

Efectividad de la realidad virtual en la rehabilitación del miembro superior en la lesión de la médula espinal. Revisión sistemática

Elena García-García, Patricia Sánchez-Herrera Baeza, Alicia Cuesta-Gómez

Introducción. La lesión de la médula espinal es un estado funcional complejo que limita gravemente la vida de la persona. Por ello, la recuperación de la funcionalidad del miembro superior en la tetraplejía se considera un objetivo primordial, ya que mejora significativamente la calidad de vida de estas personas. Además de las terapias convencionales, la realidad virtual supone un nuevo enfoque terapéutico en la rehabilitación del lesionado medular.

Objetivo. Realizar una revisión sistemática sobre la efectividad de la rehabilitación del miembro superior en pacientes con lesión medular a través de la realidad virtual.

Pacientes y métodos. Se recopilaron datos de ensayos clínicos hasta abril de 2018 que investigaran la rehabilitación con sistemas de realidad virtual en los miembros superiores de pacientes con lesión medular completa e incompleta. Las bases de datos consultadas en esta revisión incluyeron: Scopus, Web of Science, PubMed, Medline Complete, Science Direct, CINHAL y Brain.

Resultados. Se analizaron cinco artículos, los cuales incluyeron ensayos controlados aleatorizados y ensayos clínicos. Los principales resultados de los estudios muestran buena tendencia de la rehabilitación a través de la realidad virtual en combinación con terapia convencional.

Conclusiones. Las limitaciones encontradas en los estudios, así como su baja calidad metodológica, suponen la necesidad de mayores investigaciones acerca de la efectividad de esta nueva herramienta. Aun así, la buena tendencia de los estudios se considera de interés para futuras investigaciones.

Palabras clave. Lesión medular. Miembro superior. Realidad virtual. Rehabilitación.

Introducción

La lesión de la médula espinal se define como cualquier alteración de la médula espinal que interrumpe el impulso nervioso del cerebro a la periferia y viceversa, causando alteraciones en el sistema sensitivomotor y el sistema nervioso autónomo por debajo del nivel de la lesión [1]. Según la Organización Mundial de la Salud, la lesión de la médula espinal incluye todo daño ocurrido tanto en la médula como en el cono medular y la cola de caballo [2].

La incidencia global estimada de la lesión de la médula espinal es de 40-80 nuevos casos al año por millón de habitantes, lo que implica un incremento de 250.000-500.000 personas afectadas anualmente [2]. En España, se estiman 12-20 nuevos casos anuales de lesión de la médula espinal por millón de habitantes y, además, la prevalencia de lesión medular es aproximadamente de 350 individuos por millón de habitantes [3]. En términos de morbilidad y discapacidad, la lesión de la médula espinal se considera como el segundo evento traumático más grave

(después de la lesión cerebral) y constituye una de las primeras causas de discapacidad neurológica en España, ya que produce condiciones físicas, psicológicas y sociales irreversibles que no sólo afectan al paciente, sino también al entorno familiar [4].

La lesión medular afecta a la conducción de las señales sensitivas y motoras, así como al sistema nervioso autónomo [2,5]. Los síntomas de la lesión de la médula espinal varían según la extensión y el nivel de la lesión, y se agravan cuanto más craneal se encuentre la afectación [2]. Para describir el nivel de la lesión medular y su grado se utiliza la clasificación internacional de la American Spinal Injury Association (ASIA) [2,5]. Según la última revisión de la escala ASIA [4], la lesión de la médula espinal puede clasificarse en completa, definida como la ausencia de preservación de función motora o sensitiva en los segmentos sacros S4-S5, o incompleta, cuando existe cierta preservación motora o sensorial en los segmentos sacros S4-S5. Esta nueva actualización de la escala describe el término 'zonas de preservación parcial', usado para las lesiones com-

ORPEA Sanchinarro (E. García-García). Departamento de Fisioterapia, Terapia Ocupacional, Rehabilitación y Medicina Física; Facultad de Ciencias de la Salud; Universidad Rey Juan Carlos (P. Sánchez-Herrera Baeza, A. Cuesta-Gómez). Madrid, España.

Correspondencia:

Dra. Alicia Cuesta Gómez. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Rey Juan Carlos. Avda. Atenas, s/n. E-28922 Alcorcón (Madrid).

E-mail:

alicia.cuesta@urjc.es

Aceptado tras revisión externa:

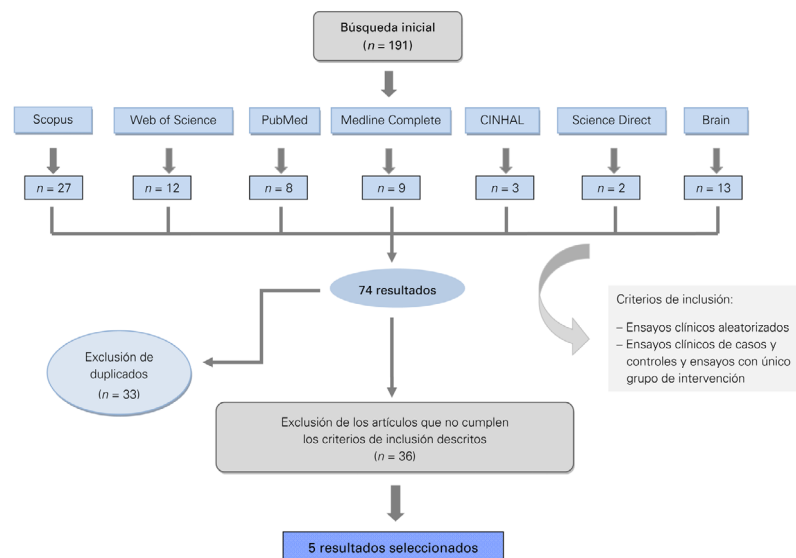
25.02.19.

Cómo citar este artículo:

García-García E, Sánchez-Herrera Baeza P, Cuesta-Gómez A. Efectividad de la realidad virtual en la rehabilitación del miembro superior en la lesión de la médula espinal. Revisión sistemática. Rev Neurol 2019; 69: 135-44. doi: 10.33588/rn.6904.2019034.

