

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNANDEZ

FACULTAD DE MEDICINA

**TRABAJO FIN DE GRADO EN
FISIOTERAPIA**



**EFFECTOS DE LA REALIDAD VIRTUAL EN MIEMBRO
SUPERIOR EN PACIENTES CON ESCLEROSIS MÚLTIPLE: UNA
REVISIÓN SISTEMÁTICA DE ENSAYOS CLÍNICOS
ALEATORIZADOS.**

AUTOR: Hilla Sánchez, Gonzalo José

TUTOR: Delicado Miralles, Miguel

Curso académico: 2023 – 2024

Convocatoria de: Junio

Nº Expediente: 7106

ÍNDICE

<i>RESUMEN</i>	1
<i>INTRODUCCIÓN</i>	3
<i>OBJETIVOS</i>	5
<i>MATERIAL Y MÉTODOS</i>	6
<i>DISCUSIÓN</i>	12
<i>LIMITACIONES DEL ESTUDIO</i>	16
<i>CONCLUSIONES</i>	17



RESUMEN

Introducción: La esclerosis múltiple (EM) es una enfermedad crónica del sistema nervioso central que afecta a la funcionalidad. La realidad virtual (RV), al ser una terapia emergente, no tiene revisiones recientes de alta calidad metodológica sobre su eficacia. El objetivo del presente trabajo es revisar la evidencia actual sobre la RV en la rehabilitación de miembros superiores en pacientes con EM.

Material y métodos: Se realizó una revisión sistemática de ensayos clínicos aleatorizados que aplicaron RV en la rehabilitación de miembros superiores de pacientes con EM, conforme a la guía PRISMA. Se incluyeron ensayos clínicos aleatorizados publicados entre 2014 y 2024.

Resultados: Diez estudios fueron seleccionados con una calidad metodológica media de ~7 puntos (PEDro). Se encontraron mejoras en la funcionalidad de los miembros superiores (función motriz o habilidad manual). El tratamiento más frecuente fue la combinación de RV y tratamiento convencional con una dosis de dos veces a la semana (40-60 minutos), durante 4-8 semanas, aunque el tipo de RV fue variable.

Conclusiones: La evidencia actual de alta calidad soporta la eficacia de la RV para la funcionalidad de los miembros superiores. Sin embargo, es necesaria más investigación para profundizar en la optimización de su parametrización.

Palabras clave: “Realidad virtual, esclerosis múltiple, miembro superior, rehabilitación”

ABSTRACT

Introduction: Multiple sclerosis (MS) is a chronic disease of the central nervous system that leads to considerable disabilities. Virtual Reality (VR), as an emerging therapy, lacks recent high-quality methodological reviews regarding its efficacy. The aim of the current study is to review the current evidence on VR in upper limb rehabilitation for patients with MS.

Materials and Methods: A systematic review of randomized clinical trials that applied VR in the rehabilitation of upper limbs in MS patients was conducted by the PRISMA guidelines. Randomized clinical trials published between 2014 and 2024 were included.

Results: Ten studies were selected with a mean methodological quality of ~7 points (PEDro). Improvements were found in upper limb functionality (motor function or manual dexterity). The most common treatment involved a combination of VR and conventional therapy, administered twice a week (40-60 minutes) over 4-8 weeks, although the type of VR varied.

Conclusions: Current high-quality evidence supports the efficacy of VR for upper limb functionality. However, further research is needed to delve into optimizing its parameterization.

Key words: “Virtual Reality, Multiple Sclerosis, Upper limb, Rehabilitation”

INTRODUCCIÓN

La esclerosis múltiple (EM) es una enfermedad inflamatoria crónica del sistema nervioso central (SNC), cuya alteración conlleva a discapacidades físicas y cognitivas de gran impacto. Dentro del SNC, las regiones más frecuentemente afectadas incluyen los hemisferios cerebrales, el tronco cerebral, el cerebelo, la médula espinal y los nervios ópticos (1). La EM se clasifica como una enfermedad autoinmune, produciendo destrucción de la mielina en el SNC y una alteración de la función neuronal (2). Se desconoce la etiopatogenia de la EM, aunque presenta una naturaleza multifactorial que incrementa el riesgo de padecerla, involucrando: factores genéticos, ambientales, infecciones, deficiencias vitamínicas o consumo de tabaco (2).

En 2020, se estima una población mundial de pacientes con EM de 2,8 millones. Incrementándose un 30% con respecto a 2013. La incidencia global es de 2,1 nuevos casos por cada 100.000 personas al año, lo que equivale a un nuevo diagnóstico cada cinco minutos. Específicamente, se ha observado un notable aumento en el diagnóstico de EM pediátrica, y las mujeres tienen una probabilidad mayor de desarrollar EM que los hombres, con diferencias significativas en la proporción de género entre países (3). Su elevada incidencia y la dificultad de su tratamiento, ejerce un vasto impacto económico y social, el cual se incrementa con el avance de la discapacidad (4). La EM representa la principal causa mundial de discapacidad neurológica en jóvenes adultos, con cerca de la mitad de los casos localizados en Europa (5).

Debido al carácter degenerativo de la enfermedad, es crucial su diagnóstico y manejo temprano (6). Sin embargo, establecer el diagnóstico es complejo debido a la gran variedad de síntomas y formas de presentación. Según a la región cerebral que afecte puede cursar con unos síntomas u otros (7). Entre los hallazgos clínicos más frecuentes destacan las alteraciones motoras (debilidad, espasticidad y temblor), sensoriales (dolor), visuales (diplopía y neuritis óptica), hasta cognitivas e incluso del comportamiento (1,6).

Respecto al tratamiento, el principal objetivo es disminuir el avance de la enfermedad, aliviar síntomas y mejorar o mantener la funcionalidad de la persona. Y dentro de este, la rehabilitación se centra en mejorar disfunciones sensoriomotoras y cognitivas, crucial para la autonomía en actividades

cotidianas y el refuerzo de habilidades remanentes (1). Además, las limitaciones en la funcionalidad del miembro superior (MS) y su repercusión directa en las actividades de la vida diaria y la autonomía, suponen un desafío significativo en personas con esclerosis múltiple (EM), siendo uno de los problemas más frecuentes que enfrentan (8). En general, las alteraciones motoras y sensoriales previamente introducidas que experimentan las personas afectadas por la EM producen una disminución en su participación en actividades que implican el uso del miembro superior (9,10).

Debido a las limitaciones en el manejo de la EM y al avance tecnológico sucedido en las últimas décadas, surge un creciente interés en la aplicación de la tecnología digital para la rehabilitación. Entre las herramientas tecnológicas encontramos la RV, que ofrece un entorno simulado y realista, permitiendo combinar estímulos visuales, auditivos, táctiles y somatosensoriales durante el tratamiento. Esta fomenta la participación de los pacientes en su rehabilitación, contribuyendo a mejorar aspectos como el equilibrio postural, la calidad de vida y la confianza en sus habilidades motoras (11,12). La terapia con RV se fundamenta en la "presencia", que es el sentirse psicológicamente inmerso en un entorno virtual que simula el mundo real, y la "inmersión", que se refiere al grado de realismo sensorial y las capacidades de interacción dentro de dicho entorno virtual (13,14). La RV, por tanto, es una terapia activa y multisensorial que potencia la motivación y la adherencia al tratamiento (15).

OBJETIVOS

Objetivo General

- Evaluar el efecto de la RV en la rehabilitación de MS de pacientes con EM, a través de una revisión sistemática de ensayos clínicos aleatorizados (ECA) de calidad moderada-alta.

Objetivos Secundarios

1. Identificar ECA que investiguen el efecto de la RV en la rehabilitación de MS en pacientes con EM.
2. Evaluar y describir la calidad metodológica de los estudios identificados para reconocer la validez de sus conclusiones.
3. Sintetizar los principales resultados de los ECA para determinar la eficacia de la RV en la mejora de los MS en casos de EM, en comparación con el tratamiento convencional, frente a no intervención o con formas diferentes de aplicar de la realidad virtual entre sí.
4. Discutir las implicaciones de los resultados obtenidos para la práctica clínica en la rehabilitación de MS de pacientes con EM.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para evaluar el estado actual de la bibliografía científica, se efectuó una revisión sistemática de los ECA más recientes sobre la RV en MS de pacientes con EM, conforme a guía PRISMA actualizada para este tipo de estudios (16).

