

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

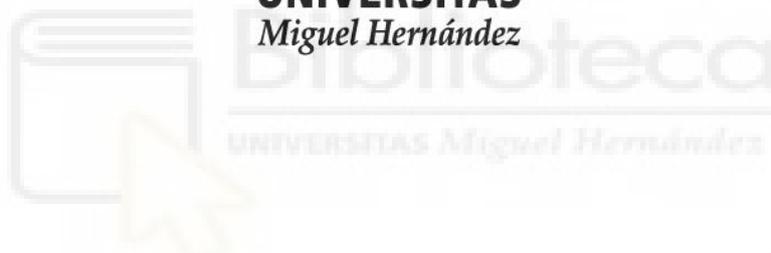
FACULTAD DE MEDICINA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA



UNIVERSITAS
Miguel Hernández



**REALIDAD VIRTUAL EN NEURORREHABILITACIÓN CON
PACIENTES CON DAÑO CEREBRAL ADQUIRIDO**

AUTORA: Berenguer Pérez, Marina

TUTORA: Pérez Hellin, Consuelo

CURSO ACADÉMICO: 2024-2025

CONVOCATORIA DE JUNIO

DEPARTAMENTO: Patología y

Cirugía

ÍNDICE

| | |
|-------------------------------|----|
| RESUMEN Y PALABRAS CLAVE..... | 1 |
| ABSTRACT AND KEY WORDS..... | 2 |
| INTRODUCCIÓN..... | 3 |
| OBJETIVOS..... | 5 |
| MATERIAL Y MÉTODOS..... | 6 |
| RESULTADOS..... | 8 |
| DISCUSIÓN..... | 11 |
| CONCLUSIONES..... | 14 |
| ANEXOS..... | 15 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 18 |



RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

Introducción: La realidad virtual (RV) es una tecnología prometedora en neurorrehabilitación para pacientes con daño cerebral adquirido (DCA). En sus distintas modalidades, mejora la marcha, el equilibrio y la cognición, aunque aún no supera los métodos convencionales por falta de estudios amplios. Su principal ventaja es aumentar la motivación y la adherencia al tratamiento, por lo que es una herramienta complementaria eficaz.

Objetivos: El objetivo principal de este trabajo ha sido comparar la eficacia del tratamiento convencional con el tratamiento con RV, tanto inmersiva como no inmersiva, en pacientes con DCA, basándonos en la información de los artículos científicos disponibles.

Material y métodos: Se realizó la búsqueda en diferentes bases de datos científicas como PubMed, Web of Science, Scielo y Scopus.

Resultados: Se analizaron 10 artículos sobre la eficacia de la terapia con RV frente a la convencional en pacientes con DCA. Los resultados muestran mejoras en funciones motoras, cognitivas y psicológicas con RV, especialmente en cuanto al equilibrio y la movilidad. La combinación de RV y terapia convencional mejoró la adherencia al tratamiento. No se encontraron diferencias significativas entre RV inmersiva y no inmersiva, aunque se sugiere más investigación en este aspecto.

Conclusiones: La RV es eficaz en la rehabilitación neurológica, especialmente cuando se combina con terapia convencional. Mejora aspectos cognitivos y aumenta la adherencia al tratamiento y motivación de los pacientes. Se necesita más investigación para personalizar su uso según las necesidades individuales.

Palabras clave: Realidad virtual, neurorrehabilitación, daño cerebral adquirido, función motora, función cognitiva.

ABSTRACT AND KEY WORDS

Introduction: Virtual reality (VR) is a promising technology in neurorehabilitation for patients with acquired brain injury (ABI). In its different modalities, it improves gait, balance, and cognition, although it has not yet surpassed conventional methods due to a lack of extensive studies. Its main advantage is increasing motivation and adherence to treatment, making it an effective complementary tool.

Objectives: The main objective of this study was to compare the effectiveness of conventional treatment with VR treatment, both immersive and non-immersive, in patients with ABI, based on available scientific articles.

Materials and methods: A search was conducted in various scientific databases, such as PubMed, Web of Science, Scielo, and Scopus.

Results: Ten articles were analyzed regarding the effectiveness of VR therapy compared to conventional therapy in ABI patients. The results show improvements in motor, cognitive, and psychological functions with VR, especially in balance and mobility. The combination of VR and conventional therapy enhanced treatment adherence. No significant differences were found between immersive and non-immersive VR, although further research is suggested in this area.

Conclusions: VR is effective in neurological rehabilitation, especially when combined with conventional therapy. It improves cognitive aspects and increases patient adherence and motivation. More research is needed to personalize its use according to individual needs.

Key words: Virtual reality, neurorehabilitation, acquired brain injury, motor function, cognitive function.

