



## REVISIÓN

# Realidad virtual con fines terapéuticos en pacientes con ictus: revisión sistemática<sup>☆</sup>



S. Viñas-Diz<sup>a,\*</sup> y M. Sobrido-Prieto<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Fisioterapia, Universidad de A Coruña, A Coruña, España

<sup>b</sup> Complejo Hospitalario Universitario de A Coruña, Departamento de Enfermería. Universidad de A Coruña, A Coruña, España

Recibido el 19 de enero de 2015; aceptado el 12 de junio de 2015

Accesible en línea el 28 de agosto de 2015

### PALABRAS CLAVE

Realidad virtual;  
Ictus;  
Rehabilitación

### Resumen

**Introducción:** La realidad virtual (RV) se utiliza en rehabilitación con el objetivo de mejorar las capacidades funcionales.

Es en estos últimos 5 años cuando aparece el mayor número de publicaciones sobre la utilización de RV en pacientes con patología neurológica, con el objetivo de determinar si este recurso terapéutico aporta mejoras en la recuperación de la función motora.

**Desarrollo:** Se ha realizado una revisión sistemática consultando las bases de datos Cochrane Original, Joanna Briggs Connect, Medline/Pubmed, Cinahl, Scopus, Isi Web of Science y Sport-Discus.

Se han incluido artículos publicados en los últimos 5 años, publicados en inglés y/o español, realizados en pacientes con ictus, y que utilicen la RV para mejorar la función motora.

Finalmente, se han seleccionado 4 revisiones sistemáticas y 21 ensayos clínicos controlados y/o aleatorizados.

La mayoría de los estudios tienen como objetivo mejorar la función motora del miembro superior, y/o mejorar la realización de las actividades de la vida diaria, aunque también hay algún artículo cuyo objetivo es mejorar la función motora del miembro inferior-mejorar la marcha, así como mejorar el equilibrio estático-dinámico.

**Discusión y conclusiones:** Hay fuertes evidencias científicas de los efectos beneficiosos de la RV en la recuperación motora del miembro superior en pacientes con ictus. Se necesitan estudios que profundicen en cuáles son los cambios generados en la reorganización cortical, qué tipo de sistema de RV es mejor utilizar, determinar si los resultados se mantienen a largo plazo, y definir qué frecuencias e intensidades de tratamiento son las más adecuadas.

© 2015 Sociedad Española de Neurología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

<sup>☆</sup> Este trabajo no ha sido presentado en ningún congreso nacional o internacional ni ha sido publicado en ninguna revista nacional o internacional.

\* Autor para correspondencia.

**KEYWORDS**

Virtual reality;  
Stroke;  
Rehabilitation

**Virtual reality for therapeutic purposes in stroke: A systematic review****Abstract**

**Introduction:** Virtual reality (VR) is used in the field of rehabilitation/physical therapy to improve patients' functional abilities.

The last 5 years have yielded numerous publications on the use of VR in patients with neurological disease which aim to establish whether this therapeutic resource contributes to the recovery of motor function.

**Development:** The following databases were reviewed: Cochrane Original, Joanna Briggs Connect, Medline/Pubmed, Cinahl, Scopus, Isi Web of Science, and Sport-Discus.

We included articles published in the last 5 years in English and/or Spanish, focusing on using RV to improve motor function in patients with stroke.

From this pool, we selected 4 systematic reviews and 21 controlled and/or randomised trials. Most studies focused on increasing motor function in the upper limbs, and/or improving performance of activities of daily living. An additional article examines use of the same technique to increase motor function in the lower limb and/or improve walking and static-dynamic balance.

**Discussion and conclusions:** Strong scientific evidence supports the beneficial effects of VR on upper limb motor recovery in stroke patients. Further studies are needed to fully determine which changes are generated in cortical reorganisation, what type of VR system is the most appropriate, whether benefits are maintained in the long term, and which frequencies and intensities of treatment are the most suitable.

© 2015 Sociedad Española de Neurología. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

**Introducción**

Desde que J. Lamier en 1986 empleara por primera vez el término de realidad virtual (RV), se han ido realizando múltiples cambios en la definición, a medida que se han ido desarrollando nuevas tecnologías en tres dimensiones (3D)<sup>1-3</sup>. Actualmente, una de las definiciones más aceptadas de la RV es «simulación de un entorno real generado por un ordenador, en la que a través de una interfaz hombre-máquina se va a permitir al usuario interactuar con ciertos elementos dentro del escenario simulado»<sup>3</sup>.

Cuando se utiliza la RV, los ambientes y los objetos virtuales proporcionan al usuario información visual (que puede presentarse a través de un dispositivo instalado en la cabeza, un sistema de proyección, o una pantalla plana), información auditiva, táctil, olfativa, y movimiento<sup>3</sup>. Existe una gran variedad de «interfaces» para interactuar con el entorno virtual, que comprenden desde dispositivos comunes (ratón, teclado, joystick), hasta dispositivos complejos con sistemas de captura de movimientos o dispositivos hápticos que pueden proporcionar un feedback táctil y darle al usuario la sensación de que está manipulando objetos reales<sup>3</sup>. El entorno de RV generado, depende del equipo y del programa informático utilizado<sup>4</sup>.

Los ambientes virtuales pueden variar en el grado de inmersión por parte del usuario. El término de inmersión se define como «el grado de percepción por parte del usuario de encontrarse físicamente en el mundo virtual en lugar de en el mundo real». Está relacionado con el diseño del programa y el equipo<sup>3,5-8</sup>. Teniendo en cuenta este aspecto hay 2 tipos de dispositivos/sistemas de RV:

- Sistemas de RV inmersivos, donde el usuario está integrado totalmente dentro del ambiente virtual, viendo

solo las imágenes generadas por el ordenador, bloqueándose el resto del mundo físico<sup>7,8</sup>. En la actualidad, los sistemas inmersivos más utilizados son Glasstrom, IREX, Playstation EyeMotion<sup>9</sup>.

- Sistemas de RV semiinmersivos o no inmersivos, en los cuales el usuario percibe parte del mundo real y parte del mundo-entorno virtual. No hay una inmersión total en el entorno virtual<sup>7,8</sup>. En la actualidad, los sistemas no inmersivos más utilizados son Virtual Teacher, Cyberglobe, Virtual Reality Motion, Pneumoglobe y Nintendo-Wii<sup>9</sup>.

La RV empieza a utilizarse en la rehabilitación/terapia física con el objetivo de mejorar la función motora. En la actualidad, esta tecnología se aplica cada vez más en patologías de origen neurológico (ictus, enfermedad de Parkinson [EP], lesiones medulares, parálisis cerebral infantil...), mejorando de manera muy positiva las evaluaciones, las intervenciones, así como la motivación de los pacientes para alcanzar el más alto nivel de mejora funcional<sup>7,9-11</sup>.

En estos últimos años se han publicado un gran número de artículos utilizando la RV en pacientes con ictus, con el objetivo de valorar la validez, así como la dificultad/facilidad en el uso de los diferentes dispositivos de RV<sup>12-17</sup>, pero es en estos últimos 5 años cuando aparece el mayor número de publicaciones sobre la utilización de la RV con fines terapéuticos, intentando analizar por qué este recurso terapéutico genera mejoras en la recuperación motora en este tipo de pacientes<sup>18-20</sup>.

A través de esta revisión sistemática, nos planteamos como objetivos identificar los dispositivos/sistemas de RV utilizados con fines terapéuticos en pacientes con ictus, así como definir cuáles son los síntomas motores más abordados con la RV (efectos/beneficios de la RV).

## Metodología

### Criterios de inclusión

- Se ha restringido la búsqueda a:
  - Metaanálisis, revisiones sistemáticas (RS), ensayos clínicos controlados (ECC) y ensayos clínicos controlados aleatorizados (ECA).
  - Publicaciones de los últimos 5 años (2009-2014), en inglés, español y portugués.
  - Estudios realizados en pacientes con ictus, en cualquier estadio de la enfermedad y sin límite de edad.
  - Estudios que utilizan como intervención/terapia la RV en cualquier modalidad (inmersiva o no inmersiva), de manera aislada o en combinación con otras terapias, pero comparando siempre los resultados con placebo, ninguna intervención, o aplicación de otras terapias.
  - Estudios que utilicen la RV con el objetivo de mejorar la función motora.
  - Estudios que especifiquen cuáles son las variables de estudio y que midan los resultados a través de test/escalas específicas y validadas.