El estudio ha sido aprobado por la Oficina de Investigación Responsable de la Universidad Miguel Hernández con el COIR para TFGs: TFG.GFI.MDM.GJHS.240302.

Estrategia de búsqueda

Entre las fechas 11 de enero y 11 de marzo de 2024 se llevaron a cabo las búsquedas retrospectivas sistemáticas en las siguientes bases de datos: Pubmed, PEDro, Scopus y ScienceDirect. La metodología de búsqueda incorporó términos clave “virtual reality”, “multiple sclerosis”, “upper limb” y “rehabilitation”, conectados mediante el operador booleano “AND”. Por lo tanto, el algoritmo de búsqueda utilizado fue: Virtual Reality AND Multiple Sclerosis AND upper limb AND Rehabilitation.

Se aplicaron filtros por tipo de estudio “Randomized controlled trial” y por fecha de publicación a partir del “01/01/2014”. En el caso de la base de datos PEDro, debido a los escasos resultados mostrados por las búsquedas, se realizó una ligera modificación al excluir el término “upper limb” para ser menos restrictivos y facilitar una adecuada y amplia revisión de los estudios.

Criterios de selección

Los criterios de inclusión para la revisión bibliográfica fueron los siguientes: ECAs que investiguen la intervención de RV, aislada o en combinación con otras terapias, incluyan un tamaño de muestra definido y describan detalladamente el tratamiento de RV aplicado, incluyendo ejercicios específicos para el miembro superior. Trabajos que incluyan un grupo control (no intervención, rehabilitación tradicional o diferentes aplicaciones de la RV). Debido a que se plantea revisar la bibliografía más reciente, los estudios deben haber sido publicados entre 2014 y la actualidad.

Asimismo, los estudios deben utilizar escalas y unidades de medición estandarizadas, validadas y específicas para la función motora del MS y la EM, y estar redactados en español o inglés.

En contraste, los criterios de exclusión son: revisiones, casos y controles o reportes de casos. Tampoco se incluyeron artículos de fiabilidad o costo-efectividad. Debido a que el objetivo es describir la bibliografía de mayor calidad científica, se excluirán los ECA de una puntuación en la escala PEDro menor que 5 (calidad metodológica moderada-baja). Se excluirán estudios que no analicen específicamente la función motora del MS. El último criterio de exclusión es la no accesibilidad al texto completo.

Selección de artículos

El proceso inicial de selección se realizó examinando los títulos y resúmenes, utilizando los criterios de selección establecidos en las diferentes bases de datos. Seguidamente, se efectuó una evaluación para eliminar artículos duplicados. Posteriormente, se implementó una segunda fase de selección en la cual se leyeron los estudios seleccionados a texto completo para confirmar su cumplimiento con los criterios de inclusión y exclusión establecidos. La búsqueda fue realizada por el autor y contó con la supervisión del tutor (*Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA*).

Posteriormente se procedió a evaluar su calidad metodológica mediante la escala PEDro. Esta escala se empleó para determinar la validez interna y externa de los estudios, así como la presencia de información estadística suficiente para interpretar sus resultados, otorgando una puntuación final basada en la cantidad de criterios satisfactoriamente cumplidos por cada artículo (*FIGURA 2: Tabla con puntuación escala PEDro*).

RESULTADOS

Los artículos seleccionados finalmente fueron 10, cuya información extraída viene recogida en una tabla resumen de anexos (*Tabla 3: Resumen de la información extraída de los artículos*).

Calidad metodológica

La calidad metodológica promedio de los trabajos incluidos fue de 7 en la escala PEDro. Para observar las puntuaciones detalladas de cada artículo, consultar la Tabla 2 (*TABLA 2: Tabla con puntuación escala PEDro*). Las principales y más frecuentes limitaciones metodológicas son la falta de cegamiento de los sujetos y de los terapeutas.

Poblaciones de estudio

La revisión incluye poblaciones diversas, siendo el denominador común pacientes con EM. 6/10 trabajos incluyeron sujetos jóvenes (16-21 años) (17-22). Las muestras de dichos trabajos albergaron entre tamaños muestrales de 30 y 45 sujetos. Tan solo un trabajo reclutó exclusivamente a mujeres, diferenciando así por sexo (23). Solamente dos investigaciones especificaron dentro de sus criterios de inclusión una disfunción particular de MS (21,24).

Todos los artículos utilizaron la escala EDSS (*Kurtzke Expanded Disability Status Scale*) para describir el grado de discapacidad de la muestra, y ninguno de ellos encontró diferencias en las condiciones basales entre grupos. 4/10 trabajos mantuvieron puntuaciones de entre 3 y 7 aproximadamente como criterios de inclusión (18,22,25,26). En uno de los estudios se utilizó como criterio de inclusión una puntuación de menos de 7,5 (24). Asimismo, la media de puntuaciones en la escala EDSS de todos los artículos es de 5,59, sin contar un artículo, que no describe la media de su población de estudio (22). Destacan las puntuaciones medias de 7 en un artículo (19), y de 2,15 en otro (23) en sus poblaciones analizadas.

Tipo de intervención

Uno de los principales hallazgos fue que 5/10 estudios compararon un grupo experimental (RV combinada con tratamiento convencionales), frente a un grupo de control (ejercicio físico o rehabilitación motora) (18,19,22,25,26). La rehabilitación motora estándar incluyó movilización articular del MS, ejercicios de fortalecimiento de la musculatura extensora del MS, estiramientos de los músculos flexores, trabajo de habilidad motora gruesa y fina o coordinación bimanual o tareas de destreza funcional adaptadas a trabajar actividades desarrolladas en la vida diaria.

Entre los cinco estudios restantes, uno de estos contrastó el entrenamiento en RV con la terapia física tradicional y con la integración de ambos métodos (23). Por otro lado, Jonsdottir et al. (2018) evaluaron dos tipos diferentes de sistemas de RV, los "serious games" frente al "exergaming"; y Solaro et al. (2020) aplicaron la misma modalidad de RV, un dispositivo robótico de entrenamiento, de dos maneras distintas. Por último, Bertoni et al. (2022) y Pau et al. (2023) llevaron a cabo estudios cruzados, examinando las diferencias entre un grupo sometido inicialmente al tratamiento con RV seguido de un periodo de lista de espera, y otro grupo en el cual se invirtió este orden.

Tecnología utilizada

Para descripción de las tecnologías consultar anexo (*Anexo 1: Glosario de términos de tecnologías de RV*). La tecnología utilizada difirió mucho entre trabajos. 3/10 estudios implementaron sistemas de captura de movimiento sin controles manuales (20,23,25). De estos, Norouzi et al. (2020) y Jonsdottir et al. (2018) usaron la tecnología "Kinect" para el seguimiento del cuerpo, con este último comparando su uso en "serious games" (diseñados para rehabilitación) con juegos de la consola "Wii", otro tipo de tecnología "exergaming" de RV no inmersiva (juegos comerciales adaptados para rehabilitación). Por su parte, Cuesta-Gómez et al. (2020) optaron por el "Leap Motion Controller", enfocado en el rastreo preciso de movimientos de manos y dedos. Nélida Waliño-Paniagua et al. (2019) utilizaron grabaciones de vídeo en tiempo real mediante la cámara web de un ordenador. Dos estudios incorporaron robots hápticos (el robot ejercía una carga de resistencia ajustada al paciente y actividad)

(19,24) Feys et al. (2015) lo compararon con terapia de rehabilitación convencional para el grupo de control, y Solaro et al. (2020) probaron el robot sin aplicar resistencia ni estímulo háptico. Un estudio utilizó un brazalete para monitorear movimientos del MS (26). Cuesta Gómez et al. (2023) implementaron la RV mediante la consola “Nintendo Switch”. Finalmente, dos artículos emplearon las gafas de RV “Oculus Quest/Oculus Rift” (17,21).

Dosificación de la intervención

En relación con la duración de la intervención, en cuatro estudios ésta se extendió por un lapso de cuatro semanas (17,20,21,24). En otros cuatro, la intervención tuvo una duración de ocho semanas (18,19,23,26). Y, en los dos restantes, el periodo de intervención fue de diez semanas (22,25).

