: una revolución en la rehabilitación. *Rev San Investig.* 2024;8(8):1–6.
15. Gigante MA. Virtual Reality: Definitions, History and Applications. En: Earnshaw RA, Gigante MA, Jones H, editores. *Virtual Reality Systems.* San Diego: Academic Press; 1993. p. 3–14

16. Gonzalo-Bellot A, Rodríguez-Seoane S. Efectividad de la realidad virtual y los videojuegos sobre el control postural y equilibrio en población infantil con parálisis cerebral en el ámbito de la Atención Temprana: revisión sistemática. *Fisioterapia*. 2022;44(4):240–253
17. Sur L, Yildirim C, Pavel A, Borkin MA. Barreras a la accesibilidad fotosensible en la realidad virtual. *CHI Conf Hum Factors Comput Syst Proc*. 2024;2024:58:1–13.
18. Undurraga-Tschischow MJ, Sales-Avila A, Fierro-Larenas MJ, Mena-Iturriaga MJ, et al. Contraindicaciones y efectos adversos de la realidad virtual inmersiva como herramienta terapéutica: revisión de alcance. *Fisioter Bras*. 2025;26(1):2018–61.
19. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372:n71.
20. Cashin AG, McAuley JH. Clinimetrics: Physiotherapy Evidence Database (PEDro) Scale. *J Physiother*. 2020;66(1):59.
21. Jha KK, Karunanithi GB, Sahana A, Karthikbabu S. Randomised trial of virtual reality gaming and physiotherapy on balance, gross motor performance and daily functions among children with bilateral spastic cerebral palsy. *Somatosens Mot Res*. 2021 Jun;38(2):117–126.
22. Fu W-S, Song Y-C, Wu B-A, Qu C-H, Zhao J-F. Virtual reality combined with robot-assisted gait training to improve walking ability of children with cerebral palsy: A randomized controlled trial. *Technol Health Care*. 2022;30(6):1525–1533.
23. Mouhamed HA, Abo-Zaid NA, Khalifa HA, Ali ME, Elserty NS, Behiry MA, et al. Efficacy of virtual reality on balance impairment in ataxic cerebral palsy children: randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2024 Dec;60(6):949–955.

24. Ziab H, Saleh S, Talebian S, Olyaei G, Mazbouh R, Sarraj AR, et al. Effectiveness of virtual reality training compared to balance-specific training and conventional training on balance and gross motor functions of children with cerebral palsy: A double blinded randomized controlled trial. *J Pediatr Rehabil Med*. 2024 Sep;17(3):353–368.
25. Arnoni JLB, Lima CRG, Verdério BN, Kleiner AFR, de Campos AC, Rocha NACF. Active videogame training combined with conventional therapy alters body oscillation in children with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Games Health J*. 2022;11(4):252–261.
26. Arnoni JLB, Kleiner AFR, Lima CRG, de Campos AC, Rocha NACF. Nonimmersive virtual reality as complementary rehabilitation on functional mobility and gait in cerebral palsy: A randomized controlled clinical trial. *Games Health J*. 2021;10(4):254–263.
27. De Mulder T, Adams H, Dewit T, Molenaers G, Van Campenhout A, Desloovere K. A comparison of the immediate effects of verbal and virtual reality feedback on gait in children with cerebral palsy. *Children (Basel)*. 2024;11(5):524.
28. Madboly MM, Olama KA, Ayoub HE, Alafify DH, Saeed D, Abd Elnabie WA. Realidad virtual versus barra de equilibrio en el rendimiento de la marcha en niños con parálisis cerebral hemipléjica espástica: un ensayo comparativo controlado aleatorizado. *Physiother Quart*. 2024;31(1):XX–XX.
29. Pourazar M, Bagherzadeh F, Mirakhori F. El entrenamiento en realidad virtual mejora el equilibrio dinámico en niños con parálisis cerebral. *Rev Int Discapac Desarro*. 2021;67(6):429–434.
30. Arnoni JLB, Pavao SL, dos Santos Silva FP, Rocha NACF. Effects of virtual reality in body oscillation and motor performance of children with cerebral palsy: a preliminary randomized controlled clinical trial. *Complement Ther Clin Pract*. 2019 May;35:189–194.

31. Tieri G, Morone G, Paolucci S, Iosa M. Virtual reality in cognitive and motor rehabilitation: facts, fiction and fallacies. *J Contemp Psychother.* 2018;48(1):11–16.