### Estrategia de búsqueda

Se ha realizado una búsqueda bibliográfica (junio 2014) en las principales bases de datos de ámbito sanitario.

En primer lugar, se han consultado 2 bases de datos especializadas en RS (Cochrane Original, The Joanna Briggs), con el fin de determinar si el tema de estudio planteado ha sido revisado por otros autores.

Se han encontrado un total de 4 RS que cumplen los criterios de inclusión definidos en este trabajo. Una vez analizadas dichas RS, podemos verificar que a través de ellas no existe suficiente evidencia científica que demuestre la eficacia y la efectividad de la utilización de la RV en el abordaje de la función motora en sujetos con un diagnóstico de ictus.

Posteriormente, se ha llevado a cabo una búsqueda bibliográfica en otras bases de datos de ámbito general (PubMed, Cinahl, Scopus, ISI WEB of Science y SportDiscus). La estrategia empleada ha sido: («stroke» AND [«virtual reality» OR «virtual reality exposure therapy»]), dependiendo de la base de datos consultada (véase la [tabla 1](#)).

### Obtención y análisis de los datos

Después de haber descargado el total de resultados en el gestor de referencias bibliográficas «ZOTERO», en un primer momento se ha procedido a eliminar los duplicados. Posteriormente, los 2 autores de esta revisión de manera independiente, han leído los títulos y los resúmenes, seleccionando cada uno de ellos aquellas referencias bibliográficas que cumplen los criterios de inclusión predefinidos. Posteriormente, los 2 autores cotejan si concuerdan en la selección de los artículos, en caso de no concordar analizan conjuntamente la aceptación o rechazo de la referencia bibliográfica en cuestión.

## Resultados de la búsqueda

Se encontró un total de 178 referencias bibliográficas, de las cuales, una vez eliminados los duplicados (80 artículos) y los artículos que no cumplen los criterios de inclusión (73 artículos) (véase [tabla 2](#)), se han seleccionado 25 referencias (un metaanálisis, 3 RS y 21 ECC y/o ECA) ([fig. 1](#)).

Las variables/información analizada en cada artículo han sido: tipo de estudio, objetivos del estudio, número de sujetos, terapia utilizada, sistema de RV utilizado, duración de la terapia, variables/test-escalas utilizadas, resultados, nivel de evidencia y grado de recomendación.

El nivel de evidencia y el grado de recomendación de cada uno de los estudios seleccionados, se ha valorado utilizando la Escala Oxford Centre For Evidence-Based Medicine<sup>21</sup>.

## Resultados

### Revisiones sistemáticas

En Australia, *Mundy y Hiller*<sup>12</sup> (2010), publican un informe gubernamental sobre la RV en la mejora de la función motora en pacientes con ictus. Concluyen que la RV se presenta con un futuro prometedor, ya que cada vez es menos costosa, permite realizar tratamientos más intensivos, y no necesita supervisión constante por parte de los terapeutas.

Posteriormente, *Laver et al.*<sup>7</sup> (2011) evaluaron los efectos de la RV y de los videojuegos interactivos sobre la función del miembro superior (MS), el miembro inferior (MI) (equilibrio y marcha) y la función motora global en pacientes con ictus crónico, así como los efectos de la RV sobre la función cognitiva, la calidad de vida y la aparición de efectos adversos. Los autores incluyeron 19 estudios con un total de 565 participantes. En 7 estudios se valoraba la mejora de la función motora de MS, en 3 se valoraba la mejora de la marcha, en otros 3 se valoraba la ejecución de las actividades de la vida diaria (AVD) ( ducharse, vestirse... ) y en los 6 restantes se valoraba la función cognitiva, la calidad de vida y los posibles efectos adversos. Los autores concluyen que la RV mejora la función motora de MS, así como la capacidad de realizar las AVD. En el resto de las variables de estudio no se llega a resultados estadísticamente significativos. En ningún estudio se describieron efectos adversos.

*Saposnik et al.*<sup>9</sup> (2011) realizan un metaanálisis con el fin de determinar los efectos de la RV en la función motora del MS en pacientes con ictus. Analizan 12 estudios (5 ECA y 7 estudios observacionales con un diseño pre-postintervención), con un total de 195 participantes. Los autores concluyen que la RV mejora la función motora de MS (resultados encontrados en 11 estudios incluidos en el metaanálisis). Sin embargo, los autores resaltan que hay una gran heterogeneidad en las medidas de resultados utilizadas, hay un número limitado de estudios y además hay pocos estudios en los que se evalúen calidad de vida, motivación-participación y valoración de AVD, generando todo ello un posible sesgo de resultados.

*Cavalcanti et al.*<sup>10</sup> (2013) realizan una RS para determinar si la RV mejora la marcha en pacientes con ictus. Analizaron 4 estudios, con un total de 72 participantes. Los resultados indican que la RV mejora la marcha, en comparación con la

**Tabla 1** Estrategia de búsqueda

Cochrane original	(neuro* OR Stroke) AND «Virtual Reality»
JOANNA BRIGGS	(neuro* OR Stroke) AND «Virtual Reality»
MEDLINE/PUBMED	(«stroke»[Mesh]) AND («virtual reality» OR «virtual reality exposure therapy»[Mesh])
CINAHL	(MH «stroke») AND (MH «virtual reality»)
SCOPUS	TITLE(stroke) AND TITLE(«virtual reality»)
WOS	Tema:(stroke) AND Título:(«virtual reality»)
SPORTDISCUS	(DE «STROKE») AND TI(«virtual reality»)

**Figura 1** Diagrama de flujo.

**Tabla 2** Selección de artículos en bases de datos especializadas en revisiones sistemáticas

Bases de datos	Referencia bibliográfica	Seleccionado	Motivo de exclusión
Cochrane original	Cavalcanti M, de Amorim Lima AM, Ferraz KM, Benedetti Rodrigues MA. Use of virtual reality in gait recovery among post stroke patients-a systematic literature review. <i>Disability and Rehabilitation: Assist Technol.</i> 2013;8(5):357-62	Sí	
	Dockx K, Van den Bergh V, Bekkers EMJ, Ginis P, Rochester L, Hausdorff JM, et al. Virtual reality for rehabilitation in Parkinson's Disease (Protocol). <i>Cochrane database os systematic reviews (online)</i> . 2013;10	No	En vía de desarrollo
	Laver KE, George S, Thomas S, Deutsch JE, Crotty M. Realidad virtual para la rehabilitación del accidente cerebrovascular. (Revisión Cochrane traducida). <i>Cochrane Database of Systematic reviews</i> 2011;9:CD008349. DOI: 10.1002/14651858.CD008349	Sí	
	Mirelman A, Maidan I, Deutsch JE. Virtual reality and motor imagery: Promising tools for assessment and therapy in Parkinson's disease. <i>Mov Disord.</i> 2013;28(11):1597-1608	No	Aborda pacientes con enfermedad de Parkinson
	Mundy L, Hiller JE. Rehabilitation of stroke patients using virtual reality games. Adelaide: Adelaide Health Technology Assessment (AHTA). <i>Horizon Scanning Prioritising Summary.</i> 27. 2010	Sí	
Joanna Briggs Connect	Saposnik G, Levin M. Virtual reality in stroke rehabilitation: A meta-analysis and implications for clinicians. <i>Stroke.</i> 2011;42(5):1380-1386	Sí	
	Booth V, Masud T, Bath-Hexall F. The effectiveness of virtual reality interventions in improving balance compared with standard or no treatment: a systematic review and meta-analysis. <i>Clin Rehabil.</i> 2013;10(48):3048-3079	No	Pacientes mayores, sin patología
Scopus	Snider L, Majnemer A, Darsaklis V. Virtual reality as a therapeutic modality for children with cerebral palsy. <i>Dev Neurorehabil.</i> 2010;13(2):120-128	No	Aborda pacientes con parálisis cerebral infantil
Selección de artículos en bases de datos de ámbito general			
Bases de datos	Referencia bibliográfica	Seleccionado	Motivo de exclusión
Medline-Pubmed	Bowler M, Amirabdollahian F, Dautenhahn K. Using an embedded reality approach to improve test reliability for NHPT tasks. <i>IEEE Int Conf Rehabil Robot.</i> 2011;2011:5975343	No	El objetivo no es mejorar la función motora con RV
	Cameirão MS, Badia SB i, Duarte E, Frisoli A, Verschure PFMJ. The combined impact of virtual reality neurorehabilitation and its interfaces on upper extremity functional recovery in patients with chronic stroke. <i>Stroke.</i> 2012;43(10):2720-2728	Sí	
	Carlozzi NE, Gade V, Rizzo AS, Tulsy DS. Using virtual reality driving simulators in persons with spinal cord injury: Three screen display versus head mounted display. <i>Disabil Rehabil Assist Technol.</i> 2013;8(2):176-180	No	El objetivo no es mejorar la función motora con RV
	Casadio M, Pressman A, Acosta S, Danzinger Z, Fishbach A, Mussa-Ivaldi FA, et al. Body machine interface: Remapping motor skills after spinal cord injury. <i>IEEE Int Conf Rehabil Robot.</i> 2011;2011:5975384	No	No hay grupo control