La mayoría de las investigaciones prefirieron sesiones con una duración de entre 40 y 60 minutos. De ellos, 6/10 estudios programaron dos sesiones por semana (18,22–26) y 4/10 establecieron tres sesiones por semana (17,19–21). Además, debemos tomar en consideración el número total de sesiones basado en la duración y la frecuencia establecidas. Solo 3/10 estudios realizaron un seguimiento posterior de 2 semanas (26) y de 4 (23,25)

Variables resultado

Cada investigación utilizó evaluaciones específicas para medir diferentes aspectos de la función motriz o la habilidad manual, evidenciando la variedad de metodologías en la rehabilitación de individuos con EM. Entre los instrumentos de evaluación más recurrentes se encuentran: el “Nine Hole Peg Test (NHPT)”, utilizado en cinco estudios (17,18,21,23,25) para medir la destreza, coordinación manual y la motricidad fina. La habilidad manual gruesa y la coordinación fueron evaluadas mediante el “Box and Block Test (BBT)” en cinco investigaciones (17,18,20,25,26). La fuerza de agarre se cuantificó con un dinamómetro (dinamómetro de Jamar) en tres de los estudios (18,25,26). Solo un estudio utilizó la escala “Abilhand”, para evaluar la habilidad manual en el desarrollo de las actividades de la vida diaria, y el rango de movimiento activo de la muñeca a través de mediciones con goniómetro (26).

Efectos de la Realidad virtual

Teniendo en cuenta el estudio que contrastó el entrenamiento en RV con la terapia física tradicional y con la integración de ambos métodos (23), y los que contrastaron un grupo intervención sometido a RV y terapia convencional frente a un grupo control tratado exclusivamente con terapia convencional (18,19,22,25,26), en tres de ellos se reportaron mejoras significativas post-intervención en coordinación y habilidad manual en el grupo de intervención (18,23,25). Sin embargo, en uno de estos (19), no observaron diferencias notables entre grupos y no registraron cambios significativos en sus análisis clínicos.

No obstante, Cuesta-Gómez et al. (2022) informaron de avances post-intervención en la fuerza de agarre y en la funcionalidad del MS, mientras que en el estudio de Marcos-Antón et al. (2023) se observaron mejorías en la supinación del antebrazo y la fuerza de agarre en comparación con el tratamiento convencional para el MS. Sin embargo, en este último estudio, no se observaron diferencias significativas entre los grupos respecto a la habilidad manual medida con “Abilhand”.

Asimismo, Waliño-Paniagua et al., (2019) tampoco observaron diferencias significativas entre los grupos, aunque sí evidenciaron progresos en precisión de movimientos, tiempo de ejecución y eficiencia en tareas funcionales específicas.

Respecto a los estudios cruzados analizados: Bertoni et al. (2022) destacaron la mejora en la destreza manual gruesa del lado menos afectado y Pau et al. (2022) reportaron avances en la velocidad y estabilidad del movimiento “hand to mouth” del MS. Los resultados fueron significativos en ambos grupos de ambos estudios, pero con una mayor eficacia en el grupo “T-WL” (recibieron primero el tratamiento seguido de un período de lista de espera) en comparación con el de “WL-T”.

Adicionalmente, se revelaron progresos post-tratamiento en la coordinación y habilidad manual en dos estudios. En uno de ellos donde se comparaban diferentes modalidades de terapia con RV entre sí (20), y en otro la misma tecnología de RV pero aplicada de dos formas diferentes (24).

DISCUSIÓN

La finalidad de esta revisión bibliográfica de ensayos clínicos actuales y de alta calidad es valorar el impacto que ejerce la RV sobre el proceso de rehabilitación de los MS en individuos diagnosticados con EM, a través de un corpus de investigación seleccionado. Se analizaron un conjunto de diez investigaciones, en las que se encontraron mejoras en las variables analizadas, en los participantes post-intervención con RV. Con la excepción del trabajo de Feys et al., (2015) (19).

Pese a la restricción cuantitativa de estudios examinados, los datos preliminares revelan de forma general que la rehabilitación mediante la RV podría mejorar la función de los MS afectados por EM. Este planteamiento se sostiene en la aplicación de instrumentos de evaluación del MS, tanto válidos como fiables (incluidos 9HPT, BBT, ARAT, JTT, dinamómetro...), que, a pesar de su heterogeneidad, reportan mejorías en la capacidad funcional tras la aplicación de intervenciones basadas en RV (27,28).

Calidad metodológica

Respecto de la aplicación de la escala PEDro en los artículos de esta revisión vemos que la nota media de una puntuación de 7, que todos los estudios cumplieron los criterios 10 y 11 de la mencionada escala PEDro (todos presentan suficiente información estadística para que sus resultados sean interpretables) y que todos disponen de validez interna suficiente. Esto indica que la evidencia es robusta y que sus conclusiones son confiables para realizar esta revisión. No existe evidencia de que los estudios con una mayor calidad metodológica, reflejada en puntuaciones más altas en la escala, logren mejores resultados en las variables analizadas en comparación con el resto de los estudios.

Efectos de la Realidad Virtual

Si tenemos en cuenta las mejoras obtenidas; especialmente en coordinación y habilidad manual; en los estudios que contrastaron un grupo sometido a RV y terapia convencional frente a un grupo de control tratado exclusivamente con terapia convencional. Entendemos que esto ha permitido evaluar la eficacia relativa de la adición del tratamiento con RV al tratamiento convencional, en comparación con

el tratamiento estándar solamente, y evaluar si la RV otorga beneficios adicionales. Teniendo en cuenta lo anterior, podríamos deducir que la integración del ejercicio terapéutico en un programa de intervención multidisciplinario podría ser el enfoque más efectivo. Tal como se corrobora en otras revisiones sistemáticas (1).

Por otro lado, en los estudios que comparan diferentes tipos de RV (20) o el mismo tipo de RV, pero de dos formas diferentes (24), encontraron progresos en coordinación y habilidad manual en ambos casos post-tratamiento y respecto al grupo control. En el artículo de Jonsdottir et al. (2018) el grupo de “exergaming” actuó como control, por ser una aplicación menos especializada de RV que los “serious games”. Y en el artículo de Solaro et al. (2020), el grupo control fue el “sensoriomotor”, ya que el entrenamiento era más básico si tenemos en cuenta las complicaciones añadidas del grupo “háptico”.

En los estudios cruzados, donde cada participante actúa como su propio control y se reduce la variabilidad aleatoria en la obtención e interpretación de datos, destacaron la mejora en la destreza manual gruesa del lado menos afectado y los avances en la velocidad y estabilidad de movimientos del MS (17,21), especialmente en los grupos tratados previamente al período de lista de espera (T-WL). Estos resultados sugieren que la RV podría ser efectiva como intervención en sí misma, más allá de la inclusión de otras terapias complementarias. E incluso, que la secuencia en la que se recibe el tratamiento puede influir en la efectividad de este y que iniciar el tratamiento de forma temprana puede ser beneficioso para los pacientes.

Protocolos de intervención

Resulta evidente la existencia de una notable variabilidad en los protocolos de intervención utilizados. Los periodos de tratamiento oscilaron entre un mínimo de 4 semanas y un máximo de 10 semanas. La duración y la frecuencia de las sesiones mantuvieron cierta uniformidad, oscilando entre 40 a 60 minutos/sesión y de 2 a 3 sesiones/semana, pero dicha uniformidad no se traduce en un protocolo de intervención definido y uniforme. Esta falta de estandarización en los protocolos de intervención refleja las observaciones mencionadas en revisiones previas, como la realizada por Lamers et al. (2016) (29).

Esto revela en los estudios revisados, una tendencia hacia la implementación de intervenciones en periodos breves, en relación al período de desarrollo de la enfermedad, acompañada de una insuficiencia en el monitoreo de los resultados a largo plazo, ya que solo se hizo un seguimiento en tres de los artículos (23,25,26). Por ende, los efectos a largo plazo de estas intervenciones permanecen inciertos. Esta situación se presenta como un desafío en el contexto de enfermedades crónicas que requieren rehabilitación continua, como la EM, donde es crítico evaluar la persistencia de los beneficios terapéuticos a lo largo del tiempo. Por lo tanto, resulta imperativo obtener más datos acerca de la frecuencia ideal de la terapia con RV para asegurar mejoras sostenibles, en un intento de establecer un acuerdo sobre un programa de intervención con RV eficaz en la rehabilitación de miembros superiores de pacientes con EM (27).