1. INTRODUCCIÓN

La realidad virtual (RV) es una tecnología innovadora que ha adquirido relevancia en el ámbito de la rehabilitación en los últimos años, aunque aún se encuentra en proceso de expansión (1). Uno de los campos de la rehabilitación donde se está extendiendo la RV es la neurorrehabilitación. Las lesiones cerebrales adquiridas (LCA) constituyen una de las principales causas de discapacidad y mortalidad en la actualidad (2), destacando los accidentes cerebrovasculares, como el ictus o traumatismos craneoencefálicos (TCE) (3). El daño cerebral adquirido (DCA) puede afectar significativamente la calidad de vida de los pacientes, por lo que la rehabilitación neurológica es un componente clave para minimizar o prevenir la discapacidad a largo plazo (4).

En los últimos años, se han desarrollado nuevas estrategias para mejorar la neurorrehabilitación, entre ellas la RV. A través del uso de diversos dispositivos tecnológicos, como ordenadores, gafas de RV, guantes con detección de movimiento y sistemas de captura de video y seguimiento, es posible generar experiencias virtuales realistas y adaptadas a las necesidades de los pacientes (5). Se ha demostrado que esta tecnología favorece la recuperación de trastornos de la marcha, equilibrio, movilidad y funcionalidad corporal. Para maximizar sus beneficios, es fundamental iniciar el tratamiento con RV en las primeras etapas de la rehabilitación tras el ictus.

Diferentes estudios han evidenciado que la RV favorece la adherencia al tratamiento y genera mejoras significativas en el desempeño de los pacientes. Se ha observado un aumento en la motivación para realizar los ejercicios, así como una optimización del rendimiento motor. Su aplicación abarca tanto la rehabilitación de las extremidades inferiores, mejorando la marcha y el equilibrio, como la de las extremidades superiores, mejorando la manipulación y el control motor, y además potencia habilidades perceptivas y cognitivas (7). No obstante, aunque la evidencia científica apoya su uso, aún no se ha demostrado que sea superior a otros métodos de rehabilitación convencionales, debido a la escasez de estudios de gran escala (8). En los últimos años, ha habido un incremento en el número de investigaciones enfocadas en evaluar el impacto de la RV en la rehabilitación neurológica (5).

Se han desarrollado diferentes tipos de RV en función del grado de inmersión del paciente:

- RV no inmersiva (RVNI): Se basa en el uso de juegos de ordenador, consolas como la Nintendo Wii o Xbox/Kinect (9) y dispositivos de interfaz 2D (ratón o mando). Aunque proporciona un entorno virtual interactivo, el usuario mantiene contacto con el mundo real. Uno de los principales beneficios de la RVNI es su accesibilidad, ya que su implementación en el hogar y en centros de rehabilitación es relativamente sencilla y no representa un alto costo. Además, su uso presenta pocos efectos adversos, los cuales suelen ser leves y transitorios, como mareos, cefalea o sensación de entumecimiento. Esto la convierte en una herramienta prometedora cuando se combina con métodos convencionales de rehabilitación (10, 11).
- RV semiinmersiva (RVSI): Se implementa a través de grandes pantallas y dispositivos avanzados, como guantes cibernéticos, cámaras infrarrojas o sistemas de retroalimentación, permitiendo una inmersión parcial en el entorno virtual.
- RV inmersiva (RVI): Utiliza dispositivos 3D montados en la cabeza para proporcionar una experiencia completamente envolvente, permitiendo al paciente interactuar de manera más natural con el entorno virtual (12, 13, 14).

Se ha concluido que los juegos de RV pueden ser un mecanismo de enseñanza eficaz para pacientes con disfunción del equilibrio (15). Asimismo, se ha comprobado que sus beneficios no se limitan exclusivamente a los adultos, ya que también se han observado en niños con deficiencias neurológicas, mejorando la función de las extremidades superiores, la marcha y el equilibrio (16).

A partir de la información expuesta, se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica con el propósito de analizar los beneficios de la RV en sus diferentes modalidades (inmersiva, semiinmersiva y no inmersiva) dentro del proceso de rehabilitación motora y cognitiva de pacientes con DCA. Además, se comparan sus efectos terapéuticos con los de la terapia convencional, considerando aspectos relevantes en la práctica clínica, como son la adherencia al tratamiento y el nivel de satisfacción de los pacientes.

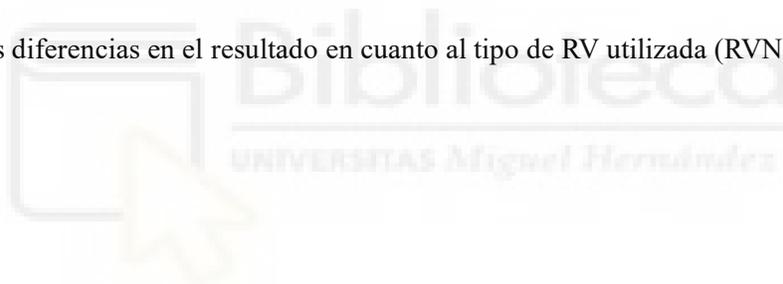
2. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

El objetivo principal de este trabajo ha sido relacionar la eficacia del tratamiento con RV, tanto inmersiva como no inmersiva, con el tratamiento conservador en pacientes con DCA, siguiendo la información proporcionada por los artículos científicos existentes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los efectos terapéuticos de la RV en la neurorehabilitación cognitiva, la memoria y la atención, en comparación con la terapia convencional.
- Evaluar el grado de adherencia y satisfacción de los tratamientos con RV respecto a los tratamientos convencionales.
- Analizar las diferencias en el resultado en cuanto al tipo de RV utilizada (RVNI, RVSI y RVSI).