© 2019 Revista de Neurología

Figura. Diagrama de flujo.



pletas en las que existe preservación motora y sensitiva por debajo del nivel de la lesión [5].

La extensión y el nivel de la lesión tienen un gran impacto sobre el nivel de independencia del paciente. En la tetraplejía, la pérdida de la movilidad del miembro superior es una de las consecuencias más devastadoras debido a su impacto en la independencia y la calidad de vida de los pacientes, por lo que su rehabilitación se considera un objetivo primordial. Según dos estudios, los pacientes con tetraplejía consideran la recuperación del miembro superior el objetivo de mayor importancia, ya que supone una gran limitación en los cuidados personales y las actividades de la vida diaria [4,6]. Existe un amplio abanico de terapias de rehabilitación orientadas a mejorar la función o compensar la pérdida de funcionalidad del miembro superior. Además de las terapias convencionales, en los últimos años han emergido nuevas herramientas de rehabilitación, como es el caso de la realidad virtual [7].

La realidad virtual es una simulación de un entorno real generado por ordenador que, a través de una interfaz hombre-máquina, permite al usuario interactuar con ciertos elementos dentro del escenario simulado [8]. El principal objetivo del uso terapéutico de la realidad virtual se fundamenta en mejorar el funcionamiento de las actividades que se deben realizar en el mundo real mediante la transferencia de habilidades en un entorno virtual [9]. El

uso de aplicaciones de realidad virtual como complemento en la neurorrehabilitación permite controlar de forma precisa cada una de las sesiones, adaptar las interfaces a las necesidades motoras de los pacientes y recrear entornos virtuales seguros [10]. Además, la realidad virtual es capaz de aumentar la intensidad de los ejercicios a través de su repetición, lo que constituye un elemento indispensable para la plasticidad cerebral [11].

Teniendo en cuenta todas estas posibilidades terapéuticas, la realidad virtual se convierte en una herramienta útil que favorece la motivación de los pacientes y fomenta el aprendizaje motor a través de un *feedback* inmediato (visual, auditivo y táctil) durante la realización de tareas específicas [12].

Por consiguiente, al tratarse de una terapia emergente, no existe ninguna revisión de dicha técnica en esta enfermedad, y queda justificada la necesidad de una recopilación de los avances terapéuticos de la realidad virtual en la lesión medular.

El objetivo de esta revisión sistemática fue evaluar, a través de una recopilación de estudios de investigación, la efectividad de la rehabilitación de realidad virtual del miembro superior en pacientes con lesión de la médula espinal.

Pacientes y métodos

Criterios para la valoración de los estudios

Diseño

Se incluyeron en el estudio ensayos clínicos y ensayos controlados aleatorizados, con fecha de publicación desde el año 2000 hasta abril de 2018, que comprobasen la eficacia de la rehabilitación a través de realidad virtual complementaria o no a otros tratamientos tanto en un único grupo de intervención como en comparación entre un grupo de intervención y un grupo control.

Tipo de participantes

Los criterios de inclusión de los participantes de esta revisión se limitan a: pacientes mayores de 18 años, con diagnóstico de lesión de la médula espinal en fase de rehabilitación subaguda y con criterios de mejorar (≤ 12 meses de evolución), con lesiones comprendidas entre los segmentos vertebrales de C5 a D6 y lesión motora completa o incompleta, según la escala ASIA (los incluidos en ASIA A, B o C).

Tipo de intervención

Los ensayos debían realizar cualquier tipo de técni-

ca terapéutica basada en el uso de la realidad virtual. Fueron incluidos en este trabajo tanto los ensayos clínicos que compararan un grupo de intervención tratado con realidad virtual con un grupo control, como los artículos formados por un solo grupo de intervención.

Tipo de medidas de resultado

Respecto a las medidas de resultado, se tuvo en cuenta que los artículos seleccionados incluyeran algunas de las principales herramientas de evaluación de los siguientes parámetros:

- *Evaluación clínica y funcional: Functional Independence Measure (FIM)* [13] y *Spinal Cord Injury Independence Measure (SCIM) II* [14] y III [15].
- *Evaluación funcional de las actividades de la vida diaria: índice de Barthel* [16].
- *Fuerza muscular y rango de movimiento: Manual Muscle Test (MMT)* [17], *índice motor* [18] y *Muscle Balance (MB)* [19], y *Range of Motion (ROM)* analizado con el programa MATHBA.
- *Coordinación y destreza manual: Jebsen-Taylor Hand Function Test (JHFT)* [20] y *Nine-Hole Peg Test (NHPT)* [21].

Estrategia de búsqueda para la identificación de los estudios

Se establecieron límites en cuanto al idioma, y se seleccionaron los artículos en inglés o castellano; y, en cuanto a la fecha de publicación, todos los artículos desde enero de 2000 hasta abril de 2018. Las bases de datos consultadas fueron las siguientes: Scopus, Web of Science, CINHALL, Medline Complete, Science Direct, PubMed y Brain. En dichas fuentes de información se efectuó la estrategia de búsqueda: 1) 'virtual reality' AND 'spinal cord injury'; 2) 'virtual reality' AND 'tetraplegia'; 3) 'virtual reality' AND 'spinal cord injury' AND 'upper limb'; 4) 'virtual environment' AND 'spinal cord injury'; 5) 'video game' AND 'spinal cord injury'; 6) 'computer game' AND 'spinal cord injury'; y 7) 'virtual reality' AND 'spinal cord injury' AND 'rehabilitation'.

Métodos de la revisión

Se llevó a cabo una selección de los títulos y resúmenes de los resultados encontrados en las bases de datos. Todos los artículos potencialmente seleccionables fueron examinados por dos evaluadores que valoraron la selección de manera independiente, analizando a texto completo los que cumplían los criterios de inclusión con el objetivo de determinar su relevancia en la revisión. Al objeto de mejorar la

calidad de la presente revisión sistemática se siguieron las directrices de la declaración PRISMA [22].

Evaluación de la calidad metodológica

Se evaluó la calidad metodológica de los trabajos seleccionados mediante la guía CASPe para ensayos clínicos [23]. Esta escala se realizó en los artículos considerados ensayos clínicos aleatorizados.