Tecnologías aplicadas

Al igual que reportan otros investigadores (28), se identificó una amplia variedad en las tecnologías de RV utilizadas, así como en los distintos tipos de ejercicios o juegos implementados. Desde esta perspectiva, no debería resultar inesperado que exista una amplia diversidad en las tecnologías de RV, dada la evolución tecnológica significativa en este campo en años recientes, lo que ha mejorado su accesibilidad en el mercado. Esto ha abierto diversas opciones de uso tanto para pacientes como para investigadores. Sin embargo, desde el punto de vista científico, esto conlleva a una evidencia de muy poca validez externa y, por lo tanto, que sus conclusiones sean poco transferibles entre trabajos o al contexto clínico. Por lo tanto, es crucial que las investigaciones futuras no se centren exclusivamente en las tecnologías de RV como tal, sino que prioricen identificar y destacar los elementos beneficiosos del concepto tecnológico y del protocolo de intervención en general (28).

Uno de los elementos beneficiosos identificados es el entendimiento de conceptos como la inmersión y la sensación de presencia, los cuales son fundamentales en el desarrollo de aplicaciones de RV (14,30). No obstante, la presencia de estos elementos no fue específicamente mencionada en los estudios revisados, lo cual es una observación que concuerda con lo reportado por Amy Webster et al., en 2020 (28). Además, considerando que los dos estudios revisados que emplearon tecnología de mayor

inmersión presentaron fallos metodológicos, ya que no completaron la aleatorización de muestras (17,21), se concluye que no es posible afirmar con certeza si los métodos basados en inmersión resultan más efectivos, a pesar de que la inmersión no sea un requisito para clasificar una experiencia como parte de la RV.

En cuanto a tecnologías específicas, la utilización del “Leap Motion Controller” en estudios; como el de Cuesta-Gómez et al., (2020); facilita la imitación de gestos naturales y el entrenamiento de movimientos más detallados y precisos, según lo corroborado por Cortés-Pérez et al. (2021) (31). Por otro lado, el uso de “exergaming”, según lo descrito por Cuesta-Gómez et al. (2022) y Jonsdottira et al. (2018), revela limitaciones en la personalización del entorno virtual, lo cual puede ser crucial para adaptarse a las necesidades y objetivos físicos específicos del paciente. Esta restricción en la capacidad de ajustar el programa dificulta la personalización del tratamiento, un punto que coincide con los hallazgos de Grazia Maggio et al. (2019) (1). Deberían considerarse estos hechos para su aplicabilidad en futuros protocolos de rehabilitación.



LIMITACIONES DEL ESTUDIO

La presente revisión no está exenta de limitaciones. El empleo de terminología específica para la búsqueda bibliográfica puede haber llevado a la exclusión inadvertida de investigaciones pertinentes que no coincidían exactamente con estos términos. Asimismo, la revisión puede presentar sesgos en la selección y evaluación de los estudios, ya que fue realizada por un único investigador. La limitación de publicaciones recientes (desde el año 2014 hasta la fecha) puede haber excluido estudios significativos publicados antes de este rango temporal.

Por otro lado, los artículos incluidos en esta revisión describen protocolos aplicados sobre muestras de pacientes relativamente pequeñas, por lo que hay que ser cautos con su interpretación.

También es posible que los resultados analizados no puedan ser generalizados para todos los pacientes con EM, ya que el criterio de inclusión basado en la EDSS puede dejar fuera a algunos individuos.

Por último, a pesar de que la RV parece presentarse como una opción que ofrece la posibilidad de mejorar la motivación y adherencia al tratamiento, mostrando su potencial para ser especialmente beneficiosa en tratamientos a largo plazo como en la EM, debido a la necesidad de ajustarme a los criterios de formato, no han sido analizados en esta revisión. Este aspecto podría ser interesante para desarrollar en futuros estudios.

CONCLUSIONES

1. La presente revisión bibliográfica encuentra que los ECA actuales indican un potencial beneficio terapéutico de la RV en la rehabilitación de los MS de pacientes con EM, a pesar de la limitada cantidad de estudios y la variabilidad en los protocolos de intervención.

2. La RV parece ser efectiva tanto en su inclusión en un programa multidisciplinar como su implementación en solitario.

3. Los efectos de la RV más frecuentemente evaluados son a corto plazo, siendo necesarios ensayos clínicos que evalúen sus efectos a largo plazo.

4. A pesar de la variedad de tecnologías de RV disponibles, se sugiere que es más importante optimizar los elementos beneficiosos del concepto y del protocolo de intervención que elegir una tecnología específica.

5. La investigación subraya la necesidad de determinar la dosificación óptima de la realidad virtual para la rehabilitación de los MS en pacientes con EM. Por lo tanto, la futura investigación deberá enfocarse en identificar parámetros específicos que optimicen el uso de la RV, contribuyendo así a mejorar la calidad de vida de los pacientes afectados por esta condición.

BIBLIOGRAFÍA

1. Maggio MG, Russo M, Cuzzola MF, Destro M, La Rosa G, Molonia F, et al. Virtual reality in multiple sclerosis rehabilitation: A review on cognitive and motor outcomes. *Journal of Clinical Neuroscience*. julio de 2019;65:106-11.
2. Ghasemi N. Multiple Sclerosis: Pathogenesis, Symptoms, Diagnoses and Cell-Based Therapy. *CELL JOURNAL*. 2017;19(1).
3. Walton C, King R, Rechtman L, Kaye W, Leray E, Marrie RA, et al. Rising prevalence of multiple sclerosis worldwide: Insights from the Atlas of MS, third edition. *Mult Scler*. diciembre de 2020;26(14):1816-21.
4. Kobelt G, Thompson A, Berg J, Gannedahl M, Eriksson J, the MSCOI Study Group, et al. New insights into the burden and costs of multiple sclerosis in Europe. *Mult Scler*. julio de 2017;23(8):1123-36.
5. Kingwell E, Marriott JJ, Jetté N, Pringsheim T, Makhani N, Morrow SA, et al. Incidence and prevalence of multiple sclerosis in Europe: a systematic review. *BMC Neurol*. diciembre de 2013;13(1):128.
6. Brownlee WJ, Hardy TA, Fazekas F, Miller DH. Diagnosis of multiple sclerosis: progress and challenges. *The Lancet*. abril de 2017;389(10076):1336-46.
7. Rolak LA. Multiple Sclerosis: It's Not The Disease You Thought It Was. *Clinical Medicine & Research*. 1 de enero de 2003;1(1):57-60.
8. Kamm CP, Heldner MR, Vanbellingen T, Mattle HP, Müri R, Bohlhalter S. Limb Apraxia in Multiple Sclerosis: Prevalence and Impact on Manual Dexterity and Activities of Daily Living. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. junio de 2012;93(6):1081-5.
9. Bertoni R, Lamers I, Chen CC, Feys P, Cattaneo D. Unilateral and bilateral upper limb dysfunction at body functions, activity and participation levels in people with multiple sclerosis. *Mult Scler*. octubre de 2015;21(12):1566-74.
10. Jonsdottir J, Perini G, Ascolese A, Bowman T, Montesano A, Lawo M, et al. Unilateral arm

rehabilitation for persons with multiple sclerosis using serious games in a virtual reality approach: Bilateral treatment effect? *Multiple Sclerosis and Related Disorders*. octubre de 2019;35:76-82.