3. MATERIAL Y MÉTODOS

He recibido de la Oficina de Investigación Responsable de la Universidad Miguel Hernández de Elche el COIR: TFG.GFI.CPH.MBP.250210

ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

Se han utilizado diferentes revisiones sistemáticas para mejorar la información de la búsqueda ya que es un tema muy novedoso y aún no existe una gran cantidad de artículos de investigación.

Se realizaron búsquedas en 4 bases de datos electrónicas diferentes: Scielo, Web of Science, Pubmed y Scopus. Las palabras claves seleccionadas para buscar los artículos seleccionados fueron: “Virtual Reality”, “Neurorehabilitation”, “Acquired brain injury”, “Motor function” y “Cognitive function”. Utilizamos enlaces booleanos como “OR” y “AND” en las búsquedas.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

En primer lugar, para las diferentes búsquedas que empezaron a realizarse en el mes de diciembre de 2024, se consideraron los siguientes criterios de inclusión:

- Estudios publicados desde el 2018 hasta la actualidad.
- Estudios publicados en cualquier idioma.
- Artículos de investigación.

Se consideraron relevantes los estudios que daban información sobre la RV y la neurorehabilitación.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Estudios que no se ajustaban con el tema propuesto.
- Estudios que sean revisiones.

SELECCIÓN DE ESTUDIOS

Cuando ya estaban elegidos todos los estudios, se procedió a analizar los aspectos de cada artículo para compararlos entre sí.

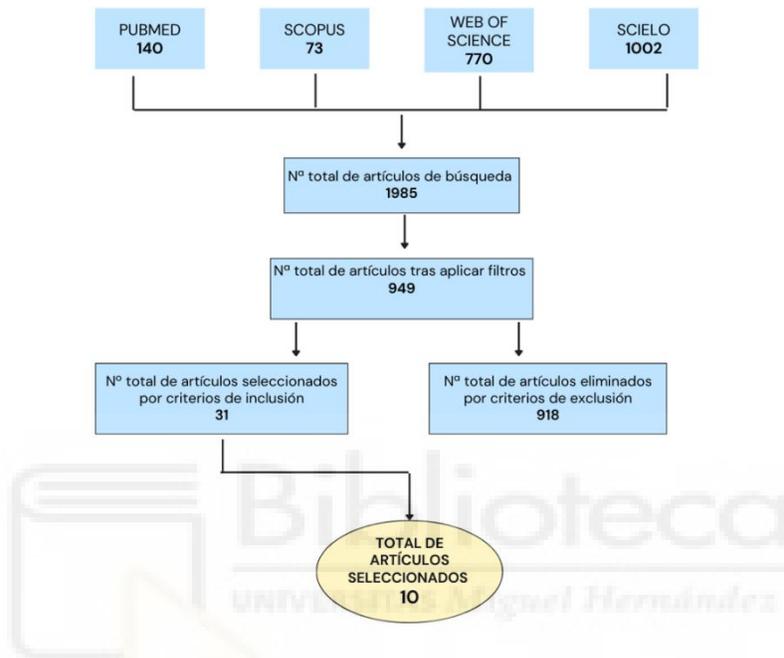


Figura 1: Diagrama de flujo sobre el proceso de búsqueda y selección de estudios.

Como se muestra en la figura 1, se encontraron un total de 1985 artículos siguiendo los criterios de búsqueda nombrados anteriormente. Se excluyeron 918 porque no cumplían con los criterios de búsqueda. Se utilizó la aplicación Mendeley para descartar que no hubiera ningún artículo duplicado.

A continuación, se utilizaron diferentes escalas para evaluar la calidad metodológica de los artículos seleccionados. Como figura en los anexos, se utilizó la SCED (Tabla 1), la PEDro (Tabla 2), la CASP (Tabla 3) y la Feasibility Checklist (Tabla 4).

4. RESULTADOS

Se seleccionaron un total de 10 artículos que comparan la eficacia de la terapia con RV frente a la terapia convencional. La variable principal de análisis fue la mejora en diversas funciones motoras, cognitivas y psicológicas en pacientes con DCA. La Tabla 5 resume los artículos seleccionados, ordenados cronológica y alfabéticamente.