Asimismo, se realizó la escala Oxford [24] a todos los artículos seleccionados para determinar el nivel de evidencia y el grado de recomendación.

Resultados

Descripción de los estudios

La búsqueda en las distintas bases de datos dio un resultado de 191 estudios, de los cuales se seleccionaron 74. Se realizó una exclusión de 33 artículos por estar duplicados, con lo que restaron 41 artículos para analizar. Posteriormente, se realizó un análisis de los artículos, de los cuales fueron excluidos 36 por no cumplir los criterios de inclusión de esta revisión, y resultó así un total de cinco artículos incluidos (Figura), los cuales abordaron una muestra de 83 participantes diferentes [25-29].

Tanto los participantes del grupo de intervención como los del grupo control realizaron diariamente un tratamiento de rehabilitación de terapia ocupacional y fisioterapia.

Todos los estudios incluyeron participantes adultos mayores de 18 años, con independencia del sexo, con tan sólo un estudio que acotó la edad entre 18 y 60 años [27]. La media de edad, el sexo, el tiempo medio tras la lesión, la dominancia y la etiología de la lesión se especifican en todos los estudios [25-29]. El nivel de la lesión y su clasificación en la escala ASIA en los estudios que realizaron un tratamiento de realidad virtual con el sistema TOyRA [25-28] se estableció como criterio de inclusión de lesiones completas motoras entre los segmentos C5 y C8 con ASIA A o B. El estudio que realizó tratamiento de realidad virtual con el guante CyberGlove® tuvo como criterio de inclusión: lesiones completas motoras entre los segmentos D1 y D6 con ASIA A o B, o lesiones incompletas motoras cervicales. En cuanto al tiempo de evolución después de la lesión, en cuatro ensayos debía ser inferior a 12 meses [25,26,28,29], mientras que en un estudio [27] se limitaba a seis meses tras la lesión.

Se realizaron dos evaluaciones incluyendo a todos los participantes de los ensayos: una evaluación

Tabla I. Síntesis de resultados de artículos incluidos.

	Tipo de estudio	Nivel de lesión y participantes	Intervención y duración del tratamiento	Medidas de resultado	Evaluación	Resultados principales tras la intervención
Dimbwadyo-Terrer et al [25]	Ensayo clínico de casos y controles	Lesión medular completa motora de C5 a C8 (ASIA A o B), Dos grupos: GI ($n = 12$) ASIA A ($n = 8$) o B ($n = 4$) Edad media: $33,58 \pm 14,11$ años Sexo: 4 mujeres/8 hombres Etiología: traumática ($n = 11$), posquirúrgica ($n = 1$) Tiempo de evolución: $3,67 \pm 1,78$ años GC ($n = 6$) ASIA A ($n = 3$) o B ($n = 3$) Edad media: $42 \pm 13,56$ años Sexo: 3 mujeres/3 hombres Etiología: traumática Tiempo de evolución: $6,67 \pm 2,16$ años	GI: realidad virtual TOyRA + TC (fisioterapia y terapia ocupacional) GC: TC Duración de la realidad virtual: 12 sesiones, 3 semanas Duración de la TC: diariamente	ROM, MB, FIM, SCIM II, índice de Barthel, índice motor	Evaluación pre y postratamiento Evaluación de seguimiento (3 meses) Las evaluaciones se realizaron a ambos grupos por igual, y la evaluación de seguimiento, a una muestra de los participantes de los dos grupos Ambos grupos parten de un estado funcional similar	Diferencias significativas en los parámetros cinemáticos de extensión de muñeca en el GI entre el pre y el postratamiento ($p = 0,039$) No hubo diferencias significativas en las variables clínicas y funcionales El GI presentó mejores puntuaciones en la mayoría de los ítems en el seguimiento que el GC Correlación positiva entre las variables funcionales y las cinemáticas en el GI excepto en la escala FIM, con correlación negativa tras la intervención
Dimbwadyo-Terrer et al [26]	Ensayo clínico aleatorizado	Lesión medular completa motora de C5 a C8 (ASIA A o B), Dos grupos: GI ($n = 16$) ASIA A ($n = 11$) o B ($n = 5$) Edad media: $34,53 \pm 13,71$ años Sexo: 6 mujeres/10 hombres Etiología: traumática ($n = 14$), posquirúrgica ($n = 1$) Tiempo de evolución: $4,31 \pm 2,06$ años GC ($n = 16$) ASIA A ($n = 11$) o B ($n = 5$) Edad media: $40,27 \pm 13,61$ años Sexo: 3 mujeres/12 hombres Etiología: traumática ($n = 15$), infeccioso ($n = 1$) Tiempo de evolución: $5,6 \pm 2,5$ años	GI: realidad virtual TOyRA + TC (fisioterapia y terapia ocupacional) GC: TC Duración de la realidad virtual: 15 sesiones, 5 semanas, 3 veces por semana Duración de la TC: diariamente, 1 hora y 30 minutos	MMT, FIM, MB, SCIM III (cuidado personal), índice de Barthel, índice motor, QUEST	Evaluación pre y postratamiento Evaluación de seguimiento a los 3 meses Las evaluaciones se realizaron a ambos grupos por igual, y la evaluación de seguimiento, a una muestra de los participantes de los dos grupos Ambos grupos parten de una situación basal similar	No hubo diferencias estadísticamente significativas entre las evaluaciones inicial y final en las variables clínicas y funcionales No hubo diferencias estadísticamente significativas entre la valoración inicial y la valoración a largo plazo Mejora estadísticamente significativa del GC entre la evaluación inicial y la valoración a largo plazo en el MMT ($p = 0,043$).
Gil-Agudo et al [27]	Ensayo clínico aleatorizado	Lesión medular completa motora de C5 a C8 (ASIA A o B). Dos grupos: GI ($n = 5$) ASIA A ($n = 3$) o B ($n = 2$) Edad media: $36,2 \pm 10,41$ años Sexo: 4 mujeres/1 hombre Etiología: traumática ($n = 4$), tumoral ($n = 1$) Tiempo de evolución: $4,2 \pm 0,98$ años GC ($n = 5$) ASIA A ($n = 2$) o B ($n = 3$) Edad media: $49 \pm 6,11$ años Sexo: 2 mujeres/1 hombre Etiología: traumática ($n = 2$), tumoral ($n = 3$) Tiempo de evolución: $5,8 \pm 1,17$ años	GI: realidad virtual TOyRA + TC (fisioterapia y terapia ocupacional) GC: TC Duración de la realidad virtual: 15 sesiones, 5 semanas, 3 días por semana (días alternos), 30 minutos Duración de la TC: diariamente	ROM, índice de Barthel, FIM, SCIM II, NHPT, JHFT	Evaluación al inicio y al final del tratamiento en ambos grupos No hubo diferencias significativas entre ambos grupos, por lo que parten de una situación basal similar	No se encontraron diferencias significativas en los parámetros cinemáticos, aunque mejoró la ROM en flexoextensión del hombro y pronación del codo en el GI No hubo diferencias significativas entre los grupos en las escalas funcionales Diferencia estadísticamente significativa en el subtest 5 del JHFT en el GI ($p = 0,008$) El GI empleó menos tiempo en realizar todos los ítems de las escalas del JHFT y el NHPT