Tabla 2 (continuación)

Selección de artículos en bases de datos de ámbito general		Seleccionado	Motivo de exclusión
Bases de datos	Referencia bibliográfica		
	Chen C-L, Chen C-Y, Liaw M-Y, Chung C-Y, Wang C-J, Hong W-H. Efficacy of home-based virtual cycling training on bone mineral density in ambulatory children with cerebral palsy. <i>Osteoporos Int.</i> 2013;24(4):1399-1406	No	Tema del artículo: terapia domiciliaria
	Chen C-H, Jeng M-C, Fung C-P, Doong J-L, Chuang T-Y. Psychological benefits of virtual reality for patients in rehabilitation therapy. <i>J Sport Rehabil.</i> 2009;18(2):258-268	No	El objetivo no es mejorar la función motora con RV
	Cherniack EP. Not just fun and games: applications of virtual reality in the identification and rehabilitation of cognitive disorders of the elderly. <i>Disabil Rehabil Assist Technol.</i> 2011;6(4):283-289	No	El objetivo no es mejorar la función motora con RV
	Cho KH, Lee KJ, Song CH. Virtual-reality balance training with a video-game system improves dynamic balance in chronic stroke patients. <i>Tohoku J Exp Med.</i> 2012;228(1):69-74	Sí	
	Cho KH, Lee WH. Virtual walking training program using a real-world video recording for patients with chronic stroke: A pilot study. <i>Am J Phys Med Rehabil.</i> 2013;92(5):371-380	Sí	
	Crosbie JH, Lennon S, McGoldrick MC, McNeill MDJ, McDonough SM. Virtual reality in the rehabilitation of the arm after hemiplegic stroke: A randomized controlled pilot study. <i>Clin Rehabil.</i> 2012;26(9):798-806	Sí	
	Da Silva Cameirão M, Bermúdez I, Badia S, Duarte E, Verschure PFMJ. Virtual reality based rehabilitation speeds up functional recovery of the upper extremities after stroke: a randomized controlled pilot study in the acute phase of stroke using the rehabilitation gaming system. <i>Restor Neurol Neurosci.</i> 2011;29(5):287-298	Sí	
	Dos Santos Mendes FA, Pompeu JE, Modenesi-Lobo A, Guedes da Silva K, Oliveira TP, Peterson-Zomignani A, et al. Motor learning, retention and transfer after virtual-reality-based training in Parkinson's disease-effect of motor and cognitive demands of games: A longitudinal, controlled clinical study. <i>Physiotherapy.</i> 2012;98(3):217-223	No	Aborda pacientes con enfermedad de Parkinson
	Galvin J, McDonald R, Catroppa C, Anderson V. Does intervention using virtual reality improve upper limb function in children with neurological impairment: A systematic review of the evidence. <i>Brain Inj.</i> 2011;25(5):435-442	No	Pacientes con lesión neurológica diferente a parálisis cerebral infantil
	Griffin HJ, Greenlaw R, Limousin P, Bhatia K, Quinn NP, Jahanshahi M. The effect of real and virtual visual cues on walking in Parkinson's disease. <i>J Neurol.</i> 2011;258(6):991-1000	No	Aborda pacientes con enfermedad de Parkinson
	Hoffmann U, Deinhofer M, Keller T. Automatic determination of parameters for multipad functional electrical stimulation: Application to hand opening and closing. <i>Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.</i> 2012;2012:1859-1863	No	No utiliza RV
	Housman SJ, Scott KM, Reinkensmeyer DJ. A randomized controlled trial of gravity-supported, computer-enhanced arm exercise for individuals with severe hemiparesis. <i>Neurorehabil Neural Repair.</i> 2009;23(5):505-514	Sí	
	Kim JH, Jang SH, Kim CS, Jung JH, You JH. Use of virtual reality to enhance balance and ambulation in chronic stroke: a double-blind, randomized controlled study. <i>Am J Phys Med Rehabil.</i> 2009;88(9):693-701	Sí	



Tabla 2 (continuación)

Selección de artículos en bases de datos de ámbito general		Seleccionado	Motivo de exclusión
Bases de datos	Referencia bibliográfica		
	King CE, Wang PT, Chui LA, Do AH, Nenadic Z. Operation of a brain-computer interface walking simulator for individuals with spinal cord injury. <i>J Neuroeng Rehabil.</i> 2013;10:77	No	– El objetivo no es mejorar la función motora con RV – No hay grupo control
	Kobashi N, Holper L, Scholkmann F, Kiper D, Eng K. Enhancement of motor imagery-related cortical activation during first-person observation measured by functional near-infrared spectroscopy. <i>Eur J Neurosci.</i> 2012;35(9):1513-1521	No	El objetivo no es mejorar la función motora con RV
	Kwon JS, Park MJ, Yoon IJ, Park SH. Effects of virtual reality on upper extremity function and activities of daily living performance in acute stroke: A double-blind randomized clinical trial. <i>NeuroRehabilitation.</i> 2012;31(4):379-385	Sí	
	Liepert J. Evidence-based therapies for upper extremity dysfunction. <i>Curr Opin Neurol.</i> 2010;23(6):678-682	No	No utiliza RV
	Ma HI, Hwang WJ, Fang JJ, Kuo JK, Wang CY, Leong IF, et al. Effects of virtual reality training on functional reaching movements in people with Parkinson's disease: A randomized controlled pilot trial. <i>Clin Rehabil.</i> 2011;25(10):892-902	No	Aborda pacientes con enfermedad de Parkinson
	Masiero S, Carraro E, Ferraro C, Gallina P, Rossi A, Rosati G. Upper limb rehabilitation robotics after stroke: a perspective from the University of Padua, Italy. <i>J Rehabil Med.</i> 2009;41(12):981-985	No	El objetivo no es mejorar la función motora con RV
	Mirelman A, Maidan I, Herman T, Deutsch JE, Giladi N, Hausdorff JM. Virtual reality for gait training: Can it induce motor learning to enhance complex walking and reduce fall risk in patients with Parkinson's disease? <i>J Gerontol A Biol Sci Med Sci.</i> 2011;66(2):234-240	No	No hay grupo control
	Mirelman A, Pattriti BL, Bonato P, Deutsch JE. Effects of virtual reality training on gait biomechanics of individuals post-stroke. <i>Gait Posture.</i> 2010;31(4):433-437	Sí	
	Mirelman A, Rochester L, Reelick M, Nieuwhof F, Pelosin E, Abbruzzese G, et al. V-TIME: A treadmill training program augmented by virtual reality to decrease fall risk in older adults: study design of a randomized controlled trial. <i>BMC Neurol.</i> 2013;13:15.	No	Pacientes mayores sin patología
	Orihuela-Espina F, Fernández del Castillo I, Palafox L, Pasaye E, Sánchez-Villavicencio I, Leder R, et al. Neural reorganization accompanying upper limb motor rehabilitation from stroke with virtual reality-based gesture therapy. <i>Top Stroke Rehabil.</i> 2013;20(3):197-209	No	El objetivo no es mejorar la función motora con RV
	Park HS, Yoon JW, Kim J, Iseki K, Hallett M. Development of a VR-based treadmill control interface for gait assessment of patients with Parkinson's disease. <i>IEEE Int Conf Rehabil Robot</i> 2011;2011:5975463	No	El objetivo no es mejorar la función motora con RV
	Piron L, Turolla A, Agostini M, Zucconi C, Cortese F, Zampolini M, et al. Exercises for paretic upper limb after stroke: A combined virtual-reality and telemedicine approach. <i>J Rehabil Med.</i> 2009;41(12):1016-1020	No	Tema del artículo: telemedicina
	Qiu Q, Ramirez DA, Saleh S, Fluett GG, Parikh HD, Kelly D, et al. The New Jersey Institute of Technology Robot-Assisted Virtual Rehabilitation (NJIT-RAVR) system for children with cerebral palsy: A feasibility study. <i>J Neuroeng Rehabil.</i> 2009;6:40	No	El objetivo no es mejorar la función motora con RV