TABLA 5: Resumen de artículos seleccionados.

| ARTÍCULO/ AUTOR Y AÑO | DISEÑO | PAÍS | MUESTRA | INTERVENCIÓN | RESULTADOS |
|---------------------------------|---|---------------|---|--|--|
| Aramaki, A et al. (2019) | Estudio de viabilidad | Brasil | 10 | Los pacientes se sometieron a rehabilitación con RV durante 12 semanas. | Tuvieron una mejora significativa según la Medida Canadiense. |
| Winter, C et al. (2021) | Estudio de investigación de un solo grupo | Alemania | 36 sanos y 14 con esclerosis múltiple (EM) o ACV | Se sometieron a terapia con RVI, RVSI y tratamiento convencional todo en cinta rodante. | La velocidad de la marcha aumentó en el grupo con RVI respecto al RVSI y terapia convencional. |
| Calabró, R et al. (2023) | Ensayo controlado aleatorizado | Italia | 40 | 20 participantes se sometieron a tratamiento con el VRRS HomeKIT (RVNI) y los otros 20 con tratamiento convencional. | El grupo con RVNI mejoró significativamente en las funciones motoras, psicológicamente y en mayor calidad de vida respecto al grupo control. |
| Peláez-Vélez, F et al. (2023) | Ensayo piloto aleatorizado y controlado | España | 24 | El GE recibió terapia con RVI con gafas de RV (Oculus Quest 2) y el GC con terapia convencional | El GE mejoró significativamente tras el tratamiento con RV en el equilibrio, marcha y control de tronco. |
| Specht, J et al. (2023) | Ensayo piloto aleatorizado y controlado | Alemania | 42 | El grupo experimental (GE) recibió tratamiento con RV y el grupo control (GC) con terapia convencional. | El GE tuvo una mejora en los dominios de planificación, control y resolución de problemas respecto al GC. |
| Aguilera-Rubio, Á et al. (2024) | Ensayo clínico aleatorizado | España | 36 | Un grupo recibió terapia convencional y otro combinó la terapia convencional con RV basada a través del dispositivo "Leap Motion Controller®". | No se mostraron diferencias significativas excepto en una prueba. El grupo con RV obtuvo mayor adherencia y satisfacción. |
| Huang, Q et al. (2024) | Ensayo controlado aleatorizado | China | 40 | El GE recibió terapia tanto con RVI como con terapia convencional mientras que el GC solo recibió terapia convencional. | La puntuación de la escala Fugl-Meyer (FMA-UE) fue más alta en el GE que en el GC, mientras que el BI se mantuvo consistente. |
| Kwak, H et al. (2024) | Ensayo piloto controlado aleatorizado | Corea del Sur | 36 | El GE recibió terapia con RVI y el GC con terapia convencional. | El GE mejoró significativamente el equilibrio, marcha, longitud de paso y apoyo unipodal del lado afecto respecto al GC, según la BBS. |
| Liu, Y et al. (2024) | Ensayo controlado aleatorizado | China | 136 | Participantes divididos aleatoriamente 1:1:1:1 en cuatro grupos. Un grupo recibió tratamiento con RV, otro con estimulación magnética transcraneal repetitiva (EMTr), otro combinado con RV y EMTr y el último grupo con terapia convencional. | Todos los pacientes mostraron una mejora según la Escala de equilibrio Berg (BBS) y el Índice de Barthel (BI). |
| Rathinam, C et al. (2025) | Estudio cualitativo | Reino Unido | 3 fisioterapeutas, 5 terapeutas ocupacionales, un educador lúdico y 4 miembros del Grupo Asesor de Jóvenes. | Se centraron en realizar entrevistas a los profesionales y los jóvenes sobre la RV en la rehabilitación de miembros superiores. | La mayoría necesitaba un mayor conocimiento y comprensión de la RV. Los profesionales y pacientes necesitan mayores recursos y manuales de instrucción para utilizarla RV. |

COMPARACIÓN ENTRE FISIOTERAPIA CON RV Y FISIOTERAPIA CONVENCIONAL

Cuatro estudios compararon el tratamiento con fisioterapia en el DCA con RV respecto al tratamiento con terapia convencional. En todos se observó una mejora significativa en aspectos motores, equilibrio, bienestar psicológico y funciones cognitivas en los grupos que recibieron tratamiento con RV (17, 18, 19, 20).

Diversos estudios reportaron mejoras significativas en distintas áreas tras la aplicación de la RV en rehabilitación. Se observaron mejoras en la movilidad, una reducción de los niveles de ansiedad y un aumento general en la calidad de vida tanto en los pacientes como en sus cuidadores (17). En pacientes con ictus tratados con RV, se evidenciaron avances importantes en el control de tronco, el equilibrio y la marcha (18). Asimismo, los participantes sometidos a intervenciones basadas en RV mostraron mejoras notables en el equilibrio, la longitud de zancada y el apoyo unipodal (20). También se registraron beneficios en funciones cognitivas, incluyendo la organización, la planificación estratégica y la resolución de problemas (19).

COMBINACIÓN DE RV Y TERAPIA CONVENCIONAL

Tres estudios analizaron la combinación de la RV con la terapia convencional, frente a esta última como tratamiento aislado, encontrando una mayor eficacia en el tratamiento combinado (21, 22, 23).