al inicio del tratamiento y otra evaluación al finalizar el tratamiento [25-29]. Además, en dos ensayos se realizó una evaluación de seguimiento, la cual

fue en ambos estudios a los tres meses tras la finalización del tratamiento [25,26]. Respecto a la duración de la intervención, osciló entre dos y cinco se-

Tabla I. Síntesis de resultados de artículos incluidos (cont.).

	Tipo de estudio	Nivel de lesión y participantes	Intervención y duración del tratamiento	Medidas de resultado	Evaluación	Resultados principales tras la intervención
Dimbwadyo-Terrer et al [28]	Ensayo clínico	Lesión medular completa motora de C5 a C8 (ASIA A o B). Un grupo: GI (n = 15) ASIA A (n = 10) o B (n = 5) Edad media: 34,53 ± 13,71 años Sexo: 6 mujeres/9 hombres Etiología: traumática (n = 14), posquirúrgica (n = 1) Tiempo de evolución: 4,33 ± 2,13 años	GI: realidad virtual TOyRA + TC (fisioterapia y terapia ocupacional) Duración: 12 sesiones, 4 semanas, 3 veces por semana, 30 minutos	ROM, SCIM (cuidado personal)	Se realizó una evaluación al principio y al final del tratamiento	Resultados estadísticamente significativos en SCIM II en el resultado final (p = 0,035), baño de parte superior del cuerpo (p = 0,046) y aseo personal (p = 0,014) Datos cinemáticos de la ROM con resultados estadísticamente significativos en cuatro de las cinco tareas realizadas (comer con tenedor, beber un vaso, lavarse la cara y comer con cuchara); no fue significativo para cepillarse el cabello
Dimbwadyo-Terrer et al [29]	Ensayo clínico aleatorizado, estudio piloto	Lesión medular completa motora entre D1 y D6 (ASIA A o D) o incompleta cervical < 15 puntos en la SCIM, cuidado personal. Dos grupos: GI: (n = 6) ASIA A (n = 5) o D (n = 1) Edad media: 54,3 ± 9,86 años Sexo: 1 M/5 H Etiología: traumática (n = 4), posquirúrgica (n = 2) Tiempo de evolución: 5,83 ± 2,99 años GC (n = 3) ASIA A (n = 3) Edad media: 44,17 ± 22,92 años Sexo: 1 mujer/2 hombres Etiología: traumática (n = 2), vascular (n = 1) Tiempo de evolución: 5 ± 1 años	GI: realidad virtual con guante CyberGlove + TC (fisioterapia y terapia ocupacional) GC: TC Duración realidad virtual: 4 sesiones, 2 semanas, 2 veces por semana, 30 minutos Duración TC: diariamente	MB, índice de Barthel, SCIM II, SCIM (cuidado personal), NHPT, JHFT	Evaluaciones al inicio y al final de tratamiento en ambos grupos No hubo diferencias significativas entre los grupos en el estado funcional inicial	Tras la intervención: No hubo diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las variables El GI obtuvo mayores puntuaciones en el MB final que el GC La escala SCIM obtuvo mejores resultados en la evaluación final en ambos grupos: > 11 puntos en el GI y 4 puntos en la SCIM (cuidado personal) Cambios clínicos en el tiempo de realización del JHFT en ambos grupos entre pre y postratamiento Disminución del tiempo de realización en el NHPT en el GI, mientras que el GC aumentó el tiempo

ASIA: American Spinal Injury Association; FIM: *Functional Independence Measure*; GC: grupo control; GI: grupo de intervención; JHFT: *Jebesen-Taylor Hand Function Test*; MB: *Muscle Balance*; MMT: *Manual Muscle Test*; NHPT: *Nine-Hole Peg Test*; QUEST: *Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology*; ROM: *range of motion*; SCIM: *Spinal Cord Injury Independence Measure*; TC: tratamiento convencional.

manas: un estudio de dos semanas [29], uno de tres semanas [25], uno de cuatro semanas [28] y dos estudios de cinco semanas [26,27]. El número de sesiones semanales varió entre dos y cuatro días: en un estudio fue de dos días [29]; en tres estudios, de tres días [26-28]; y en un estudio, de cuatro días [25]. La duración de las sesiones fue de 30 minutos en la totalidad de los ensayos [25-29].

Las técnicas empleadas en los estudios se dividieron según el tipo de realidad virtual utilizada: cuatro ensayos [25-28] realizaron un tratamiento de realidad virtual con el sistema TOyRA, el cual consta de un monitor de televisión y un conjunto de sensores inerciales para la captura del movimiento, creando un entorno de realidad virtual en

el que el paciente interactúa con entornos y objetos virtuales. Para el tratamiento con este sistema, se emplearon juegos de realidad virtual basados en diferentes actividades de la vida diaria. Un ensayo [29] realizó un tratamiento de realidad virtual en combinación con el guante CyberGlove. Este sistema es un guante liviano, cómodo y totalmente instrumentado. Cuenta con una opción de retroalimentación CyberTouch[®], que permite a los usuarios de CyberGlove experimentar manualmente mundos virtuales, sintiendo sensaciones vibrotáctiles mediante la interacción con objetos 3D generados por ordenador. Los pacientes realizaban ejercicios de alcance y agarre mediante diferentes tareas virtuales.