Tabla 2 (continuación)

Selección de artículos en bases de datos de ámbito general		Seleccionado	Motivo de exclusión
Bases de datos	Referencia bibliográfica		
	Rostami HR, Arastoo AA, Nejad SJ, Mahany MK, Malamiri RA, Goharpey S. Effects of modified constraint-induced movement therapy in virtual environment on upper-limb function in children with spastic hemiparetic cerebral palsy: A randomised controlled trial. <i>NeuroRehabilitation</i> . 2012;31(4):357-365	No	Aborda pacientes con parálisis cerebral infantil
	Saposnik G, Mamdani M, Bayley M, Thorpe KE, Hall J, Cohen LG, et al. Effectiveness of Virtual Reality Exercises in STroke Rehabilitation (EVREST): Rationale, design, and protocol of a pilot randomized clinical trial assessing the Wii gaming system. <i>Int J Stroke</i> . 2010;5(1):47-51	No	Solo se publica diseño del estudio. No hay resultados
	Saposnik G, Teasell R, Mamdani M, Hall J, McIlroy W, Cheung D, et al. Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in stroke rehabilitation: A pilot randomized clinical trial and proof of principle. <i>Stroke</i> . 2010;41(7):1477-1484	Sí	
	Sharan D, Ajeesh PS, Rameshkumar R, Mathankumar M, Paulina RJ, Manjula M. Virtual reality based therapy for post operative rehabilitation of children with cerebral palsy. <i>Work</i> . 2012;41 Suppl 1:3612-3615	No	Aborda pacientes con parálisis cerebral infantil
	Shine JM, Matar E, Ward PB, Bolitho SJ, Gilat M, Pearson M, et al. Exploring the cortical and subcortical functional magnetic resonance imaging changes associated with freezing in Parkinson's disease. <i>Brain</i> . 2013;136 (Pt 4):1204-1215	No	No utiliza RV
	Subramanian SK, Lourenço CB, Chilingaryan G, Sveistrup H, Levin MF. Arm motor recovery using a virtual reality intervention in chronic stroke: Randomized control trial. <i>Neurorehabil Neural Repair</i> . 2013;27(1):13-23	Sí	
	Tatla SK, Sauve K, Virji-Babul N, Holsti L, Butler C, Van Der Loos HFM. Evidence for outcomes of motivational rehabilitation interventions for children and adolescents with cerebral palsy: An American Academy for Cerebral Palsy and Developmental Medicine systematic review. <i>Dev Med Child Neurol</i> . 2013;55(7):593-601	No	El objetivo no es mejorar la función motora con RV
	Turolla A, Dam M, Ventura L, Tonin P, Agostini M, Zucconi C, et al. Virtual reality for the rehabilitation of the upper limb motor function after stroke: A prospective controlled trial. <i>J Neuroeng Rehabil</i> . 2013;10:85	Sí	
	Voss S, Page M, Bengler J. Methods for evaluating cervical range of motion in trauma settings. <i>Scand J Trauma Resusc Emerg Med</i> . 2012;20:50	No	No utiliza RV
	Wade E, Winstein CJ. Virtual reality and robotics for stroke rehabilitation: Where do we go from here? <i>Top Stroke Rehabil</i> . 2011;18(6):685-700	No	El objetivo no es mejorar la función motora con RV
	Yang S, Hwang WH, Tsai YC, Liu FK, Hsieh LF, Chern JS. Improving balance skills in patients who had stroke through virtual reality treadmill training. <i>Am J Phys Med Rehabil</i> . 2011;90(12):969-978	Sí	
	Yen CY, Lin KH, Hu MH, Wu RM, Lu TW, Lin CH. Effects of virtual reality-augmented balance training on sensory organization and attentional demand for postural control in people with Parkinson disease: A randomized controlled trial. <i>Phys Ther</i> . 2011;91(6):862-874	No	Aborda pacientes con enfermedad de Parkinson



Tabla 2 (continuación)

Selección de artículos en bases de datos de ámbito general			
Bases de datos	Referencia bibliográfica	Seleccionado	Motivo de exclusión
Cinahl	Abdollahi F, Case Lazarro ED, Listenberger M, Kenyon RV, Kovic M, Bogey R A, et al. Error augmentation enhancing arm recovery in individuals with chronic stroke: A randomized crossover design. <i>Neurorehabil &amp; Neural Repair</i> . 2014;28(2):120-128	No	No utiliza RV
	In-Chul K, Byoung-Hee L. Effects of augmented reality with functional electric stimulation on muscle strength, balance and gait of stroke patients. <i>J Phys Ther Sci</i> . 2012;24(8):755-762	No	El objetivo no es mejorar la función motora con RV
Scopus	Arias P, Robles-García V, Sanmartín G, Flores J, Cudeiro J. Virtual reality as a tool for evaluation of repetitive rhythmic movements in the elderly and Parkinson's disease patients. <i>PLoS ONE</i> . 2012;7(1)	No	El objetivo no es mejorar la función motora con RV
	Barton GJ, Hawken MB, Foster RJ, Holmes G, Butler PB. The effects of virtual reality game training on trunk to pelvis coupling in a child with cerebral palsy. <i>J Neuroeng Rehabil</i> . 2013;10(1)	No	A propósito de un caso
	Cho S, Ku J, Cho YK, Kim IY, Kang YJ, Jang DP, et al. Development of virtual reality proprioceptive rehabilitation system for stroke patients. <i>Comput Methods Programs Biomed</i> . 2014;113(1):258-265	No	El objetivo no es mejorar la función motora con RV
	Cikajlo I, Matjačić Z. The use of virtual reality-based dynamometer training to enhance selective joint torque control in a child with cerebral palsy. <i>J Med Biol Eng</i> . 2010;30(5):329-334	No	A propósito de un caso
	Cikajlo I, Rudolf M, Goljar N, Matjacic Z. Continuation of balance training for stroke subjects in home environment using virtual reality. <i>Int J Disabil Hum Dev</i> . 2011;10(4):317-320	No	Tema del artículo: terapia domiciliaria
	Cikajlo I, Rudolf M, Goljar N, Burger H, Matjačić Z. Telerehabilitation using virtual reality task can improve balance in patients with stroke. <i>Disabil Rehabil</i> . 2012;34(1):13-18	No	Tema del artículo: telerehabilitación
	Connelly L, Jia Y, Toro ML, Stoykov ME, Kenyon RV, Kamper DG. A pneumatic glove and immersive virtual reality environment for hand rehabilitative training after stroke. <i>IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng</i> . 2010;18(5):551-559	Sí	
	Dinomais M, Veaux F, Yamaguchi T, Richard P, Richard I, Nguyen S. A new virtual reality tool for unilateral cerebral palsy rehabilitation: Two single-case studies. <i>Dev Neurorehabil</i> . 2013;16(6):418-422	No	– No hay grupo control – Serie de 2 casos
	Gilat M, Shine JM, Bolitho SJ, Matar E, Kamsma YPT, Naismith SL, et al. Variability of stepping during a virtual reality paradigm in Parkinson's disease patients with and without freezing of gait. <i>PLoS ONE</i> . 2013;8(6)	No	El objetivo no es mejorar la función motora con RV
	Golomb MR, Warden SJ, Fess E, Rabin B, Yonkman J, Shirley B, et al. Maintained hand function and forearm bone health 14 months after an in-home virtual-reality videogame hand telerehabilitation intervention in an adolescent with hemiplegic cerebral palsy. <i>J Child Neurol</i> . 2011;26(3):389-393	No	Tema del artículo: telerehabilitación
Holmes JD, Gu ML, Johnson AM, Jenkins ME. The effects of a home-based virtual reality rehabilitation program on balance among individuals with Parkinson's disease. <i>Phys Occup Ther Geriatr</i> . 2013;31(3):241-253	No	Tema del artículo: terapia domiciliaria	
In TS, Jung KS, Lee SW, Song CH. Virtual reality reflection therapy improves motor recovery and motor function in the upper extremities of people with chronic stroke. <i>J Phys Ther Sci</i> . 2012;24(4):339-343	Sí		