ANEXOS

Certificado Coir:



INFORME DE EVALUACIÓN DE INVESTIGACIÓN RESPONSABLE DE 1. TFG (Trabajo Fin de Grado)

Elche, a 10/04/2025

Nombre del tutor/a	Rafael Polo Azorín
Nombre del alumno/a	Elena Alberola Fernández
Tipo de actividad	Sin implicaciones ético-legales
Título del 1. TFG (Trabajo Fin de Grado)	Efectividad de la realidad virtual en parálisis cerebral infantil. Una revisión bibliográfica
Evaluación de riesgos laborales	No solicitado/No procede
Evaluación ética humanos	No solicitado/No procede
Código provisional	250408043012
Código de autorización COIR	TFG.GFI.RPA.EAF.250408
Caducidad	2 años

Se considera que el presente proyecto carece de riesgos laborales significativos para las personas que participan en el mismo, ya sean de la UMH o de otras organizaciones.

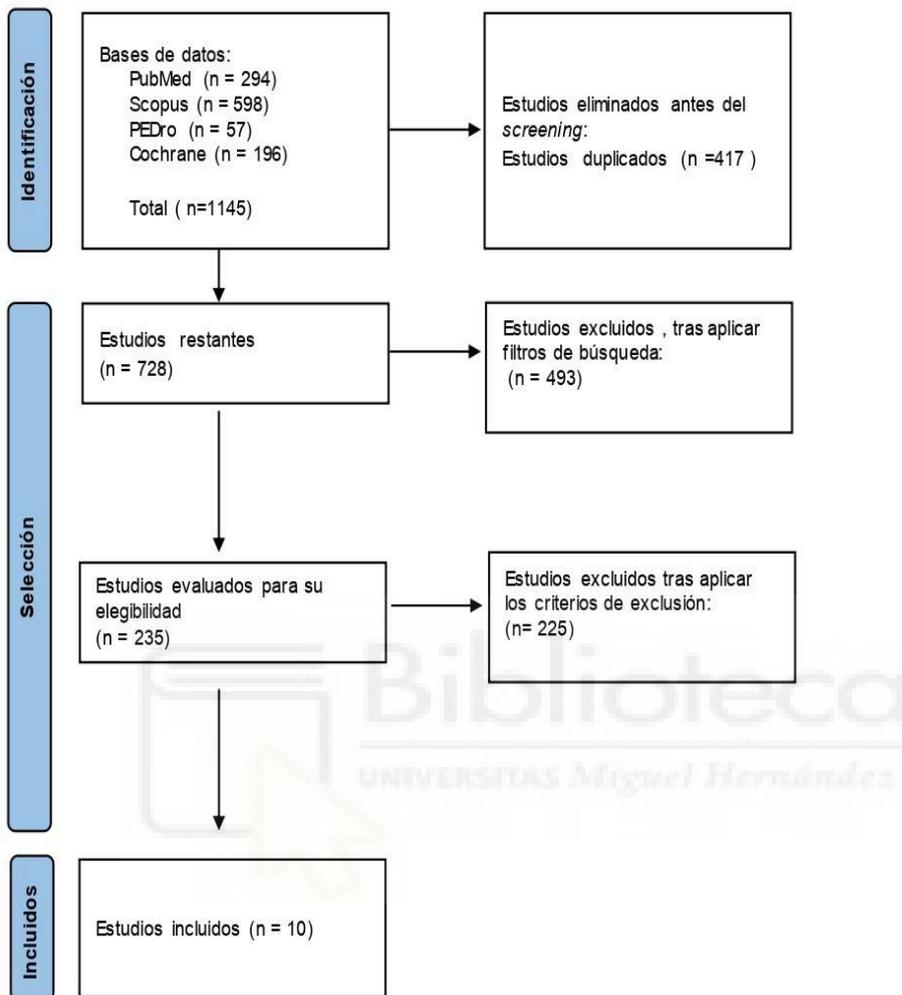
La necesidad de evaluación ética del trabajo titulado: **Efectividad de la realidad virtual en parálisis cerebral infantil. Una revisión bibliográfica** ha sido realizada en base a la información aportada en el formulario online: "TFG/TFM: Solicitud Código de Investigación Responsable (COIR)", habiéndose determinado que no requiere ninguna evaluación adicional. Es importante destacar que si la información aportada en dicho formulario no es correcta este informe no tiene validez.

Por todo lo anterior, **se autoriza** la realización de la presente actividad.

Atentamente,

Alberto Pastor Campos
Jefe de la Oficina de Investigación Responsable
Vicerrectorado de Investigación y Transferencia

Figura 1. Diagrama de flujo basado en Prisma 2020.