Tabla II. Criterios de la escala CASPe.

	¿Son válidos los resultados del ensayo?						¿Cuáles son los resultados?		¿Pueden ayudar estos resultados?			Total (s/11)
	Orientación del ensayo clara y definida	Asignación aleatoria del paciente-tratamiento	Consideración de todos los pacientes hasta el final del estudio	Pacientes, clínicos y personal del estudio ciegos	Similitud de grupos al comienzo	Igual tratamiento a los grupos de estudio	Tamaño del efecto	Precisión del efecto	Resultados aplicables a tu medio o población	Resultados de importancia clínica tenidos en cuenta	Justificación de riesgos/costes y beneficios	
Dimbwadyo-Terrer et al [26]	Sí (1)	Sí (1)	Sí (1)	Sí (1)	Sí (1)	Sí (1)	No (0)	Sí (1)	No (0)	Sí (1)	No (0)	8
Gil-Agudo et al [27]	Sí (1)	Sí (1)	Sí (1)	No sé (-)	Sí (1)	Sí (1)	No (0)	Sí (1)	No (0)	Sí (1)	No (0)	7
Dimbwadyo-Terrer et al [29]	Sí (1)	Sí (1)	Sí (1)	No sé (-)	Sí (1)	Sí (1)	No (0)	No (0)	No (0)	Sí (1)	No (0)	6

Síntesis de los principales resultados

En relación con el análisis estadístico, los resultados obtenidos en las distintas escalas se consideraron, en todos los estudios, estadísticamente significativos cuando $p < 0,05$, con un intervalo de confianza al 95% en dos ensayos [26,27].

Todos los trabajos usaron la escala SCIM, aunque dos de los ensayos únicamente utilizaron la subescala de los cuidados personales de la SCIM III [25,27,28]. Los ensayos que pasaron la escala SCIM II en su totalidad [25,27,29] no obtuvieron resultados con significación estadística; sin embargo, cabe destacar que un ensayo [29] obtuvo mejores resultados tanto en el grupo control como en el grupo de intervención, y en este último consiguió un incremento de 11 puntos en comparación con la evaluación inicial. En cuanto a los ensayos que realizaron la subescala de cuidados personales de la SCIM III [26,28,29], únicamente se obtuvo un resultado estadísticamente significativo en uno de los ensayos [28], que consiguió mejoras en dos de los seis ítems y en el resultado final.

El resto de las variables clínicas y funcionales utilizadas, como la FIM [26-28], el índice de Barthel [25-27,29] y el índice motor [25-27], no obtuvieron significación estadística entre el grupo de intervención y el grupo control ni en el postratamiento [25-27,29] ni en la evaluación a largo plazo [25,26].

En relación con las variables cinemáticas utilizadas, como el ROM [25,27,28], el MB [25,26,29] y el MMT [26], se obtuvieron en el ROM resultados significativos en dos ensayos [25,28]; en uno de los estudios [25] el valor fue significativo entre los grupos para la extensión de muñeca a favor del grupo

de intervención, y en el otro estudio [28] la significación estadística se obtuvo en los movimientos cinemáticos en cuatro de las cinco actividades de la vida diaria realizadas con el sistema TOyRA. Además, hubo una diferencia estadísticamente significativa en uno de los ensayos [26] en el MMT, en el que la mejora se obtuvo en el grupo control entre la evaluación inicial y el seguimiento a largo plazo.

Por último, en las escalas destinadas a la destreza y coordinación de la mano, como el NHPT [27,29] y el JHFT [27,29], se obtuvieron en un ensayo [27] resultados estadísticamente significativos en el subtest 5 del JHFT en la evaluación final del grupo de intervención.

En la tabla I se encuentra una síntesis de los resultados obtenidos en los distintos ensayos.

Calidad metodológica

En la guía CASPe (Tabla II), realizada en los tres ensayos clínicos aleatorizados, se obtuvo una puntuación máxima de 8 puntos en un estudio, y un resultado de 7 y 6 puntos en los otros dos.

A través de la guía Oxford se evaluó tanto el nivel de evidencia como el grado de recomendación. Se obtuvo un nivel 1b en uno de los ensayos [26], dos ensayos obtuvieron un nivel 2b [27,29], un ensayo se calificó con 3b [25] y un último ensayo tuvo un nivel 4 [28]. En relación con el grado de recomendación obtenido, se obtuvo un grado B en la mayoría de los artículos [25-27,29] y un grado C en un solo artículo [28].

En relación con la existencia de pérdidas a lo largo de la intervención, ningún estudio describió pérdida de participantes.

Discusión

El propósito de esta revisión sistemática fue evaluar la efectividad de los tratamientos de realidad virtual en los miembros superiores de los pacientes que han sufrido una lesión de la médula espinal.

En lo que respecta a la estrategia de búsqueda, se considera que se ha realizado de manera exhaustiva. Han sido incluidos en este trabajo cinco artículos, de los cuales dos eran ensayos clínicos y tres eran ensayos controlados aleatorizados, realizados en una población concreta, que comparaban y verificaban la efectividad de un tratamiento de realidad virtual como complemento a la rehabilitación convencional en el lesionado medular.

En relación con la calidad metodológica de los artículos, ésta se encuentra limitada por déficits metodológicos que deben discutirse. Uno de los aspectos más importantes causante del empobrecimiento de la metodología de esta revisión es la escasez de ensayos controlados aleatorizados. Este hecho conllevó la inclusión de artículos de menor calidad metodológica, de manera que fueron también analizados ensayos de casos y controles, y ensayos formados por un único grupo de intervención. Por ello, una de las limitaciones que encontramos en esta revisión es la falta de aleatorización en uno de los estudios, lo que conlleva la posibilidad de sesgo de selección [30]. Otro de los aspectos que se debe mejorar es el cegamiento de los artículos, los cuales en su mayoría no describen ningún método de cegamiento [25,26,29]; tan sólo un artículo describió un doble ciego [26], y otro ensayo, un simple ciego [28]. La falta de precisión en los estudios constituye otra de las limitaciones de la revisión, ya que presenta un intervalo de confianza al 95% en tan sólo dos ensayos [26,27]. La igualdad del estado funcional de los pacientes al inicio del tratamiento confirma la inexistencia de sesgo de confusión.