Tabla 2 (continuación)

Selección de artículos en bases de datos de ámbito general		Seleccionado	Motivo de exclusión
Bases de datos	Referencia bibliográfica		
	Jannink MJA, Aznar M, de Kort AC, van de Vis W, Veltink P, van der Kooij H. Assessment of visuospatial neglect in stroke patients using virtual reality: A pilot study. <i>Int J Rehabil Res.</i> 2009;32(4):280-286	No	El objetivo no es mejorar la función motora con RV
	Jo K, Yu J, Jung J. Effects of virtual reality-based rehabilitation on upper extremity function and visual perception in stroke patients: A randomized control trial. <i>J Phys Ther Sci.</i> 2012;24(11):1205-1208	Sí	
	Jung J, Yu J, Kang H. Effects of virtual reality treadmill training on balance and balance self-efficacy in stroke patients with a history of falling. <i>J Phys Ther Sci.</i> 2012;24(11):1133-1136	SI	
	Kott K, Leshner K, DeLeo G. Combining a virtual reality system with treadmill training for children with cerebral palsy. <i>J Cyber Ther Rehabil.</i> 2009;2(1):35-42	No	No hay grupo control
	Laver K, George S, Ratcliffe J, Crotty M. Virtual reality stroke rehabilitation - hype or hope? <i>Aust Occup Ther J.</i> 2011;58(3):215-219	No	El objetivo no es mejorar la función motora con RV
	Lee SJ, Chun MH. Combination transcranial direct current stimulation and virtual reality therapy for upper extremity training in patients with subacute stroke. <i>Arch Phys Med Rehabil.</i> 2014;95(3):431-438	Sí	
	Lewis GN, Woods C, Rosie JA, Mcpherson KM. Virtual reality games for rehabilitation of people with stroke: Perspectives from the users. <i>Disabil Rehabil Assist Technol.</i> 2011;6(5):453-463	No	– El objetivo no es mejorar la función motora con RV – No hay grupo control
	Li W, Lam-Damji S, Chau T, Fehlings D. The development of a home-based virtual reality therapy system to promote upper extremity movement for children with hemiplegic cerebral palsy. <i>Technol Disabil.</i> 2009;21(3):107-113	No	Tema del artículo: terapia domiciliaria
	Matar E, Shine JM, Naismith SL, Lewis SJG. Using virtual reality to explore the role of conflict resolution and environmental salience in Freezing of Gait in Parkinson's disease. <i>Parkinsonism Relat Disord.</i> 2013;19(11):937-942	No	El objetivo no es mejorar la función motora con RV
	Metin-Ökmen B, Doğan-Aslan M, Çuhadaroğlu-Çetin F, Nakipoğlu-Yüzer GF, Köse-Dönmez B, Özgirgin N. The effect of virtual reality therapy on psychological adaptation in children with cerebral palsy. <i>Noropsikiyatri Arsivi.</i> 2013;50(1):70-74	No	El objetivo no es mejorar la función motora con RV
	Mirelman A, Bonato P, Deutsch JE. Effects of training with a robot-virtual reality system compared with a robot alone on the gait of individuals after stroke. <i>Stroke.</i> 2009;40(1):169-174	Sí	
	Mitchell L, Ziviani J, Oftedal S, Boyd R. The effect of virtual reality interventions on physical activity in children and adolescents with early brain injuries including cerebral palsy. <i>Dev Med Child Neurol.</i> 2012;54(7):667-671	No	No hay grupo control
	Robles-García V, Arias P, Sanmartín G, Espinosa N, Flores J, Grieve KL, et al. Motor facilitation during real-time movement imitation in Parkinson's disease: A virtual reality study. <i>Parkinsonism Relat Disord.</i> 2013;19(12):1123-1129	No	El objetivo no es mejorar la función motora con RV

Tabla 2 (continuación)

Selección de artículos en bases de datos de ámbito general		Seleccionado	Motivo de exclusión
Bases de datos	Referencia bibliográfica		
ISI WEB of Science (WOS)	Saleh S, Bagce H, Qiu Q, Fluet G, Merians A, Adamovich S, et al. Mechanisms of neural reorganization in chronic stroke subjects after virtual reality training. <i>Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.</i> 2011;2011:8118-8121	No	Conferencia
	Sampson M, Shau YW, James-King M. Bilateral upper limb trainer with virtual reality for post-stroke rehabilitation: Case series report. <i>Disabil Rehabil Assist Technol.</i> 2012;7(1):55-62	No	– No hay grupo control – Serie de casos
	Shine JM, Matar E, Bolitho SJ, Dilda V, Morris TR, Naismith SL, et al. Modeling freezing of gait in Parkinson's disease with a virtual reality paradigm. <i>Gait Posture.</i> 2013;38(1):104-108	No	No hay grupo control
	Shiri S, Feintuch U, Lorber-Haddad A, Moreh E, Twito D, Tuchner-Arieli M, et al. Novel virtual reality system integrating online self-face viewing and mirror visual feedback for stroke rehabilitation: Rationale and feasibility. <i>Top Stroke Rehabil.</i> 2012;19(4):277-286	No	– El objetivo no es mejorar la función motora con RV – No hay grupo control
	Singh DKA, Mohd-Nordin NA, Aziz NAA, Lim BK, Soh LC. Effects of substituting a portion of standard physiotherapy time with virtual reality games among community-dwelling stroke survivors. <i>BMC Neurol.</i> 2013;13:199	Sí	
	Standen PJ, Brown DJ, Battersby S, Walker M, Connell L, Richardson A, et al. A study to evaluate a low cost virtual reality system for home based rehabilitation of the upper limb following stroke. <i>Int J Disabil Hum Dev.</i> 2011;10(4):337-341	No	Tema del artículo: terapia domiciliaria
	Sung WH, Chiu TY, Tsai WW, Cheng H, Chen JJ. The effect of virtual reality-enhanced driving protocol in patients following spinal cord injury. <i>J Chin Med Assoc.</i> 2012;75(11):600-605	No	El objetivo no es mejorar la función motora con RV
	Trobia J, Gaggioli A, Antonietti A. Combined use of music and virtual reality to support mental practice in stroke rehabilitation. <i>J Cyber Ther Rehabil.</i> 2011;4(1):57-61	No	El objetivo no es mejorar la función motora con RV
	Trotti C, Menegoni F, Baudo S, Bigoni M, Galli M, Mauro A. Virtual reality for the upper limb motor training in stroke: A case report. <i>J Cyber Ther Rehabil.</i> 2009;7(1):257-260	No	A propósito de un caso
	Tsoupikova D, Stoykov N, Kamper D, Vick R. Virtual reality environment assisting post stroke hand rehabilitation: Case report. <i>Stud Health Technol Inform.</i> 2013;184:458-464	No	A propósito de un caso
	Villiger M, Bohli D, Kiper D, Pyk P, Spillmann J, Meilick B, et al. Virtual reality-augmented neurorehabilitation improves motor function and reduces neuropathic pain in patients with incomplete spinal cord injury. <i>Neurorehabil Neural Repair.</i> 2013;27(8):675-683	No	El objetivo no es mejorar la función motora con RV
	Wang CY, Hwang WJ, Fang JJ, Sheu CF, Leong IF, Ma HI. Comparison of virtual reality versus physical reality on movement characteristics of persons with Parkinson's disease: Effects of moving targets. <i>Arch Phys Med Rehabil.</i> 2011;92(8):1238-1245	No	Aborda pacientes con enfermedad de Parkinson
	Wang M, Reid D. Virtual reality in pediatric neurorehabilitation: Attention deficit hyperactivity disorder, autism and cerebral palsy. <i>Neuroepidemiology.</i> 2011;36(1):2-18	No	El objetivo no es mejorar la función motora con RV
	Deutsch JE. Using virtual reality to improve walking post-stroke: translation to individuals with diabetes. <i>J Diabetes Sci Technol.</i> 2011;5(2):309-314	No	Pacientes con diabetes
	Lucca LF. Virtual reality and motor rehabilitation of the upper limb after stroke: A generation of progress? <i>J Rehabil Med.</i> 2009;41(12):1003-1006	No	El objetivo no es mejorar la función motora con RV