From: Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71

Calidad metodológica, según escala PEDro.

AUTOR Y AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	PUNTUACIÓN
Jha et al, 2021.	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	8
Fu et al, 2022.	+	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	5
Mouhamed et al, 2024.	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	7
Ziab et al, 2024.	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	9
Arnoni et al, 2022.	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+	+	7
Arnoni et al, 2021.	-	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	8
De Mulder et al, 2024.	+	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	6
Madboly et al, 2024.	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	9
Pourazar et al, 2021.	+	+	-	+	-	-	+	+	-	+	+	7
Arnoni et al, 2019.	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	6
PUNTUACIÓN MEDIA												7,2

Tablas donde encontramos los artículos seleccionados resumidos.

AUTOR Y AÑO	DISEÑO DE ESTUDIO	OBJETIVO	POBLACIÓN	INTERVENCIÓN	MEDIDAS RESULTADO	RESULTADOS PRINCIPALES
Jha et al, 2021.	Ensayo clínico aleatorizado con evaluador ciego, dos grupos paralelos.	Investigar los efectos de los juegos de realidad virtual y fisioterapia sobre el equilibrio, función motora gruesa y funciones diarias en niños con parálisis cerebral.	38 niños, 6-12 años con parálisis cerebral espástica bilateral, GMFCS II-III.	Grupo experimental: Kinect (30 min) + fisioterapia convencional (30 min). Grupo control: fisioterapia convencional.(60 min) 4 días/semana durante 6 semanas.	Medida principal:PBS Medidas secundarias: Kids-Mini-BESTest, GMFM,WeeFIM.	Los dos grupos mejoraron en todas las medidas, pero el grupo experimental mostró una mejora significativamente mayor en el Kids-Mini-BESTest. No hubo diferencias significativas entre grupos en las medidas PBS, GMFM-88.
Fu et al, 2022.	Ensayo clínico aleatorizado, con 4 grupos paralelos.	Evaluar la efectividad de la combinación de realidad virtual y marcha asistida por robot en niños con parálisis cerebral, y determinar el nivel óptimo de soporte	60 niños, 6-11 años con parálisis cerebral espástica, GMFCS II-III.	3 Grupos experimentales: RV no inmersiva+RAGT al 15%(A), 30%(B) o 45%(C) de soporte de peso (50 min) Grupo control: fisioterapia	EMG, Escala de Ashworth, GMFM (dimensiones D y E), 6MWT.	Todos mejoraron significativamente, pero el grupo con 30% de soporte (B) tuvo los mejores resultados en casi todas las medidas indicando una mejor significativa de la marcha.

		de peso corporal.		convencional. (50 min) 4 veces/semana, 12 semanas.		La combinación de RV es más efectiva que la RAGT sola.
Mouhamed et al, 2024.	Ensayo clínico aleatorizado simple ciego.	Evaluar la eficacia de la realidad virtual con Wii Balance Board sobre el equilibrio en niños con parálisis cerebral atáxica.	64 niños ,9-14 años con parálisis cerebral atáxica, GMFCS I-II.	Grupo experimental: fisioterapia (30 min)+ Wii Balance Board (30 min), Grupo control: fisioterapia (60 min) 3 sesiones/semana, 3 meses.	PBS, índice de estabilidad Biodex (OASI, APSI, MLSI)	Mejoras significativas en ambos grupos tanto en PBS como en índice de estabilidad Biodex, pero mayores en el grupo con realidad virtual.
Ziab et al, 2024.	Ensayo clínico aleatorizado doble ciego con 3 grupos paralelos.	Comparar la eficacia de la realidad virtual, el entrenamiento específico de equilibrio y el entrenamiento convencional sobre el equilibrio y la función motora gruesa en niños con parálisis cerebral.	43 niños, 4-12 años con parálisis cerebral espástica, GMFCS I-II.	Grupo VRT (Xbox Kinect, 60 min), Grupo BST (13 ejercicios de equilibrio, 60 min), Grupo CT (fisioterapia convencional, 60 min) 3 sesiones/semana durante 6 semanas.	PBS, GMFM (dimensiones D y E), Prueba de 5 veces sentarse y levantarse, desplazamiento del centro de masa (UCOM y LCOM)	VRT y BST mostraron mejoras similares, superiores a CT. VRT tuvo mayor impacto en medidas objetivas (COM) y motivación.
Arnoni et al, 2022.	Ensayo clínico aleatorizado con evaluador cegado.	Evaluar el efecto del entrenamiento con realidad virtual no inmersiva como complemento a la fisioterapia convencional sobre	23 niños,5-12 años con parálisis cerebral espástica unilateral, GMFCS I.	Grupo experimental: fisioterapia convencional (45 min) + Kinect; (50 min) Grupo control: fisioterapia	Amplitud mediolateral (ML Amp), RMS mediolateral (ML RMS), velocidad media total del centro de presión.	Mejoras significativas en el grupo intervención en ML Amp, ML RMS y velocidad total en condiciones complejas ; efectos grandes.