En cuanto a los pacientes seleccionados en los diferentes estudios, cuatro de los artículos [25-28] incluyeron pacientes con lesión de la médula espinal completa motora de C5 a C8 (ASIA A o B), mientras que un estudio [29] abarcó pacientes con lesión de la médula espinal completa motora entre D1 y D6 (ASIA A o D) o lesión medular incompleta cervical < 15 puntos en la subescala de cuidados personales de la SCIM. Todos los pacientes de este estudio presentaban el mismo perfil clínico, con problemas para la realización de las actividades de la vida diaria y déficits en el control del tronco.

A propósito de la intervención de los estudios, todos los artículos confirman que las limitaciones más importantes se encuentran en el tamaño de la

muestra y el escaso período de intervención, el cual fue insuficiente para poder obtener resultados significativos. La evaluación de los participantes en todos los artículos se realizó al inicio y al final del tratamiento, y solamente dos de ellos realizaron un seguimiento a largo plazo (tres meses en ambos), y dada la escasez de resultados significativos, sería conveniente evaluar la repercusión de este tratamiento en el seguimiento. La bibliografía afirma que no es posible sobreponer la realidad virtual frente a la terapia convencional en la rehabilitación del miembro superior con tiempos de intervención cortos [31]. Asimismo, cabe destacar que la limitada variedad de ejercicios realizados con estos sistemas supone un obstáculo en la rehabilitación terapéutica a través de la realidad virtual [29].

En lo relativo a los resultados, la mayoría de los estudios muestra una tendencia positiva en el aumento de la funcionalidad del miembro superior, aunque con escasa significación estadística. Por este motivo, se considera importante determinar cuándo un cambio estadístico constituye un cambio funcional importante, es decir, no siempre una mejora estadísticamente significativa supone una mejora clínica importante. Por ello, uno de los estudios considera útil el uso del instrumento de medida *Minimal Clinically Important Difference* [26].

La totalidad de los estudios utiliza como medida de resultado funcional la SCIM, considerada una herramienta fiable para medir de forma más sensible las discapacidades de los pacientes con lesión medular [14]. En los resultados, la puntuación de esta escala mejoró en todos los estudios a pesar de ser significativa sólo en un estudio [28]. Si bien la SCIM tiene buena sensibilidad en la lesión de la médula espinal, se ha demostrado que la categoría de los cuidados personales tiene una mejor correlación con la evaluación de las capacidades del miembro superior en la tetraplejía [32].

Los hallazgos descritos en relación con las mejoras en las variables cinemáticas utilizadas en dos ensayos [25,28] (ROM, MB) corroboran los resultados de otros estudios, los cuales afirman ser buenos indicadores de las mejoras funcionales y clínicas de los pacientes [32,33]. Además, la tendencia positiva en la SCIM inclina a confirmar esta hipótesis de manera que, a medida que aumenta la fuerza, aumentará también la funcionalidad y, por consiguiente, se conseguirá un movimiento más fluido y armónico. A pesar de estas mejoras, es importante analizar la significación estadística obtenida en el seguimiento del grupo control en el MMT, en el cual la evidencia científica discute su sensibilidad en la rehabilitación de la lesión de la médula espinal [34].

Otro punto a destacar son las escasas mejoras en la FIM [25-29], ya que a pesar de su amplio uso en la práctica clínica, esta escala presenta importantes limitaciones en la población con lesión de la médula espinal debido a la incapacidad de discriminar adecuadamente el nivel neurológico [32,35]. Asimismo, en un ensayo [29] se obtuvo una correlación negativa en el grupo de intervención entre la FIM y las variables cinemáticas.

Por último, analizando y comparando los resultados obtenidos en el JHFT y el NHPT en los ensayos [27,29], podemos establecer la hipótesis de que la falta de significación del JHFT en uno de los ensayos [29] se debe al escaso tiempo de intervención (dos semanas). Del mismo modo, el ensayo con resultados significativos en dicha escala [27] postula la posibilidad de que las mejoras obtenidas sean consecuencia del aprendizaje a través de la realidad virtual y pueda extrapolarse a la vida real.

Para una evaluación más específica de la extremidad superior hubiese sido recomendable incluir el empleo de la herramienta *Graded Redefined Assessment of Strength, Sensibility and Prehension* [36], la cual evalúa la función de la extremidad superior en la lesión de la médula espinal a través de tres dominios (fuerza, sensación y prensión) y cinco subescalas. Mediante esta escala se puede obtener información sobre el déficit de las extremidades superiores, así como el deterioro sensorial y motor [37].

A pesar de la tendencia positiva de los estudios, en los grupos de intervención y control no es posible distinguir la contribución de la realidad virtual, ya que los grupos de intervención realizaban al mismo tiempo rehabilitación fisioterápica convencional. Del mismo modo, Mingaila et al [38] afirman que el nivel de lesión y su completitud tienen una gran influencia en la independencia de los pacientes. Por esta razón, al incluir en todos los artículos pacientes con lesión medular completa, no se esperan grandes cambios funcionales después del tratamiento, y se considera necesario el estudio de la realidad virtual en pacientes con lesiones incompletas [26].

La realidad virtual como complemento a la terapia supone importantes ventajas en la rehabilitación de la lesión medular. Estos sistemas ofrecen la oportunidad de participar en tareas amenas con un propósito terapéutico mediante la interacción física con el juego, aumentando la motivación del paciente. Asimismo, los usuarios de estos sistemas pueden desarrollar tareas y actividades simuladas de forma segura, pues los clínicos tienen la capacidad de controlar la duración y la intensidad del ejercicio, y, de esta forma, controlar y supervisar la entrega de es-

tímulos en el ambiente virtual [39]. El conocimiento de los resultados acerca del desempeño de la tarea en tiempo real, mediante *feedback* extrínseco, y el carácter lúdico de las actividades planteadas a través de los dispositivos de realidad virtual y videojuegos generan un componente de competitividad y reto que incrementa aún más el grado de motivación del paciente. A este respecto, Klasen et al [40] señalan que este incremento en la motivación está relacionado con la influencia que tienen los videojuegos para activar las vías dopaminérgicas mesolímbicas y su repercusión en el sistema de recompensa del cerebro. Todo ello permite promover la participación activa del paciente y, por ende, aumentar la adhesión al tratamiento rehabilitador.