11. Abbadessa G, Brigo F, Clerico M, De Mercanti S, Trojsi F, Tedeschi G, et al. Digital therapeutics in neurology. *J Neurol*. marzo de 2022;269(3):1209-24.
12. Weiss PL, Kizony R, Feintuch U, Katz N. Virtual reality in neurorehabilitation.
13. Asea AAA, Geraci F, Kaur P, editores. *Multiple Sclerosis: Bench to Bedside* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2017 [citado 6 de febrero de 2024]. (Advances in Experimental Medicine and Biology; vol. 958). Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-47861-6>
14. Hollywood RA, Poyade M, Paul L, Webster A. Proof of Concept for the Use of Immersive Virtual Reality in Upper Limb Rehabilitation of Multiple Sclerosis Patients. En: Rea PM, editor. *Biomedical Visualisation* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2022 [citado 24 de marzo de 2024]. p. 73-93. (Advances in Experimental Medicine and Biology; vol. 1356). Disponible en: https://link.springer.com/10.1007/978-3-030-87779-8_4
15. Cornejo Thumm P, Giladi N, Hausdorff JM, Mirelman A. Tele-Rehabilitation with Virtual Reality: A Case Report on the Simultaneous, Remote Training of Two Patients with Parkinson Disease. *Am J Phys Med Rehabil*. mayo de 2021;100(5):435-8.
16. 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*. 29 de marzo de 2021;n71.
17. Bertoni R, Mestanza Mattos FG, Porta M, Arippa F, Cocco E, Pau M, et al. Effects of immersive virtual reality on upper limb function in subjects with multiple sclerosis: A cross-over study. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*. septiembre de 2022;65:104004.
18. Cuesta-Gómez A, Martín-Díaz P, Sánchez-Herrera Baeza P, Martínez-Medina A, Ortiz-Comino C, Cano-de-la-Cuerda R. Nintendo Switch Joy-Cons' Infrared Motion Camera Sensor for Training Manual Dexterity in People with Multiple Sclerosis: A Randomized Controlled Trial. *JCM*. 7 de junio de 2022;11(12):3261.
19. Feys P, Coninx K, Kerkhofs L, De Weyer T, Truyens V, Maris A, et al. Robot-supported upper limb training in a virtual learning environment : a pilot randomized controlled trial in persons with MS.

J NeuroEngineering Rehabil. diciembre de 2015;12(1):60.

20. Jonsdottir J, Bertoni R, Lawo M, Montesano A, Bowman T, Gabrielli S. Serious games for arm rehabilitation of persons with multiple sclerosis. A randomized controlled pilot study. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*. enero de 2018;19:25-9.
21. Pau M, Porta M, Bertoni R, Mattos FGM, Cocco E, Cattaneo D. Effect of immersive virtual reality training on hand-to-mouth task performance in people with Multiple Sclerosis: A quantitative kinematic study. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*. enero de 2023;69:104455.
22. Waliño-Paniagua CN, Gómez-Calero C, Jiménez-Trujillo MI, Aguirre-Tejedor L, Bermejo-Franco A, Ortiz-Gutiérrez RM, et al. Effects of a Game-Based Virtual Reality Video Capture Training Program Plus Occupational Therapy on Manual Dexterity in Patients with Multiple Sclerosis: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Healthcare Engineering*. 22 de abril de 2019;2019:1-7.
23. Norouzi E, Gerber M, Pühse U, Vaezmosavi M, Brand S. Combined virtual reality and physical training improved the bimanual coordination of women with multiple sclerosis. *Neuropsychological Rehabilitation*. 21 de abril de 2021;31(4):552-69.
24. Solaro C, Cattaneo D, Basteris A, Carpinella I, De Luca A, Mueller M, et al. Haptic vs sensorimotor training in the treatment of upper limb dysfunction in multiple sclerosis: A multi-center, randomised controlled trial. *Journal of the Neurological Sciences*. mayo de 2020;412:116743.
25. Cuesta-Gómez A, Sánchez-Herrera-Baeza P, Oña-Simbaña ED, Martínez-Medina A, Ortiz-Comino C, Balaguer-Bernaldo-de-Quirós C, et al. Effects of virtual reality associated with serious games for upper limb rehabilitation in patients with multiple sclerosis: randomized controlled trial. *J NeuroEngineering Rehabil*. diciembre de 2020;17(1):90.
26. Marcos-Antón S, Jardón-Huete A, Oña-Simbaña ED, Blázquez-Fernández A, Martínez-Rolando L, Cano-de-la-Cuerda R. sEMG-controlled forearm bracelet and serious game-based rehabilitation for training manual dexterity in people with multiple sclerosis: a randomised controlled trial. *J NeuroEngineering Rehabil*. 19 de agosto de 2023;20(1):110.
27. Levin MF, Weiss PL, Keshner EA. Emergence of Virtual Reality as a Tool for Upper Limb Rehabilitation: Incorporation of Motor Control and Motor Learning Principles. *Physical Therapy*. 1 de marzo de 2015;95(3):415-25.

28. Webster A, Poyade M, Rooney S, Paul L. Upper limb rehabilitation interventions using virtual reality for people with multiple sclerosis: A systematic review. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*. enero de 2021;47:102610.
29. Lamers I, Maris A, Severijns D, Dielkens W, Geurts S, Van Wijmeersch B, et al. Upper Limb Rehabilitation in People With Multiple Sclerosis: A Systematic Review. *Neurorehabil Neural Repair*. septiembre de 2016;30(8):773-93.
30. Schuemie MJ, Van Der Straaten P, Krijn M, Van Der Mast CAPG. Research on Presence in Virtual Reality: A Survey. *CyberPsychology & Behavior*. abril de 2001;4(2):183-201.
31. Cortés-Pérez I, Zagalaz-Anula N, Montoro-Cárdenas D, Lomas-Vega R, Obrero-Gaitán E, Osuna-Pérez MC. Leap Motion Controller Video Game-Based Therapy for Upper Extremity Motor Recovery in Patients with Central Nervous System Diseases. A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sensors*. 15 de marzo de 2021;21(6):2065.



ANEXOS, FIGURAS Y TABLAS

Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA.