Se encontraron mejoras significativas en las extremidades superiores, así como una mayor adherencia y satisfacción con el tratamiento mediante RV (21). En pacientes con accidente cerebrovascular (ACV), se destacaron avances en las funciones motoras al combinar la terapia convencional con intervenciones de RVI (22). Asimismo, se reportaron mejoras tanto en el equilibrio como en la adherencia al tratamiento en pacientes con ACV que fueron tratados con RV (23).

USO DE RV EN LA REHABILITACIÓN DE LA MARCHA Y MIEMBROS SUPERIORES

Tres estudios exploraron la aplicación de la RV en la rehabilitación de la marcha y miembros superiores en pacientes con DCA (24, 25, 26).

Se observó un mayor rendimiento y nivel de satisfacción en los pacientes tratados con RV, lo que los motivó a participar de forma activa en su proceso de rehabilitación (24). El uso de RVI también contribuyó a mejorar la velocidad de la marcha en cinta rodante (25). Sin embargo, a través de encuestas aplicadas, se concluyó que aún se requieren mayores recursos logísticos y manuales de instrucciones accesibles para ampliar la aplicabilidad de la RV en contextos de rehabilitación (26).

CONSIDERACIONES ADICIONALES

Análisis de las diferencias entre RV inmersiva y no inmersiva

Si bien algunos estudios utilizan RVI y otros RVNI, no se encontraron diferencias significativas en los resultados entre ambas modalidades. Sin embargo, futuras investigaciones podrían explorar si la inmersión tiene un impacto relevante en la eficacia del tratamiento.

5. DISCUSIÓN

Los hallazgos de este estudio respaldan la eficacia de la RV como un complemento valioso en la rehabilitación de pacientes con DCA. Se evidenciaron mejoras significativas en aspectos motores, equilibrio, bienestar psicológico y funciones cognitivas en los pacientes tratados con RV. Estos resultados son consistentes con la literatura científica existente y refuerzan el potencial de esta tecnología en el ámbito clínico, lo que nos hace pensar que es una técnica complementaria que podemos utilizar en el tratamiento del DCA.

RELACIÓN CON ESTUDIOS PREVIOS

Los resultados coinciden con investigaciones previas que destacan los beneficios de la RV en la rehabilitación neurológica. Se encontraron mejoras en cuanto a la movilidad y la reducción de la ansiedad, tanto en pacientes y cuidadores (17). Asimismo, se observó un impacto positivo en el control postural, en el equilibrio y en la marcha en pacientes con ictus (18).

No obstante, algunos trabajos sugieren que la efectividad de la RV podría verse influida por variables como la intensidad y duración del tratamiento o el tipo de dispositivo utilizado. No se encontraron diferencias en los resultados en función del grado de inmersión del paciente, es decir, si se utilizaba RVI o RVNI, lo que sugiere la necesidad de seguir investigando con más detalle estos factores (22).

POSIBLES MECANISMOS DE ACCIÓN DE LA RV

Las mejoras observadas en los pacientes tratados con RV, en cuanto a funcionalidad, movilidad, fuerza, disminución del dolor y mejora de la cognición, podrían explicarse a través de diversos mecanismos:

- Mayor motivación y adherencia al tratamiento: la naturaleza interactiva de la RV hace que los ejercicios sean más atractivos, promoviendo la participación activa de los pacientes.
- Entorno seguro y controlado: la posibilidad de practicar movimientos en un ambiente virtual minimiza los riesgos asociados a la terapia convencional.

- La RV podría favorecer la recuperación funcional a través de la interacción con entornos virtuales adaptativos.

IMPLICACIONES CLÍNICAS

Los datos obtenidos sugieren que la RV podría incorporarse como una estrategia terapéutica complementaria en los programas de neurorrehabilitación. Sin embargo, su implementación en entornos clínicos enfrenta ciertos desafíos, como:

- Accesibilidad y costos: la adquisición de tecnología de RV puede representar una inversión elevada para algunos centros.
- Capacitación profesional: es fundamental que los terapeutas estén adecuadamente formados para utilizar estas herramientas de manera efectiva.
- Adaptabilidad individual: algunos pacientes podrían experimentar dificultades técnicas o efectos adversos como mareos, lo que podría limitar su uso.

LIMITACIONES DEL TRABAJO

A pesar de los resultados alentadores respecto al uso de la RV, esta revisión presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas:

- Heterogeneidad en los estudios revisados: existen diferencias en metodologías, dispositivos y duración de las intervenciones analizadas, lo que podría influir en la comparación de los resultados.
- Tamaños muestrales reducidos: varios estudios incluidos en el análisis contaban con un número limitado de participantes, lo que podría afectar a la generalización de los hallazgos.
- Falta de evaluación a largo plazo: no se han analizado los efectos sostenidos en el tiempo tras la aplicación de la RV, lo que impide determinar su efecto a largo plazo.
- Poca experiencia de la autora para realizar revisiones bibliográficas.