La investigación de la realidad virtual en la lesión de la médula espinal es muy limitada, por lo que se necesitan más estudios y de mayor calidad metodológica para comprobar su efectividad como tratamiento. Sin embargo, basándose en los estudios analizados, podemos afirmar que la tendencia de este tratamiento es positiva y su incorporación como complemento rehabilitador conlleva una gran aceptación en los pacientes, incrementando su participación y motivación en el tratamiento.

En conclusión, la calidad metodológica, el tamaño muestral y el número de estudios desfavorecen los resultados obtenidos en los ensayos, pero a su vez, suponen una base fundamental para próximos estudios.

La reciente emergencia de la rehabilitación del lesionado medular a través de realidad virtual justifica su limitada investigación en el ambiente terapéutico. Sin embargo, las distintas experiencias clínicas presentadas muestran una buena tendencia de este tratamiento en combinación con otras terapias, lo cual favorece e incita a futuras investigaciones de la nueva herramienta terapéutica. Las facilidades que permiten los nuevos avances tecnológicos hacen necesario su aprovechamiento con fines terapéuticos.

Bibliografía

1. Staas W, Formal C, Freedman M, Fried G, Schmidt RA. Spinal cord injury and spinal cord injury medicine. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1998.
2. Bickenbach J, Officer A, Shakespeare T, Von Groote P, eds. International perspectives on spinal cord injury. Geneva: World Health Organization; 2013.
3. Sauri J, Umaña MC, Chamarro A, Soler MD, Gilabert A, Elfstrom ML. Adaptation and validation of the Spanish version of the Spinal Cord Lesion-related Coping Strategies Questionnaire (SCL CSQ-S). *Spinal Cord* 2014; 52: 842-9.
4. Snoek GJ, Ijzerman MJ, Hermens HJ, Maxwell D, Biering-Sorensen F. Survey of the needs of patients with spinal cord