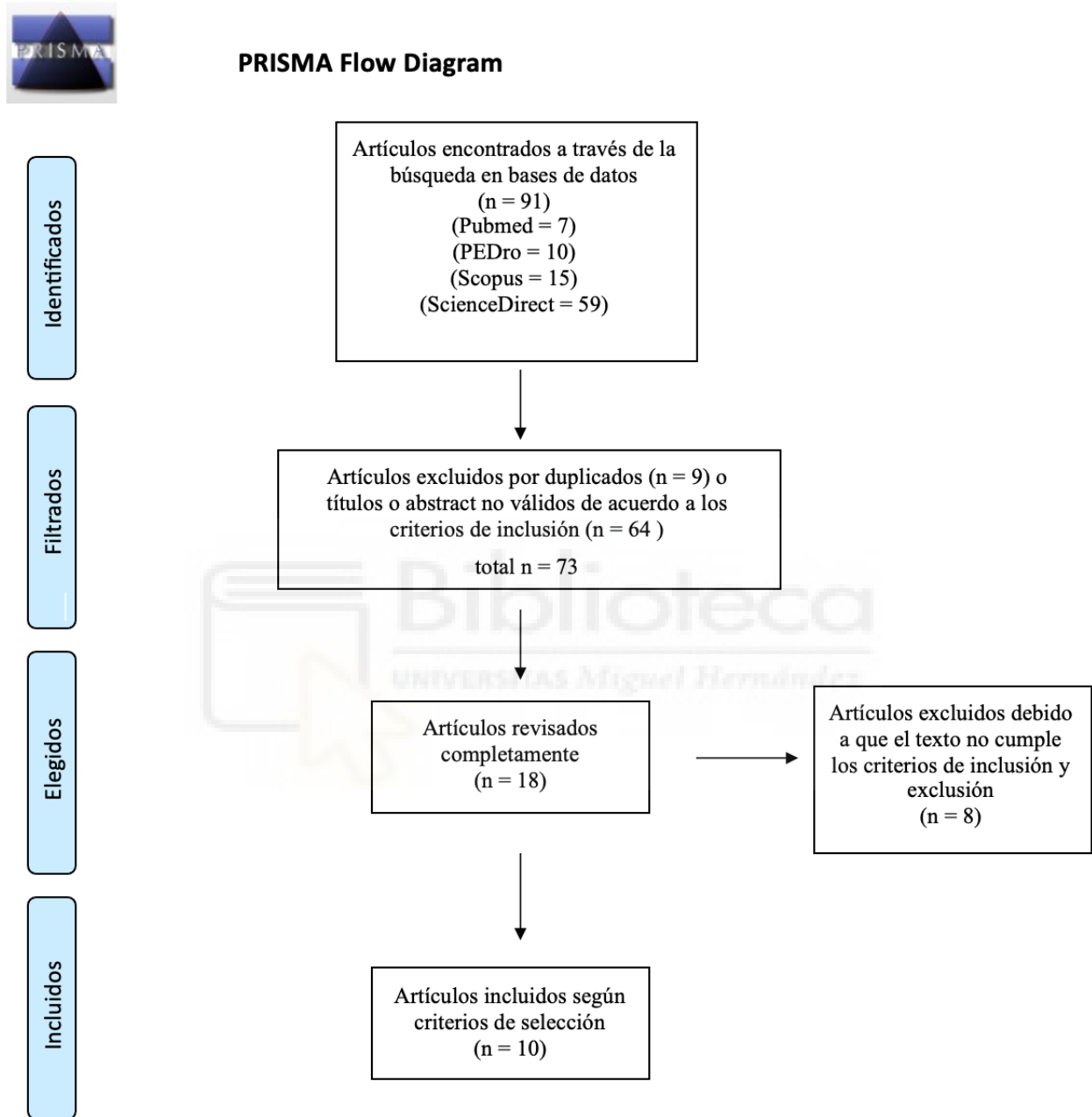


TABLA 2: Tabla con puntuación escala PEDro

AUTOR Y AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	TOTAL
Ebrahim Norouzi, et al. 2020	+	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	7
Alicia Cuesta-Gómez, et al. 2020	+	+	-	+	-	-	+	+	-	+	+	7
Carmen Nélide Waliño-Paniagua, et al. 2019	+	+	-	+	-	-	+	+	-	+	+	7
Selena Marcos-Antón, et al. 2023	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+	+	8
Johanna Jonsdottira, et al. 2018	+	+	-	+	-	-	+	+	-	+	+	7
Claudio Solaro, et al. 2020	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+	+	8
Massimiliano Pau, et al. 2022	+	+	-	+	-	-	+	+	-	+	+	7
Alicia Cuesta-Gómez, et al. 2022	+	+	-	+	-	-	+	+	-	+	+	7
Peter Feys, et al. 2015	+	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	6
Rita Bertoni, et al. 2022	+	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	6
	MEDIA										7	
<p>Criterio 1. Los criterios de elección fueron especificados. Criterio 2. Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos. Criterio 3. La asignación fue oculta. Criterio 4. Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes. Criterio 5. Todos los sujetos fueron cegados. Criterio 6. Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados. Criterio 7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados. Criterio 8. Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos. Criterio 9. Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por “intención de tratar”. Criterio 10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave. Criterio 11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave.</p> <p>(+) = PRESENTE; (-) = AUSENTE</p> <p>Se incluye un criterio adicional (Criterio 1) que se relaciona con la validez externa (“Aplicabilidad del ensayo”). Siguiendo las recomendaciones de la escala PEDro, no se tendrá en cuenta este criterio en el cálculo de la puntuación final.</p>												

Tabla 3: Resumen de la información extraída de los artículos

AUTOR/AÑO	DISEÑO DEL ESTUDIO Y OBJETIVO	POBLACIÓN	INTERVENCIÓN	MEDIDAS DE RESULTADO	RESULTADOS PRINCIPALES
Peter Feys, et al. 2015	<p>DISEÑO: Ensayo controlado aleatorizado piloto.</p> <p>OBJETIVOS: Investigar los efectos del entrenamiento adicional soportado por robot en personas con esclerosis múltiple (MS) en comparación con solo tratamiento convencional.</p>	<p>17 personas con EM. Grupo de intervención con entrenamiento soportado por robot y grupo de control con tratamiento convencional.</p>	<p>Entrenamiento adicional soportado por robot: 3 sesiones semanales de 30 minutos interactuando con el robot HapticMaster dentro de un entorno virtual de aprendizaje individualizado (I-TRAVLE) durante 8 semanas.</p> <p>Tratamiento convencional: Incluyó fisioterapia, terapia ocupacional y, dependiendo de las necesidades del paciente, terapia del habla o psicoterapia.</p>	<p>MEDIDAS CLÍNICAS: Fuerza de agarre de la mano, Índice de Motricidad, Fugl-Meyer, Test de Acción de Investigación del Brazo (ARAT), Motor Activity Log (MAL).</p> <p>MEDIDAS POR ROBOT: Tareas de movimiento en tres dimensiones proporcionando rango de movimiento activo, duración del movimiento, velocidad y relación de camino de la mano como indicación de eficiencia de movimiento en el dominio espacial.</p> <p>EDSS (Kurtzke Expanded Disability Status Scale): grado de discapacidad de la muestra.</p>	<p>Los participantes informaron efectos funcionales positivos en la vida diaria. Las tareas de movimiento medidas con el robot se realizaron en menos tiempo y, para las tareas de transporte y alcance, más eficientemente. Sin embargo, no hubo cambios significativos en ninguna medida clínica en ninguno de los grupos, aunque análisis observacionales de los casos incluidos indicaron grandes mejoras en el Fugl-Meyer en personas con disfunción más marcada del miembro superior.</p>
Johanna Jonsdottira, et al. 2018	<p>DISEÑO: Ensayo controlado aleatorizado, doble ciego.</p> <p>OBJETIVOS: Investigar la viabilidad y evidencia preliminar de eficacia de una plataforma de juegos serios comparada con exergame usando la Wii para la rehabilitación del brazo en personas con esclerosis múltiple (EM).</p>	<p>16 pacientes con EM. Grupo de serious games (Rehab@Home): 10 participantes. Grupo de control (Wii): 6 participantes.</p>	<p>Serious games (Rehabhome): Se utilizaron juegos serios para la terapia del miembro superior durante 12 sesiones (40 minutos, 12 sesiones/4 semanas).</p> <p>Exergame (Wii): Juego con la plataforma comercial Wii por el mismo período y frecuencia.</p>	<p>PRIMARIAS: 9 Hole Peg Test (9HPT) y Box and Block Test (BBT).</p> <p>SECUNDARIAS: Escala visual análoga de EQ-5D (EQ-VAS) y SF-12.</p> <p>EDSS (Kurtzke Expanded Disability Status Scale): grado de discapacidad de la muestra.</p>	<p>Mejoras clínicamente significativas en la función del brazo en el grupo de juegos serios medido por 9HPT (38–29.5 s, $P = 0.046 > 20\%$) y BBT (32–42 cubos, $P = 0.19 > 20\%$). El grupo de exergame no mostró mejoras significativas en ninguna de las pruebas. Solo el grupo de exergame percibió una mejora en su estado de salud. Los juegos serios fueron bien recibidos en términos de experiencia de usuario y motivación.</p>