Tabla 2 (continuación)

Selección de artículos en bases de datos de ámbito general	Referencia bibliográfica	Seleccionado	Motivo de exclusión
Bases de datos	Wang M, Reid D. Virtual reality in pediatric neurorehabilitation: Attention deficit hyperactivity disorder, autism and cerebral palsy. <i>Neuroepidemiology</i> . 2011;36(1):2-18	No	El objetivo no es mejorar la función motora con RV
Sport-Discus	Brien M, Sveistrup H. Poster 131: An intensive virtual reality program improves balance and functional mobility of adolescents with cerebral palsy. <i>Arch Phys Med Rehabil</i> . 2010;91(10):e45	No	Comunicación-póster de un congreso
	Golomb MR, McDonald BC, Warden SJ, Yonkman J, Saykin AJ, Shirley B, et al. In-home virtual reality videogame telerehabilitation in adolescents with hemiplegic cerebral palsy. <i>Arch Phys Med Rehabil</i> . 2010;91(1):1-8	No	Tema del artículo: telerrehabilitación
	Hyeonhui S, GyuChang L. Additional virtual reality training using Xbox Kinect in stroke survivors with hemiplegia. <i>Am J Phys Med Rehabil</i> . 2013;92(10):871-880	Sí	
	Jinhwa J, Jaeho Y, Hyungkyu K. Effects of virtual reality treadmill training on balance and balance self-efficacy in stroke patients with a history of falling. <i>J Phys Ther Sci</i> . 2012;24(11):1133-1136	No	El objetivo no es mejorar la función motora con RV
	Navarro MD, Lloréns R, Noé E, Ferrí J, Alcañiz M. Validation of a low-cost virtual reality system for training street-crossing. A comparative study in healthy, neglected and non-neglected stroke individuals. <i>Neuropsychol Rehabil</i> . 2013;23(4):597-618	No	Tema del artículo: validación sistema de RV

terapia convencional, con el no recibir terapia, o asociado a otros tipos de intervención.

A pesar de los resultados favorables de las RS analizadas<sup>7,9,10,12</sup>, los autores son cautos a la hora de definir las conclusiones, ya que los estudios publicados no demuestran suficiente evidencia científica<sup>7,9,10,12</sup>. Se necesitan estudios con tamaños muestrales más grandes, desarrollados en un periodo largo y que analicen si la RV genera cambios en la reorganización cortical, para definir los beneficios y los riesgos potenciales de la utilización de este recurso terapéutico. Además, sería muy interesante identificar a los pacientes que más se beneficiarían de esta terapia<sup>7,12</sup>.

De las RS analizadas, de acuerdo a la Escala Oxford Centre For Evidence-Based Medicine<sup>21</sup>, 3 de ellas presentan un nivel de evidencia 1a, y un grado de recomendación A (véase la tabla 3).

## Ensayos clínicos controlados y/o aleatorizados

La redacción de este apartado la vamos a estructurar en función a los objetivos planteados.

### A. Dispositivos/sistemas de realidad virtual utilizados en patología neurológica

Todos los estudios analizados utilizan sistemas de RV semiinmersivos o no inmersivos<sup>22-42</sup>, utilizándose solo en 2 estudios dispositivos de bajo coste para generar entornos de RV<sup>26,38</sup>.

### B. Síntomas motores más abordados con realidad virtual en pacientes con ictus. Efectos/beneficios de la realidad virtual

Los estudios de RV con fines terapéuticos tienen como objetivo mejorar la función motora de MS, la realización de las AVD, la función motora del MI y/o mejora de la marcha, así como la mejora del equilibrio estático y/o dinámico. En 10 de los estudios analizados se aplica la RV en pacientes con ictus crónico (diagnóstico de la lesión mayor a 6 meses)<sup>7,22-24,30,32,35-37,40</sup>.

De los estudios analizados, 14 utilizan la RV con el objetivo de mejorar la función motora de MS<sup>23,25,26,29,31-35,38-42</sup>; de estos, solo 3 estudios analizan la realización de las AVD<sup>33,39,41</sup>, 4 estudios utilizan la RV para mejorar la función motora de MI y/o marcha<sup>22,24,27,37</sup>, y en 5 estudios se utiliza la RV con el objetivo de mejorar el equilibrio estático y/o dinámico<sup>22,28,30,36,37</sup>. A continuación, haremos una descripción de los estudios más relevantes.

La mayoría de los estudios que utilizan la RV con el objetivo de mejorar la función motora del MS utilizan 2 grupos de sujetos, un grupo de sujetos en el que se aplica RV sola o combinada con terapia convencional y otro grupo en el que se aplica solo terapia convencional<sup>23,25,26,29,31,33,34,38-41</sup>. Solo hay un estudio en el que en uno de los grupos se aplica placebo<sup>32</sup> y en 2 estudios<sup>35,42</sup> se trabaja con 3 grupos de pacientes utilizando 3 tipos de estimulación diferente.

Los resultados de la mayoría de los estudios indican que el grupo en el que se aplica la RV mejora la función motora del MS<sup>23,26,29,31,32,35,40-42</sup> (medida esta a través de diferentes test: test Wolf Motor Function, test Fugl-Meyer, test Chedoke Arm, test Hand Activity Inventory, test Motricity Index, índice de Barthel modificado, Functional Independence Measure, Manual Function Test), excepto en

**Tabla 3** Nivel de evidencia y grado de recomendación de las revisiones sistemáticas

Referencia	N.º Pacientes	Nivel de evidencia	Grado de recomendación
Mundy y Hiller <sup>12</sup> (2010)	No consta	2a	B
Laver et al. <sup>7</sup> (2011)	565	1a	A
Saposnik et al. <sup>9</sup> (2011)	195	1a	A
Cavalcanti et al. <sup>10</sup> (2013)	72	1a	A

los estudios realizados por Connelly et al.<sup>25</sup>, Kwon et al.<sup>33</sup>, Crosbie et al.<sup>34</sup>, HyeonHui y GyuChang<sup>38</sup>, y Singh et al.<sup>39</sup>, en los cuales no hay diferencias significativas entre grupos.

Hay que destacar que los estudios analizados utilizan diferentes tamaños muestrales, así como diferentes tipos de RV (utilización férulas/órtesis para la realización de actividades funcionales<sup>23,25</sup>; utilización de dispositivos y programas informáticos que estimulan y guían a los sujetos en la realización de funciones en el MS<sup>29,31,32,34,35,39-42</sup> y utilización de video juegos de bajo coste<sup>26,38</sup>).

La mayoría de los estudios analizados utilizan la misma intensidad de tratamiento (número de sesiones a la semana, duración de las sesiones, semanas de tratamiento) en todos los grupos<sup>23,25,26,29,32,34,35,39-42</sup>, excepto en 3 estudios en los que el grupo experimental recibe un tratamiento más intensivo (mayor número de sesiones semanales y de mayor duración)<sup>31,33,38</sup>.

Los 4 estudios que utilizan la RV para mejorar la función motora de MI y/o marcha, utilizan 2 grupos de sujetos; en uno de los grupos se aplica la RV sola o combinada con otra terapia, mientras que en el grupo control se aplica terapia convencional u otro tipo de terapia sin utilización de la RV<sup>22,24,27,37</sup>.

Todos los estudios utilizan la misma intensidad de tratamiento entre grupos (número de sesiones a la semana, duración de las sesiones, semanas de tratamiento), encontrándose diferencias significativas, mejorando en los grupos en los que se aplica la RV la marcha, así como la función motora de MI<sup>22,24,27,37</sup> (medida a través de test 10 minutos de marcha, parámetros cinemáticos «cadencia, velocidad, distancia recorrida», recorridos articulares, Modified Motor Assessment). En 2 de estos estudios también se valora el efecto de la RV sobre el equilibrio<sup>22,37</sup>, encontrándose en ambos estudios la mejora del mismo (medido a través de test de Berg y test Time Up and Go).

Además de los estudios de Kim et al.<sup>22</sup> y Cho y Lee<sup>37</sup>, otros autores utilizan la RV con el objetivo de mejorar el equilibrio estático y/o dinámico<sup>28,30,36</sup>. En todos los estudios se utilizan 2 grupos de sujetos, diferenciándose los grupos por la aplicación de RV. En 2 de estos estudios se entrena el equilibrio en cinta rodante<sup>28,30</sup>.