- injury: impact and priority for improvement in hand function in tetraplegics. *Spinal Cord* 2004; 42: 526-32.
5. Schulz C, Franz S, Van Hedel HJA, Moosburger J, Maier D, Abel R, et al. International standards for neurological classification of spinal cord injury: classification skills of clinicians versus computational algorithms. *Spinal Cord* 2014; 53: 324-31.
 6. Lu X, Battistuzzo CR, Zoghi M, Galea MP. Effects of training on upper limb function after cervical spinal cord injury: a systematic review. *Clin Rehabil* 2014; 29: 3-13.
 7. Schultheis MT, Rizzo AA. The application of virtual reality technology in rehabilitation. *Rehabil Psychol* 2001; 46: 296-311.
 8. Peñasco-Martín B, De los Reyes-Guzmán A, Gil-Agudo A, Bernal-Sahún A, Pérez-Aguilar B, De la Peña-González AI. Aplicación de la realidad virtual en los aspectos motores de la neurorrehabilitación. *Rev Neurol* 2010; 51: 481-8.
 9. Bayón M, Martínez J. Rehabilitación del ictus mediante realidad virtual. *Rehabilitación* 2010; 44: 256-60.
 10. Cano-de-la-Cuerda R, Muñoz-Hellín E, Alguacil-Diego IM, Molina-Rueda F. Telerrehabilitación y neurología. *Rev Neurol* 2010; 51: 49-56.
 11. Sin H, Lee G. Additional virtual reality training using Xbox Kinect in stroke survivors with hemiplegia. *Am J Phys Med Rehabil* 2013; 92: 871-80.
 12. Corbetta D, Imeri F, Gatti R. Rehabilitation that incorporates virtual reality is more effective than standard rehabilitation for improving walking speed, balance and mobility after stroke: a systematic review. *J Physiother* 2015; 61: 117-24.
 13. Hamilton BB, Laughlin JA, Granger CV, Kayton RM. Interrater agreement of the seven level Functional Independence Measure (FIM). *Am J Phys Med Rehabil* 1991; 72: 790.
 14. Catz A, Itzkovich M, Agranov E, Ring H, Tamir A. SCIM-spinal cord independence measure: a new disability scale for patients with spinal cord lesions. *Spinal Cord* 1997; 35: 850-6.
 15. Itzkovich M, Gelernter I, Biering-Sorensen F, Weeks C, Laramee M, Craven B, et al. The Spinal Cord Independence Measure (SCIM) version III: reliability and validity in a multicenter international study. *Disabil Rehabil* 2007; 29: 1926-33.
 16. Mahoney FI, Barthel DW. Functional evaluation: the Barthel Index. *Md Med J* 1965; 14: 61-5.
 17. Lamb RL. Manual muscle testing. In Rothstein JM, ed. *Measurement in physical therapy*. New York: Churchill Livingstone; 1985. p. 47-56.
 18. Demeurisse G, Demol O, Rolaye E. Motor evaluation in vascular hemiplegia. *Eur J Neurol* 1980; 19: 382-9.
 19. Daniels L, Worthingham C. *Muscle testing techniques of manual examination*. 3 ed. Philadelphia: Saunders; 1972.
 20. Jebsen RH, Taylor N, Trieschmann RB, Trotter MJ, Howard LA. An objective and standardized test of hand function. *Arch Phys Med Rehabil* 1969; 50: 311-9.
 21. Kellor M, Frost J, Silberberg N, Iversen I, Cummings R. Hand strength and dexterity. *Am J Occup Ther* 1971; 25: 77-83.
 22. Hutton B, Catalá-López F, Moher D. The PRISMA statement extension for systematic reviews incorporating network meta-analysis: PRISMA-NMA. *Med Clin (Barc)* 2016; 147: 262-6.
 23. Cabello JB, por CASPe. Plantilla para ayudarte a entender un ensayo clínico. In: CASPe. *Guías CASPe de lectura crítica de la literatura médica*. Alicante: CASPe; 2005. Cuaderno I. p. 5-8.
 24. Centre for Evidence-Based Medicine. Oxford Centre for Evidence-Based Medicine –levels of evidence (march 2009). URL: <https://www.cebm.net/2009/06/oxford-centre-evidence-based-medicine-levels-evidence-march-2009/>. [30.04.2018].
 25. Dimbwadyo-Terrer I, Trincado-Alonso F, De los Reyes-Guzmán A, Bernal-Sahún A, López-Monteaquedo P, Polonio-López B, et al. Clinical, functional and kinematic correlations using the virtual reality system Toyra as upper limb rehabilitation tool in people with spinal cord injury. *Neurotechnix, Proceedings of the International Congress on Neurotechnology, Electronics and Informatics*; 2013; p. 81-8.
 26. Dimbwadyo-Terrer I, Gil-Agudo A, Segura-Fragoso A, De los Reyes-Guzmán A, Trincado-Alonso F, Piazza S, et al. Effectiveness of the virtual reality system Toyra on upper limb function in people with tetraplegia: a pilot randomized clinical trial. *Biomed Res Int* 2016; 2016: 6397828.
 27. Gil-Agudo A, Dimbwadyo-Terrer I, Peñasco-Martín B, De los Reyes-Guzmán A, Bernal-Sahún A, Berbel-García A. Experiencia clínica del sistema de realidad TOYRA en la neurorrehabilitación de pacientes con lesión medular. *Rehabilitación* 2012; 46: 41-8.
 28. Dimbwadyo-Terrer I, Trincado-Alonso F, De los Reyes-Guzmán A, López-Monteaquedo P, Polonio-López B, Gil-Agudo A. Activities of daily living assessment in spinal cord injury using the virtual reality system Toyra®: functional and kinematic correlations. *Virtual Reality* 2016; 20: 17-26.
 29. Dimbwadyo-Terrer I, Trincado-Alonso F, De los Reyes-Guzmán A, Aznar MA, Alcubilla C, Pérez-Nombela S, et al. Upper limb rehabilitation after spinal cord injury: a treatment based on a data glove and an immersive virtual reality environment. *Disabil Rehabil Assist Technol* 2016; 11: 462-7.
 30. Manterola C, Otzen T. Los sesgos en investigación clínica. *Int J Morphol* 2015; 33: 1156-64.
 31. Crosbie JH, Lennon S, McGoldrick MC, McNeill MDJ, Burke JW, McDonough SM. Virtual reality in the rehabilitation of the upper limb after hemiplegic stroke: a randomized pilot study. *Clin Rehabil* 2008; 26: 798-806.
 32. Cacho EW, De Oliveira R, Ortolan RL, Varoto R, Cliquet A Jr. Upper limb assessment in tetraplegia: clinical, functional and kinematic correlations. *Int J Rehabil Res* 2011; 34: 65-72.
 33. Zariffa J, Kapadia N, Kramer J, Taylor P, Alizadeh-Meghrizi M, Zivanovic V, et al. Relationship between clinical assessments of function and measurements from an upper-limb robotic rehabilitation device in cervical spinal cord injury. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 2012; 20: 341-50.
 34. Noreau L, Vachon J. Comparison of three methods to assess muscular strength in individuals with spinal cord injury. *Spinal Cord* 1998; 36: 716-23.
 35. Van Tuijl JH, Janssen-Potten YJ, Seelen HA. Evaluation of upper extremity motor function tests in tetraplegics. *Spinal Cord* 2002; 40: 51-64.
 36. Kalsi-Ryan S, Beaton D, Curt A, Duff S, Popovic MR, Rudhe C, et al. The graded redefined assessment of strength sensibility and prehension: reliability and validity. *J Neurotrauma* 2012; 29: 905-14.
 37. Zariffa J, Curt A, Verrier MC, Fehlings MG, Kalsi-Ryan S; GRASSP Cross-Sectional Study Team and Ontario GRASSP Longitudinal Study Team. Predicting task performance from upper extremity impairment measures after cervical spinal cord injury. *Spinal Cord* 2016; 54: 1145-51.
 38. Mingaila S, Krisciunas A. Occupational therapy for patients with spinal cord injury in early rehabilitation. *Medicina (Kaunas)* 2005; 41: 852-6.
 39. Cano-de-la-Cuerda R, Ortiz-Gutiérrez R. Nuevas tecnologías y control motor: robótica, realidad virtual y videojuegos. In Cano-de-la-Cuerda R, Martínez-Piédrola RM, Miangolarra-Page JC, eds. *Control y aprendizaje motor. Fundamentos, desarrollo y reeducación del movimiento humano*. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2016.
 40. Klases M, Weber R, Kircher T T J, Mathiak KA, Mathiak K. Neural contributions to flow experience during video game playing. *Soc Cogn Affect Neurosci* 2012; 7: 485-95.

Effectiveness of the virtual reality in the rehabilitation of the upper limb in the spinal cord injury. A systematic review

Introduction. Spinal cord injury is a complex and life-disrupting condition. The functional recovery of the upper limb has been considered as an important objective in tetraplegia because it improves significantly the quality of living in these patients. Virtual reality is a new emerging tool of rehabilitation in spinal cord injured patients.

Aim. To carry out a systematic review about the information about the application of these systems in spinal cord injury in the rehabilitation of the upper limb.

Patients and methods. This review includes clinical trials dated until April 2018, which investigate the functional recovery of the upper limb through virtual reality systems in patients with complete or incomplete tetraplegia. The following databases were used to search for those clinical trials: Scopus, Web of Science, PubMed, Medline Complete, Science Direct, CINHAI and Brain.

Results. Five articles were selected for this review, including randomized clinical trials and clinical trials. The main results show a good tendency on the functional recovery with the combination of virtual reality systems and conventional therapy.

Conclusions. The main limitations and the low quality of the studies show the necessity of further investigations with this new tool of rehabilitation. However, the incorporation of virtual reality systems as a rehabilitation supplement might be a beneficial tool on the functional recovery in spinal cord injury.

Key words. Rehabilitation. Spinal cord injury. Upper limb. Virtual reality.