<p>Carmen Nérida Waliño-Paniagua, et al. 2019</p>	<p>DISEÑO: Ensayo controlado aleatorizado, simple ciego.</p> <p>OBJETIVOS: Evaluar los efectos de un programa de entrenamiento basado en juegos de realidad virtual, junto con terapia ocupacional, en la destreza manual de pacientes con esclerosis múltiple.</p>	<p>16 pacientes con esclerosis múltiple divididos en dos grupos (control y experimental), cada uno con 8 pacientes (4 hombres y 4 mujeres por grupo).</p>	<p>Grupo OT: 8 participantes, recibió 20 sesiones de OT convencional.</p> <p>Grupo OT + VR: 8 participantes, recibió 20 sesiones de OT convencional más 20 sesiones de intervenciones de VR. Dos sesiones por semana, cada una de 30 minutos para OT y 20 minutos adicionales de VR para el grupo OT + VR.</p> <p>OT: Actividades para entrenar la destreza manual y funcional del miembro superior dirigidas a las actividades de la vida diaria (ADLs).</p> <p>VR: Ejercicios con videojuegos de captura de movimiento del miembro superior sin necesidad de controladores manuales, incluyendo juegos como Flip Out, Air Hockey, entre otros, enfocados en promover la práctica específica de movimientos en el hombro, codo, muñeca y/o mano.</p>	<p>-Prueba de Purdue Pegboard (PPT) para destreza manual fina, coordinación.</p> <p>- Prueba de Función Manual de Jebsen-Taylor (JTT) para capacidad funcional de la mano.</p> <p>- Prueba de Tablero Ranurado (GPT) para evaluar la destreza manipulativa.</p> <p>EDSS (Kurtzke Expanded Disability Status Scale): grado de discapacidad de la muestra.</p>	<p>Mejoras clínicas en la precisión de movimientos, tiempos de ejecución y eficiencia de ciertas tareas funcionales en el grupo OT + VR, aunque no se encontraron diferencias significativas en la destreza manual entre los grupos OT y OT + VR</p> <p>Se encontraron diferencias significativas en el grupo OT + VR en tareas específicas como "Recoger objetos pequeños comunes" con ambas manos, y una tendencia hacia la significancia en "Número de piezas colocadas correctamente" con la mano no dominante en el GPT..</p>
<p>Ebrahim Norouzi, et al. 2020</p>	<p>DISEÑO: Ensayo controlado aleatorizado</p> <p>OBJETIVOS: Examinar la efectividad de tres intervenciones para aprender una tarea de coordinación bimanual en mujeres con esclerosis múltiple (MS): entrenamiento de realidad virtual (VRT), entrenamiento físico convencional (CPT), y la combinación de VRT y CPT (COMB).</p>	<p>45 mujeres con esclerosis múltiple.</p> <p>Grupo VTR n=15</p> <p>Grupo CPT n=15</p> <p>Grupo COMB n=15</p>	<p>VTR: Mejora de la coordinación entre procesos visuales y coordinación motora de ambas manos mediante ejercicios específicos, utilizando un avatar en pantalla que refleja los movimientos del usuario.</p> <p>CPT: Entrenamiento de coordinación bimanual con énfasis en la precisión y consistencia motora, guiado por metrónomo.</p> <p>COMB: Combinación de VRT y CPT, utilizando retroalimentación visual, propioceptiva y auditiva.</p>	<p>Medidas de coordinación bimanual: Error absoluto de la fase relativa (AEw) para laprecisión y la desviación estándar de la fase relativa para la consistencia.</p> <p>Instrumentos: NHPT-Nine hole peg test y un dispositivo específico para evaluar la coordinación bimanual.</p> <p>EDSS (Kurtzke Expanded Disability Status Scale): grado de discapacidad de la muestra.</p>	<p>Se observaron mejoras en la coordinación bimanual tanto en precisión como en consistencia en todos los grupos, siendo más significativas en el grupo COMB.</p> <p>La intervención combinada (COMB) resultó en mayor precisión y consistencia en la coordinación bimanual comparada con VRT y CPT por separado. Estas mejoras se mantuvieron en el seguimiento realizado 4 semanas después de la finalización del estudio</p>

<p>Cuesta-Gómez et al., 2020</p>	<p>DISEÑO: Ensayo controlado aleatorizado, simple ciego.</p> <p>OBJETIVOS: evaluar la efectividad de los Serious Games diseñados para la rehabilitación del miembro superior en pacientes con esclerosis múltiple, utilizando el Leap Motion Controller como interfaz principal.</p>	<p>30 pacientes con esclerosis múltiple, sin diferencias estadísticamente significativas en cuanto a edad, duración de la enfermedad y puntuación EDSS entre los grupos.</p> <p>Grupo experimental: n=16 Grupo de control: n=14</p>	<p>Ambos grupos recibieron dos sesiones de 60 minutos por semana durante un período de diez semanas.</p> <p>GE: Terapia de rehabilitación motora convencional (45 minutos) más terapia basada en juegos serios con LMC (15 minutos) por sesión.</p> <p>GC: Terapia de rehabilitación motora convencional para el miembro superior.</p> <p>Ejercicios de la RV: Movimientos de agarre, flexión y extensión de dedos, y pronación-supinación de la mano, entre otros, intentando imitar movimientos de juegos serios diseñados para el GE.</p>	<p>-Fuerza de agarre (dinamómetro Jamar®). -Destreza manual gruesa y fina (Box and Blocks Test - BBT, Purdue Pegboard Test - PPT, Nine Hole Peg Test - NHPT). -Fatiga (Fatigue Severity Scale - FSS). -Calidad de vida (Multiple Sclerosis Impact Scale - MSIS-29). -Satisfacción y cumplimiento (Client Satisfaction Questionnaire - CSQ-8 y un cuestionario de satisfacción específico para el tratamiento experimental).</p> <p>EDSS (Kurtzke Expanded Disability Status Scale): grado de discapacidad de la muestra.</p>	<p>Mejoras significativas en el GE en comparación con el GC en la evaluación post-tratamiento para la coordinación, la velocidad de movimientos, y la destreza manual fina y gruesa. Mejoras significativas sostenidas en el seguimiento para la coordinación y destreza manual en el lado más afectado.</p> <p>También se observó una alta satisfacción con la intervención sin efectos secundarios adversos.</p>
<p>Claudio Solaro, et al. 2020</p>	<p>DISEÑO: Ensayo controlado aleatorizado, doble ciego.</p> <p>OBJETIVOS: Comparar la eficacia del entrenamiento asistido por robots basado en ejercicios hápticos o sensoriomotores en la mejora de la función del miembro superior en personas con esclerosis múltiple.</p>	<p>41 pacientes con diagnóstico clínico definitivo de esclerosis múltiple y disfunción del miembro superior.</p>	<p>Grupo Háptico: Realizó un protocolo de entrenamiento asistido por robot diseñado para contrarrestar la incoordinación y debilidad. Entrenamiento con interacción con un sistema virtual masa-resorte contra una carga resistiva, requiriendo habilidades de coordinación. La dificultad de la tarea y la magnitud de la carga resistiva se ajustaron automáticamente a la discapacidad individual.</p> <p>Grupo Sensoriomotor: Realizó movimientos de alcance bajo control visual sin generación de fuerzas por el robot. Realizó movimientos de alcance sin resistencia generada por el robot, bajo control visual.</p> <p>Ambos grupos realizaron ocho sesiones de entrenamiento (40 min/sesión, 2 sesiones/semana).</p>	<p>RESULTADO PRIMARIO: 9HPT (Nine Hole Peg Test).</p> <p>RESULTADO SECUNDARIO: ARAT (Action Research Arm Test), número de respondedores (mejora mayor al 20% en 9HPT), cambios secundarios instrumentales en la ejecución de la tarea.</p> <p>EDSS (Kurtzke Expanded Disability Status Scale): grado de discapacidad de la muestra.</p>	<p>El grupo Háptico mostró una reducción promedio en el puntaje 9HPT de -13 ± 5 segundos ($-15 \pm 4\%$ cambio), mientras que el grupo Sensoriomotor mostró una reducción de -5 ± 4 segundos ($-8 \pm 5\%$ cambio), indicando mejoras significativas en el grupo Háptico en comparación con el grupo Sensoriomotor. No se observaron cambios significativos en el puntaje ARAT.</p> <p>Los participantes toleraron bien los tratamientos con una baja tasa de abandono. A las 12 semanas después del entrenamiento, no se encontró retención del efecto en ninguno de los grupos.</p>