Todos los estudios encuentran diferencias significativas entre grupos, mejorando el equilibrio dinámico en los grupos en los que se aplica la RV<sup>28,30,36</sup> (medido este con posturografía dinámica computarizada, test Berg y test Time Up and Go), solo en el estudio realizado por Jung et al.<sup>30</sup> se encuentran mejoras en el equilibrio estático (medido este con posturografía dinámica computarizada).

Hay que señalar que todos los estudios utilizan la misma intensidad de tratamiento entre grupos, excepto en el estudio de Cho et al.<sup>36</sup>, en el cual los sujetos del grupo

experimental reciben un tratamiento de mayor intensidad (mayor número de sesiones y mayor duración de las mismas), pudiendo este hecho influir en los resultados encontrados.

De acuerdo con la escala Oxford Centre For Evidence-Based Medicine<sup>21</sup>, la mayoría de los *ensayos clínicos* analizados presentan un nivel de evidencia 1b y un grado de recomendación A (véase la [tabla 4](#)).

## Discusión

Actualmente, además de los sistemas de RV diseñados específicamente con fines terapéuticos<sup>5</sup>, hay una gran cantidad de videojuegos comerciales de bajo coste que están proporcionando una forma alternativa de generar entornos virtuales, con la posibilidad de ser estos utilizados en un ámbito clínico. Del total de ensayos clínicos analizados, solo en 2 estudios se utilizan dispositivos/sistemas de bajo coste para generar entornos de RV<sup>26,38</sup>. Es de esperar que en los próximos años, a medida que esta tecnología sea más asequible y accesible, aumentará la utilización de estos dispositivos y se publicarán más resultados.

Teniendo en cuenta los estudios analizados, en la actualidad hay fuertes evidencias científicas de los efectos beneficiosos de la RV en la recuperación motora en el ictus<sup>7,9,10,22-42</sup>, concretamente en la mejora de la función motora de MS<sup>23,25,26,29,31-35,38-42</sup>.

En los estudios analizados hay una gran heterogeneidad en cuanto a la duración de las terapias (desde 2 semanas<sup>26</sup> hasta terapias de 12 semanas<sup>23-29</sup>, la media en la duración de la terapia en la mayoría de los estudios es de 4-6 semanas<sup>24,25,31,32,38,40</sup>), intensidad del tratamiento (duración de las sesiones de RV desde 30 min<sup>32</sup> hasta 1,5 h<sup>25</sup>) y en determinar si los efectos de la RV se mantienen a largo plazo (hay pocos estudios en los que se haga un seguimiento tras finalizar la terapia con RV<sup>23,24,26,34,35</sup>).

La mayoría de los estudios tienen tamaños muestrales pequeños; hay que destacar el estudio de Turolla et al.<sup>41</sup> (2013), en el que se trabaja con un tamaño muestral de 376 pacientes con ictus.

Todavía hay muchas lagunas/falta de conocimiento sobre cómo los sistemas de RV influyen en la recuperación motora; además, no conocemos exactamente qué características de esos sistemas son imprescindibles y decisivos para que se produzcan efectos beneficiosos. Estudios como el de Orihuela-Espina et al.<sup>43</sup> (2013), son muy necesarios ya que intentan profundizar en las bases fisiológicas de por qué y cómo los sistemas de RV consiguen mejorar la función motora en determinadas patologías neurológicas. Concretamente, en este estudio los autores pretenden cuantificar

**Tabla 4** Resumen de resultados de los ensayos clínicos controlados y/o aleatorizados

Referencia	Tipo de estudio	Nº sujetos	Terapia utilizada	Duración terapia	Variables de estudio y escalas/test utilizadas	Resultados	Nivel de evidencia Grado de recomendación
Kim et al. <sup>22</sup> (2009)	ECA (doble ciego «sujetos» y «evaluador»)	24	GE (12 sujetos): terapia convencional + RV GC (12 sujetos): utilización solo de terapia convencional	4 semanas (4 sesiones/semana, de 40 min). GE = 40 min terapia convencional + 30 min RV GC = 40 min terapia convencional	Valoración al inicio, y final de la intervención: – Equilibrio (posturografía dinámica computarizada, escala de equilibrio de Berg) – Marcha (test 10 min de marcha: variables cinemáticas, y escala Modified Motor Assessment)	– Diferencias significativas entre grupos, mejorando más el equilibrio en el GE (mejor puntuación en test de Berg y equilibrio dinámico) – GE mejoras significativas en la cadencia, longitud de paso, tiempo de ejecución del paso, velocidad de la marcha, y puntuación de la escala Modified Motor Assessment – Correlación positiva entre la mejora del equilibrio dinámico y la cadencia, velocidad de la marcha	1b-A
Housman et al. <sup>23</sup> (2009)	ECA	28	GE (14 sujetos): terapia con T-WREX(órtesis de MS) GC (14 sujetos): realización ejercicios semiautónomos convencionales	12 semanas (2 sesiones/semana, 1 h)	Valoración al inicio, final intervención, y a los 6 meses tras intervención: – Función motora de MS (test Fugl-Meyer) – Recorrido articular MS – Cantidad de movimientos del MS (test Motor Activity Log)	– Mejora significativa en ambos grupos tras la intervención y a 6 meses de seguimiento en todos los test – Diferencias significativas entre grupos, en puntuación del test Fugl-Meyer (mayor en GE). Esta diferencia entre grupos se mantiene a los 6 meses	1b-A



Tabla 4 (continuación)

Referencia	Tipo de estudio	Nº sujetos	Terapia utilizada	Duración terapia	Variables de estudio y escalas/test utilizadas	Resultados	Nivel de evidencia Grado de recomendación
Mirelman et al. <sup>24</sup> (2009)	ECA (simple ciego)	18	GE (9 sujetos): dispositivo robótico en MM. II + RV GC (9 sujetos): solo dispositivo robótico en MM. II.	4 semanas (3 sesiones/semana, 1 h)	Valoración al inicio, final intervención, y a los 3 meses: – Variables cinemáticas de marcha (n.º de pasos, velocidad, distancia recorrida) en entorno clínico y en marcha libre	– Mayor velocidad, y distancia recorrida en el GE. La diferencia entre grupos se mantiene a los 3 meses tras la intervención	1b-A
Connelly et al. <sup>25</sup> (2010)	ECC	14	GE (7 sujetos): con férula PneuGlove manipulan objetos en un entorno virtual y en un entorno real GC (7 sujetos): sin férula PneuGlove manipulan objetos en un entorno real	6 semanas (3 sesiones/semana, 90 min)	Valoración al inicio y final intervención: – Función motora del MS pléjico (test Fugl-Meyer) – Función motora de la mano y muñeca pléjica (test Fugl-Meyer) – Destreza manual del MS pléjico (test Box and Block) – Fuerza a la flexión palmar (dinamómetro)	– Las 4 variables analizadas mejoraron en los 2 grupos de manera significativa, siendo la mejoría un poco mayor en GE – No diferencias significativas entre grupos	2b-B
Saposnik et al. <sup>26</sup> (2010)	ECA (simple ciego «evaluador»)	17	GE (9 sujetos): terapia con RV GC (8 sujetos): terapia recreativa (jugar cartas, bingo...)	2 semanas (4 sesiones/semana, 1 h)	Valoración al inicio, final de la intervención, y a las 4 semanas tras intervención – Viabilidad de la Nintendo Wii (tiempo que tardan en realizar las tareas) – Seguridad de la Nintendo Wii (existencia de eventos adversos) – Función motora de MS (test Wolf Motor Function) – Destreza manual (test Box and Block) – Calidad de vida (escala Stroke Impact)	– No eventos adversos – Diferencias significativas entre grupos en la puntuación del test Wolf Motor Function, siendo mayor en el GE	1b-A

Tabla 4 (continuación)