SUGERENCIAS PARA FUTURAS INVESTIGACIONES

Para consolidar el papel de la RV en la rehabilitación neurológica, se recomienda:

- Realizar estudios con muestras más amplias y diseños metodológicos rigurosos.
- Evaluar la eficacia de la RV en las diferentes especialidades clínicas que engloba la fisioterapia.
- Evaluar los efectos a largo plazo para analizar la eficiencia de la RV.
- Investigar el costo-beneficio de la RV en comparación con otras intervenciones terapéuticas.



6. CONCLUSIONES

Después de haber analizado diferentes artículos para realizar esta revisión bibliográfica, se han obtenido las siguientes conclusiones.

La RV es un tratamiento muy efectivo para la rehabilitación neurológica. Existen mejoras significativas combinando este tipo de tratamiento con la terapia convencional. Asimismo, para el tratamiento de pacientes con DCA, no se han encontrado diferencias en los resultados en función del tipo de RV utilizada (RVI, RVSI o RVNI).

La RV ha supuesto una mejoría en cuanto al aspecto cognitivo, y además, ha creado en los pacientes mayor satisfacción y adherencia al tratamiento respecto al tratamiento convencional, lo que supone un aspecto importante a tener en cuenta. Con el uso de la RV, los pacientes muestran mayor compromiso y motivación, además de ser una herramienta más cómoda, fácil de usar y mayor disfrute.

Por otra parte, se trata de un tema bastante novedoso, muy en auge en la actualidad, por lo que sigue evolucionando. Ante esta demanda, se ha de seguir investigando para mejorar la implantación de estas nuevas tecnologías en la neurorrehabilitación y proponer futuras líneas de investigación para poder personalizar el tratamiento con RV en función de las necesidades de cada paciente.

7. ANEXOS

TABLA 1. Single-case Experimental Design Scale (SCED)

Es una escala que sirve para evaluar la calidad metodológica de los estudios de un solo caso. Se compone de 11 ítems:

1. Se especificó la historia clínica. Debe incluir edad, sexo, etiología y gravedad.
2. Conductas objetivo. Medidas precisas y repetibles que estén definidas operacionalmente.
Especificar la medida de la conducta objetivo.
3. Diseño 1: 3 fases. El estudio debe ser de tipo A-B-A o de línea base múltiple.
4. Diseño 2: Línea base (fase previa al tratamiento). Se realizó un muestreo suficiente.
5. Diseño 3: Fase de tratamiento. Se realizó un muestreo suficiente.
6. Diseño 4: Registro de datos. Se reportaron los datos brutos (puntos de datos individuales).
7. Sesgo del observador: Se estableció la fiabilidad entre evaluadores (inter-evaluador) para al menos una medida de la conducta objetivo.
8. Independencia de los evaluadores.
9. Análisis estadístico.
10. Replicación: ya sea entre sujetos, terapeutas o contextos.
11. Evidencia de generalización.

| ESTUDIO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | TOTAL |
|-------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|--------------|
| Winter, C et al. (2021) | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 7 |

Este estudio tiene una calidad metodológica moderada/alta de 7 sobre 11.

TABLA 2: Physiotherapy Evidence Database (PEDro)

Es una escala de 11 ítems que evalúa la validez interna y la calidad de los ensayos clínicos en fisioterapia.

1. Criterios de elegibilidad especificados.

2. Asignación aleatoria de los sujetos.
3. Asignación oculta.
4. Comparabilidad inicial de los grupos.
5. Cegamiento de los sujetos.
6. Cegamiento de los terapeutas.
7. Cegamiento de los evaluadores de resultados.
8. Medidas de al menos un resultado clave en más del 85% de los sujetos inicialmente asignados.
9. Análisis por intención de tratar.
10. Comparaciones estadísticas entre grupos.
11. Medidas puntuales y medidas de variabilidad para al menos un resultado clave.

| ESTUDIO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | TOTAL |
|---------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|-------|
| Calabro, R et al. (2023) | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 7 |
| Peláez-Vélez, F et al. (2023) | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 6 |
| Specht, J et al. (2023) | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 6 |
| Aguilera-Rubio, Á et al. (2024) | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 6 |
| Huang, Q et al. (2024) | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 7 |
| Kwak, H et al. (2024) | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 6 |

Estos estudios han mostrado una calidad metodológica moderada con puntuaciones de 6/7 sobre 11.

TABLA 3: CASP (Critical Appraisal Skills Programme) Qualitative Checklist

Contiene 10 preguntas enfocadas en:

1. Claridad del objetivo.

2. Diseño y metodología.
3. Recolección y análisis de datos.
4. Reflexividad del investigador.
5. Aplicabilidad de los resultados.

Útil para evaluar la validez y relevancia del estudio.

| ESTUDIO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | TOTAL |
|---------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|--------------|
| Rathinam, C et al. (2025) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 6 |

Este estudio ha mostrado una calidad metodológica moderada con 6 puntos sobre 10.