<p>Rita Bertoni, et al. 2022</p>	<p><u>DISEÑO:</u> Ensayo controlado aleatorizado Estudio cruzado bicéntrico</p> <p><u>OBJETIVOS:</u> Investigar la viabilidad y los efectos de un sistema comercial de realidad virtual inmersiva para la rehabilitación bilateral del miembro superior en personas con esclerosis múltiple (EM).</p>	<p>20 personas con EM.</p>	<p>Dos secuencias de intervención: Tratamiento-Lista de Espera (T-WL; N=9) y Lista de Espera-Tratamiento (WL-T; N=11).</p> <p>12 sesiones de rehabilitación del miembro superior basadas en realidad virtual inmersiva (plataforma Oculus Rift) durante un período de 4 semanas.</p> <p>VR inmersiva con Oculus Rift: Se administraron 12 sesiones de 45 minutos de ejercicios de rehabilitación bilateral del miembro superior, supervisados por fisioterapeutas, ajustando la dificultad y opciones de cada juego según las necesidades y capacidades de los participantes.</p>	<p>PRIMARIA: Box and Block Test (BBT).</p> <p>SECUNDARIA: Nine Hole Peg Test (NHPT), fuerza de agarre isométrica máxima, Manual Ability Measure-36 (MAM-36), Modified Fatigue Impact Scale (MFIS), y System Usability Scale (SUS).</p> <p>EDSS (Kurtzke Expanded Disability Status Scale): grado de discapacidad de la muestra.</p>	<p>Se observaron mejoras clínicas y estadísticas en BBT, indicando mejoría en la destreza manual gruesa en el lado menos afectado, sin cambios significativos en el lado más afectado. Pequeñas y no significativas diferencias entre secuencias para NHPT y fuerza de agarre en ambos lados. No se encontraron diferencias en las medidas de resultados informados por los pacientes (MFIS y MAM-36). La puntuación media de SUS fue de 45.9 ± 11.1 puntos, indicando una usabilidad moderada del sistema.</p>
<p>Massimiliano Pau, et al. 2022</p>	<p><u>DISEÑO:</u> Ensayo controlado aleatorizado cruzado bicéntrico de 2 periodos.</p> <p><u>OBJETIVOS:</u> Evaluar cuantitativa y objetivamente los efectos de un tratamiento basado en realidad virtual inmersiva en la función motora del miembro superior en personas con esclerosis múltiple (EM), utilizando análisis cinemáticos de la tarea "mano a boca".</p>	<p>19 participantes con EM de moderada a severa discapacidad (puntuación media EDSS de 5.5) y deterioro relevante del miembro superior.</p>	<p>12 sesiones de RV inmersiva durante 4 semanas usando la plataforma VR Oculus Quest y juegos como Fruit Ninja, Beat Saber y Creed - Rise to Glory.</p> <p>Los participantes realizaron ejercicios diseñados para promover movimientos bilaterales del miembro superior, jugando en sesiones de 45 minutos compuestas por 3 bloques de 10 minutos de ejercicios, con 5 minutos de descanso entre bloques.</p>	<p>Se realizó un análisis cinemático instrumental del movimiento "mano a boca" mediante un sistema de captura de movimiento óptico para evaluar cambios asociados al tratamiento. También se administraron pruebas clínicas para evaluar la destreza manual gruesa y fina, como la prueba de Box and Blocks y la Nine Hole Peg Test.</p> <p>EDSS (Kurtzke Expanded Disability Status Scale): grado de discapacidad de la muestra.</p>	<p>El análisis cinemático mostró que el entrenamiento en RV impactó positivamente la capacidad de los participantes para realizar la tarea "mano a boca", con una reducción significativa del tiempo total requerido para completar la tarea de aproximadamente un 20% tanto para el miembro más afectado como para el menos afectado. Se observó una mejora en el grado de precisión y estabilidad del movimiento, indicado por la reducción del valor de ajuste del balanceo, especialmente para el miembro más afectado (-60%).</p>

<p>Alicia Cuesta-Gómez, et al. 2022</p>	<p>DISEÑO: Ensayo clínico aleatorizado, simple ciego. OBJETIVOS: Evaluar los efectos del Nintendo Switch® combinado con una intervención convencional para mejorar la fuerza de agarre del miembro superior, coordinación, velocidad de movimientos, destreza fina y gruesa, funcionalidad, calidad de vida y función ejecutiva en pacientes con esclerosis múltiple (EM). Se evaluaron los niveles de satisfacción y cumplimiento.</p>	<p>21 pacientes con EM, divididos en dos grupos: grupo experimental (11 pacientes) y grupo control (10 pacientes).</p>	<p>Grupo experimental recibió tratamiento basado en Dr Kawashima's Brain Training® para el Nintendo Switch® (20 min) más rehabilitación convencional (40 min), y el grupo control recibió solo rehabilitación convencional para los miembros superiores (60 min). Ambos grupos tuvieron dos sesiones de 60 minutos por semana durante ocho semanas.</p>	<p>Fuerza de agarre (dinamómetro Jamar®), Box and Blocks Test (BBT), Nine Hole Peg Test (NHPT), QuickDASH, Escala de Impacto de la Esclerosis Múltiple (MSIS-29), Trail Making Test (TMT), Stroop Color and Word Test (SCWT), cuestionario de satisfacción del cliente (CSQ-8), y NASA Task Load Index para evaluar la carga de trabajo percibida.</p> <p>EDSS (Kurtzke Expanded Disability Status Scale): grado de discapacidad de la muestra.</p>	<p>El análisis intragrupo mostró mejoras significativas para el grupo experimental en fuerza de agarre del lado más afectado, BBT para ambos lados, TMT (sección A), y QuickDASH post-tratamiento. No se observaron diferencias significativas en el análisis intergrupos. Alta satisfacción y excelente cumplimiento en ambos grupos, sin efectos secundarios adversos reportados.</p>
<p>Selena Marcos-Antón, et al. 2023</p>	<p>DISEÑO: Ensayo controlado aleatorizado, doble ciego. OBJETIVOS: Evaluar la efectividad de videojuegos serios desarrollados específicamente para el sensor de captura MYO Armband® en la mejora de la movilidad del antebrazo y muñeca, la fuerza muscular, la destreza, la fatiga, la funcionalidad, la calidad de vida, la satisfacción, los efectos adversos y el cumplimiento en pacientes con esclerosis múltiple (EM).</p>	<p>30 pacientes con EM relapsing-remitting, secundaria y primarias progresivas.</p>	<p>Grupo experimental (GE): Tratamiento basado en videojuegos serios para el miembro superior controlados por el sensor MYO Armband® más rehabilitación convencional. Terapia de rehabilitación convencional (45 minutos) más terapia basada en videojuegos serios con MYO Armband® (15 minutos) por sesión.</p> <p>Grupo control (GC): Rehabilitación convencional para el miembro superior. Terapia de rehabilitación convencional para el miembro superior (60 minutos) por sesión.</p> <p>Dos sesiones de 60 minutos por semana durante un período de ocho semanas.</p> <p>Videojuegos incluidos: Diseñados específicamente para trabajar movimientos del antebrazo y la muñeca, como flexión, extensión, pronación, supinación, agarre y apertura de la mano.</p>	<p>-Rango de movimiento activo del muñeco (goniómetro). - Fuerza de agarre (dinamómetro Jamar®). - Destreza y coordinación del miembro superior (Box and Block Test - BBT). - Fatiga (Fatigue Severity Scale - FSS). - Funcionalidad (ABILHAND). - Calidad de vida (Multiple Sclerosis Impact Scale - MSIS29). - Efectos adversos (Short Symptom Questionnaire - SSQ). - Carga de trabajo percibida (NASA-Taskload index). - Satisfacción con tecnología (System Usability Scale - SUS, Quebec user evaluation of satisfaction with assistive technology - QUEST 2.0, Customer Satisfaction Questionnaire - CSQ-8). - EDSS (Kurtzke Expanded Disability Status Scale): grado de discapacidad.</p>	<p>Mejoras significativas en el GE en comparación con el GC en la evaluación post-tratamiento para la supinación del antebrazo y la fuerza de agarre. Efectos adversos mínimos y baja carga de trabajo percibida en el GE. Alta utilidad percibida del dispositivo MYO Armband® y altas puntuaciones de satisfacción en el GE. Diferencias significativas entre los grupos en términos de porcentaje de asistencia, siendo mayor en el GE.</p>

Anexo 1: Glosario de términos de tecnologías de RV

- **Leap Motion Controller:** Dispositivo que captura el movimiento de las manos y los dedos, permitiendo la interacción con entornos virtuales sin necesidad de contacto físico.
- **Exergaming:** Juegos electrónicos que combinan el ejercicio físico con el entretenimiento, utilizados para promover la actividad física a través del juego interactivo.
- **Serious Games:** Videojuegos diseñados con un propósito educativo o terapéutico, más allá del entretenimiento, aplicados en contextos como la rehabilitación.
- **Kinect:** Sensor de movimiento desarrollado por Microsoft que permite la interacción con juegos y aplicaciones sin la necesidad de un control físico, utilizando cámaras y sensores de profundidad.
- **Oculus Quest/Oculus Rift:** Cascos de realidad virtual desarrollados por Oculus que permiten la inmersión en entornos virtuales mediante seguimiento de movimiento y visualización 3D.
- **Consola Nintendo Switch:** Dispositivo de videojuegos híbrido desarrollado por Nintendo que puede usarse como consola portátil o conectada a un televisor, con mandos que detectan movimiento.
- **Consola Wii:** Sistema de videojuegos de Nintendo que utiliza controles de movimiento para interactuar con los juegos, promoviendo la actividad física a través de su sensor de movimiento.
- **Robots Hápticos:** Dispositivos que proporcionan retroalimentación táctil y de fuerza, permitiendo a los usuarios sentir interacciones virtuales como si fueran reales.