		la oscilación corporal en niños con parálisis cerebral unilateral.		convencional (45 min) 2 sesiones/ 8 semanas.	(CoP)	
Arnoni et al, 2021.	Ensayo clínico aleatorizado controlado con evaluador cegado.	Investigar los efectos de la realidad virtual no inmersiva como rehabilitación complementaria sobre la movilidad funcional y la marcha en niños con parálisis cerebral unilateral leve.	22 niños, 5–12 años con parálisis cerebral espástica unilateral, GMFCS I.	Grupo experimental: fisioterapia convencional + 16 sesiones de RV con Kinect (45 min); Grupo control: solo fisioterapia convencional (50 min) 2 sesiones/ 8 semanas.	Timed Up and Go (TUG), tiempo de zancada, velocidad de marcha, rotación e inclinación pélvica.	El grupo intervención mejoró significativamente en TUG, velocidad y control pélvico; redujo retroversión y rotación de pelvis, mejorando estabilidad durante la marcha.
De Mulder et al, 2024.	Estudio cruzado de una sola sesión, con intervención aleatorizada.	Comparar los efectos inmediatos de la retroalimentación verbal y de realidad virtual sobre la marcha en niños con parálisis cerebral durante entrenamiento en cinta rodante.	29 niños, con una media de edad de 11,02 años con parálisis cerebral espástica uni o bilateral, GMFCS I–II.	Cinta rodante con retroalimentación verbal (VB) y de realidad virtual (VR) semi -inmersiva sobre extensión de cadera, en orden aleatorio. 1 sesión.	Extensión de cadera, cinemática y cinética sagital, momento de cadera, GPS (Gait Profile Score), GVS (Gait Variable Score)	Ambos tipos de retroalimentación mejoraron la extensión de cadera y otros parámetros; RV mostró ventaja ligera, pero sin cambios globales en GPS.
Madboly et al, 2024.	Ensayo clínico aleatorizado controlado con 3 grupos	Comparar la eficacia de la realidad virtual frente a la barra de equilibrio en la	75 niños, 7–11 años con parálisis cerebral espástica hemipléjica, GMFCS I–II.	Grupo A (control): fisioterapia convencional; Grupo B (RV): entrenamiento con	HUMAC Balance, 6MWT.	Mejoras significativas en equilibrio y 6 MWT en los tres grupos. Los grupos B (RV) y C (barra de equilibrio)

	paralelos.	mejora del rendimiento de la marcha y el equilibrio en niños con parálisis cerebral espástica hemipléjica.		Kinect 360 (30 min); Grupo C (barra de equilibrio): entrenamiento sobre barra de equilibrio 12 semanas.		tuvieron una mejora superior en comparación con el grupo control. Sin diferencias significativas entre B y C.
Pourazar et al, 2021.	Ensayo clínico aleatorizado con grupo control.	Investigar si un programa de realidad virtual puede mejorar el equilibrio dinámico en niñas con parálisis cerebral hemipléjica espástica.	20 niñas, 7–12 años con parálisis cerebral hemipléjica espástica, GMFCS I–III.	Grupo experimental: entrenamiento con Just Dance 3 en Kinect (30 min), 3 veces/ 6 semanas ; Grupo control: sin intervención adicional.	Test de alcance en estrella (SEBT) – direcciones anterior, posterolateral, posteromedial.	Mejoras significativas en todas las direcciones del SEBT en el grupo de RV.
Armoni et al, 2019.	Ensayo clínico aleatorizado simple ciego.	Evaluar los efectos de la realidad virtual con videojuegos activos sobre la estabilidad postural y la función motora gruesa en niños con parálisis cerebral leve.	15 niños, 5-14 años con parálisis cerebral leve, GMFCS I–II.	Grupo experimental: fisioterapia convencional (50 min) + videojuego activo con Kinect (45 min) Grupo control: fisioterapia convencional (50 min) 2 veces/8 semanas.	GMFM (dimensiones D y E), desplazamiento y el balanceo corporal en una plataforma de fuerza.	Mejoras significativas y clínicamente relevantes en GMFM solo en el grupo experimental.