TABLA 4: Feasibility Checklist (Bowen et al., 2009)

Evalúa 8 áreas clave de viabilidad en estudios piloto:

1. Aceptabilidad (¿Los participantes aceptan la intervención?).
2. Demanda (¿Hay interés en la intervención?).
3. Implementación (¿Se puede ejecutar correctamente?).
4. Practicabilidad (¿Es factible con los recursos disponibles?).
5. Adaptación (¿Se puede modificar si es necesario?).
6. Eficacia temprana (¿Hay indicios de que funciona?).
7. Integración (¿Se puede incorporar en el contexto clínico?).
8. Costo (¿Es económicamente viable?).

| ESTUDIO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | TOTAL |
|--------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|
| Aramaki, A et al. (2019) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 |
| Liu, Y et al. (2024) | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 5 |

Estos estudios han demostrado una calidad metodológica bastante alta.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Brassel S, Power E, Campbell A, Brunner M, Togher L. Recommendations for the design and implementation of virtual reality for acquired brain injury rehabilitation: Systematic review. *J Med Internet Res* [Internet]. 2021;23(7):e26344. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2196/26344>
2. Keller J, Štětkařová I, Macri V, Kühn S, Pětioký J, Gualeni S, et al. Virtual reality-based treatment for regaining upper extremity function induces cortex grey matter changes in persons with acquired brain injury. *J Neuroeng Rehabil* [Internet]. 2020;17(1):127. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s12984-020-00754-7>
3. Cucinella SL, de Winter JCF, Grauwmeijer E, Evers M, Marchal-Crespo L. Towards personalized immersive virtual reality neurorehabilitation: a human-centered design. *J Neuroeng Rehabil* [Internet]. 2025;22(1):7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s12984-024-01489-5>
4. Bender A, Adrion C, Fischer L, Huber M, Jawny K, Straube A, et al. Long-term rehabilitation in patients with acquired brain injury. *Dtsch Arztebl Int* [Internet]. 2016;113(38):634–41. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3238/arztebl.2016.0634>
5. Voinescu A, Sui J, Stanton Fraser D. Virtual reality in neurorehabilitation: An umbrella review of meta-analyses. *J Clin Med* [Internet]. 2021;10(7):1478. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/jcm10071478>
6. Demeco A, Zola L, Frizziero A, Martini C, Palumbo A, Foresti R, et al. Immersive virtual reality in post-stroke rehabilitation: A systematic review. *Sensors (Basel)* [Internet]. 2023;23(3):1712. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/s23031712>
7. Riva G, Mancuso V, Cavedoni S, Stramba-Badiale C. Virtual reality in neurorehabilitation: a review of its effects on multiple cognitive domains. *Expert Rev*

- Med Devices [Internet]. 2020;17(10):1035–61. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/17434440.2020.1825939>
8. Törnbohm K, Danielsson A. Experiences of treadmill walking with non-immersive virtual reality after stroke or acquired brain injury - A qualitative study. PLoS One [Internet]. 2018;13(12):e0209214. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0209214>
 9. Xavier-Rocha TB, Carneiro L, Martins GC, Vilela-Júnior G de B, Passos RP, Pupe CCB, et al. The Xbox/Kinect use in poststroke rehabilitation settings: a systematic review. Arq Neuropsiquiatr [Internet]. 2020 [citado el 18 de marzo de 2025];78(6):361–9. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/anp/a/THT84snJgk8DgRprcfCdn5z/?lang=en>
 10. Gonçalves MG, Piva MFL, Marques CLS, Costa RDM da, Bazan R, Luvizutto GJ, et al. Effects of virtual reality therapy on upper limb function after stroke and the role of neuroimaging as a predictor of a better response. Arq Neuropsiquiatr [Internet]. 2018 [citado el 18 de marzo de 2025];76(10):654–62. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/anp/a/SyQZGwx5PNQ49Ch4SdZrfvC/?lang=en>
 11. Malisky JS, Cavalcante-Leão BL, Severiano MI, Dos Santos GJB, Teive HAG, José MR, et al. Evaluation of quality of life after use the virtual reality in patients with neurodegenerative disease. Int Arch Otorhinolaryngol [Internet]. 2024;28(3):e523–9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1055/s-0044-1785681>
 12. Perez-Marcos D. Virtual reality experiences, embodiment, videogames and their dimensions in neurorehabilitation. J Neuroeng Rehabil [Internet]. 2018;15(1):113. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s12984-018-0461-0>
 13. Salatino A, Zavattaro C, Gammeri R, Cirillo E, Piatti ML, Pyasik M, et al. Virtual reality rehabilitation for unilateral spatial neglect: A systematic review of immersive,

- semi-immersive and non-immersive techniques. *Neurosci Biobehav Rev* [Internet]. 2023;152(105248):105248. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neubiorev.2023.105248>
14. Vilageliu-Jordà E, Enseñat-Cantallops A, García-Molina A. Use of immersive virtual reality for cognitive rehabilitation of patients with brain injury. *Rev Neurol* [Internet]. 2022;74(10):331–9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.33588/rn.7410.2022034>
15. Sana V, Ghaus M, Kashif M, Albalwi A, Muneer R, Zia M. Effects of vestibular rehabilitation therapy versus virtual reality on balance, dizziness, and gait in patients with subacute stroke: A randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore)* [Internet]. 2023;102(24):e33203. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/MD.00000000000033203>
16. Choi JY, Yi S-H, Ao L, Tang X, Xu X, Shim D, et al. Virtual reality rehabilitation in children with brain injury: a randomized controlled trial. *Dev Med Child Neurol* [Internet]. 2021;63(4):480–7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/dmcn.14762>
17. Calabrò RS, Bonanno M, Torregrossa W, Cacciante L, Celesti A, Rifichi C, et al. Benefits of telerehabilitation for patients with severe acquired brain injury: Promising results from a multicenter randomized controlled trial using nonimmersive virtual reality. *J Med Internet Res* [Internet]. 2023;25:e45458. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2196/45458>
18. Peláez-Vélez F-J, Eckert M, Gacto-Sánchez M, Martínez-Carrasco Á. Use of virtual reality and videogames in the physiotherapy treatment of stroke patients: A pilot randomized controlled trial. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2023;20(6). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph20064747>

19. Specht J, Stegmann B, Gross H, Krakow K. Cognitive training with head-mounted display virtual reality in neurorehabilitation: Pilot randomized controlled trial. *JMIR Serious Games* [Internet]. 2023;11:e45816. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2196/45816>
20. Kwak H-D, Chung E, Lee B-H. The effect of balance training using touch controller-based fully immersive virtual reality devices on balance and walking ability in patients with stroke: A pilot randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore)* [Internet]. 2024;103(27):e38578. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/MD.00000000000038578>
21. Aguilera-Rubio Á, Alguacil-Diego IM, Mallo-López A, Jardón Huete A, Oña ED, Cuesta-Gómez A. Use of low-cost virtual reality in the treatment of the upper extremity in chronic stroke: a randomized clinical trial. *J Neuroeng Rehabil* [Internet]. 2024;21(1):12. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s12984-024-01303-2>
22. Huang Q, Jiang X, Jin Y, Wu B, Vigotsky AD, Fan L, et al. Immersive virtual reality-based rehabilitation for subacute stroke: a randomized controlled trial. *J Neurol* [Internet]. 2024;271(3):1256–66. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s00415-023-12060-y>
23. Liu Y, Lin R, Tian X, Wang J, Tao Y, Zhu N. Effects of VR task-oriented training combined with rTMS on balance function and brain plasticity in stroke patients: a randomized controlled trial study protocol. *Trials* [Internet]. 2024;25(1):702. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s13063-024-08519-6>
24. Aramaki AL, Sampaio RF, Cavalcanti A, Dutra FCMSE. Use of client-centered virtual reality in rehabilitation after stroke: a feasibility study. *Arq Neuropsiquiatr* [Internet]. 2019 [citado el 18 de marzo de 2025];77(9):622–31. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/anp/a/HPDmq79pqL4QFh8GypfDz3s/?lang=en>

25. Rathinam C, Farr W, Ray D, Gupta R. Factors influencing virtual reality use in paediatric acquired brain injury upper limb rehabilitation: a qualitative study. *BMJ Open* [Internet]. 2025;15(1):e083120. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2023-083120>
26. Winter C, Kern F, Gall D, Latoschik ME, Pauli P, Käthner I. Immersive virtual reality during gait rehabilitation increases walking speed and motivation: a usability evaluation with healthy participants and patients with multiple sclerosis and stroke. *J Neuroeng Rehabil* [Internet]. 2021;18(1):68. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s12984-021-00848-w>
27. Rodríguez-Hernández M, Polonio-López B, Corregidor-Sánchez AI, Martín-Conty JL, Mohedano-Moriano A, Criado-Álvarez JJ. Can specific virtual reality combined with conventional rehabilitation improve poststroke hand motor function? A randomized clinical trial. *J Neuroeng Rehabil*. 2023;20:1. doi:10.1186/s12984-023-01170-3
28. Errante A, Saviola D, Cantoni M, Iannuzzelli K, Ziccarelli S, Togni F, et al. Effectiveness of action observation therapy based on virtual reality technology in the motor rehabilitation of paretic stroke patients: a randomized clinical trial. *BMC Neurol*. 2022;22:1. doi:10.1186/s12883-022-02640-2
29. Ilustre Colegio Oficial de Fisioterapeutas de la Comunidad Valenciana. *FAD: Fisioterapia al Día*. Octubre 2024; Vol. XX, N° 3. Disponible en: <https://www.colfisioev.com/FAD/FAD%20Octubre%202024/index.html>