Referencia	Tipo de estudio	Nº sujetos	Terapia utilizada	Duración terapia	VARIABLES de estudio y escalas/test utilizadas	Resultados	Nivel de evidencia Grado de recomendación
Mirelman et al. <sup>27</sup> (2010)	ECA (simple ciego «evaluador»)	18	GE (9 sujetos): entrenamiento marcha con RV GC (9 sujetos): entrenamiento marcha solo con terapia convencional	4 semanas (3 sesiones/semana, 1 h)	Valoración al inicio, y final intervención – Variables cinemáticas de la marcha (cadencia, velocidad, distancia recorrida) – Variables cinéticas de la marcha (recorridos articulares caderas, rodillas y tobillos)	– Diferencias significativas entre grupos, en recorrido articular de rodillas y tobillos, siendo mayor estos recorridos en GE	1b-A
Yang et al. <sup>28</sup> (2011)	ECA	14	GE (7 sujetos): entrenamiento del equilibrio con cinta rodante + RV GC (7 sujetos): entrenamiento del equilibrio solo con cinta rodante	3 semanas (3 sesiones/semana, 40 min)	Valoración al inicio, y final intervención. – Equilibrio estático y dinámico (plataforma de posturografía dinámica computarizada) – N.º de pasos con el MI parético – Área de contacto con el pie parético en bipedestación estática – Área de contacto con el pie parético en las transferencias de sedestación a bipedestación – Área de contacto con el pie parético durante la marcha	– Ninguna intervención ha generado mejoras en equilibrio estático – Diferencias significativas entre grupos mejorando en el GE el equilibrio dinámico (desplazamientos del centro de gravedad) durante la marcha y durante las transferencias, y mejorando el área de contacto del pie parético durante la marcha y las transferencias	1b-A

Tabla 4 (continuación)

Referencia	Tipo de estudio	Nº sujetos	Terapia utilizada	Duración terapia	Variables de estudio y escalas/test utilizadas	Resultados	Nivel de evidencia Grado de recomendación
Da Silva Cameirao et al. <sup>29</sup> (2011)	ECA	16	GE (8 sujetos): terapia convencional + RV GC (8 sujetos): utilización de terapia convencional + juegos interactivos	12 semanas (3 sesiones/semana, 40 min) GE= 40 min terapia convencional + 30 min RV GC = 40 min terapia convencional + 30 min juegos interactivos	Valoración al inicio, y final intervención: – Función motora del MS pléjico (test Fugl-Meyer, test Chedoke Arm and Hand Activity Inventory)	– Diferencias significativas entre grupos, GE ha mejorado más la velocidad de movimiento en el MS pléjico, las puntuaciones del test Fugl-Meyer, y del test Chedoke Arm and Hand Activity Inventory – GE las mejoras funcionales se consiguieron más rápido a lo largo de todo el tratamiento	1b-A
Jung et al. <sup>30</sup> (2012)	ECC	21	GE (11 sujetos): se entrena marcha en cinta rodante + RV GC (10 sujetos): se entrena marcha solo en cinta rodante	3 semanas (3 sesiones/semana, 1 h)	Valoración al inicio, y final intervención: – Valoración del equilibrio estático y dinámico (equipo de posturografía dinámica computarizada)	– Equilibrio estático y dinámico mejora significativamente en ambos grupos -Diferencias significativas entre grupos, siendo mayor la mejora del equilibrio estático y dinámico en el GE	1b-A
Jo et al. <sup>31</sup> (20012)	ECA	29	GE (15 sujetos): rehabilitación del MS con RV GC (14 sujetos): rehabilitación del MS con terapia convencional	4 semanas. GE: 60 min. de terapia, 5 sesiones/semana GC: 30 min. de terapia, 3 sesiones/semana	Valoración al inicio, y final intervención: – Función motora de MS (test Wolf Motor Function) – Percepción visual (test Motor-Free Visual Perception)	– Puntuaciones de ambos test han mejorado significativamente en ambos grupos – Diferencias significativas entre grupos, siendo mayor la puntuación obtenida en el Test Motor-Free Visual Perception en el GE	1b-A

Tabla 4 (continuación)

Referencia	Tipo de estudio	Nº sujetos	Terapia utilizada	Duración terapia	Variables de estudio y escalas/test utilizadas	Resultados	Nivel de evidencia Grado de recomendación
In et al. <sup>32</sup> (2012)	ECA	19	GE (11 sujetos): terapia convencional + RV GC (8 sujetos): terapia convencional + tratamiento simulando RV (placebo)	4 semanas (5 sesiones/semana) GE: 30 min de terapia de RV GC: 30 min de terapia de RV simulada (placebo).	Valoración al inicio, y final intervención: – Tono (escala modificada de Ashworth) – Función motora de MS (test Fugl-Meyer) – Destreza manual (test Box and Block) – Función de la mano (test Jebsen-Taylor Hand Function, test Manual Function)	– Puntuaciones de todos los test han mejorado significativamente en ambos grupos – Diferencias significativas entre grupos siendo mayor la recuperación motora y la función motora en el GE	1b-A
Kwon et al. <sup>33</sup> (2012)	ECA	26	GE (13 sujetos): terapia convencional + RV. GC (13 sujetos): solo terapia convencional	3 semanas (3 sesiones/semana: GE = 1,5 h por sesión GC = 1 h por sesión	Valoración al inicio, y final intervención. – Función motora de MS (test Fugl-Meyer, test Manual Function) – Realización de AVD (índice de Barthel modificado)	– GE mejoras significativas en la puntuación de los 3 test, sin embargo en el GC no ha mejorado significativamente la puntuación del test Manual Function – No diferencias significativas entre grupos en las puntuación de los 3 test	1b-A
Crosbie et al. <sup>34</sup> (2012)	ECA	18	GE (9 sujetos): utilización de RV. GC (9 sujetos): utilización solo terapia convencional	3 semanas (3 sesiones/semana, 1 h)	Valoración al inicio, final intervención, y después 6 semanas tras la intervención: – Función motora de MS (test Motricity Index y test Action Research Arm)	– No diferencias significativas entre grupos en las puntuaciones del test Motricity Index y Test Action Research Arm	1b-A
Cameirao et al. <sup>35</sup> (2012)	ECA	44	GE <sub>1</sub> (15 sujetos): entrenamiento del MS pléjico con RV (estímulos visuales) GE <sub>2</sub> (15 sujetos): entrenamiento del MS pléjico con RV (estímulos hápticos) GC (14 sujetos): entrenamiento del MS pléjico con RV (exoesqueleto pasivo)	5 semanas (5 sesiones/semana, 35 min)	Valoración al inicio, y final intervención: – Función motora de MS (test Fugl-Meyer, test Manual Function) – Realización de AVD (índice de Barthel modificado)	– Los 3 grupos presentan mejoras significativas en las puntuaciones de las 3 variables de estudio – Diferencias significativas entre grupos, siendo mejores las puntuaciones en el GE <sub>1</sub> y GE <sub>2</sub>	1b-A

Tabla 4 (continuación)

Referencia	Tipo de estudio	Nº sujetos	Terapia utilizada	Duración terapia	VARIABLES de estudio y escalas/test utilizadas	Resultados	Nivel de evidencia Grado de recomendación
Cho et al. <sup>36</sup> (2012)	ECA	22	GE (11 sujetos): utilización de terapia convencional + RV GC (11 sujetos): utilización solo terapia convencional	6 semanas (5 sesiones/semana, 1 h) <i>Nota:</i> en el GE la RV se ha aplicado en sesiones de 30 min, 3 sesiones/semana, durante 6 semanas	Valoración al inicio, y final intervención: – Valoración del equilibrio estático con ojos abiertos y ojos cerrados (posturografía dinámica computarizada) – Valoración del equilibrio dinámico (test de equilibrio de Berg y test Time Up and Go)	– Equilibrio estático no diferencias significativas en ningún grupo – Diferencias significativas entre grupos en el equilibrio dinámico, siendo mayores las puntuaciones del test de equilibrio de Berg y el test Time Up and Go en GE	2b-B
Cho et al. <sup>37</sup> (2013)	ECA	14	GE (7 sujetos): utilización de terapia convencional + entrenamiento de marcha en cinta rodante con proyección de RV (grabación de marcha en el mundo real) GC (7 sujetos): utilización de terapia convencional + entrenamiento de marcha en cinta rodante sin proyección de RV	– La terapia convencional fue aplicada durante 6 semanas (3 sesiones/semana, 45 min) – La terapia en cinta rodante con o sin RV fue aplicada durante 6 semanas (3 sesiones/semana, 30 min)	Valoración al inicio y al final intervención: – Valoración del equilibrio dinámico (test de equilibrio de Berg y test Time Up and Go) – Variables cinemáticas de la marcha (parámetros obtenidos en cinta rodante)	– Mejoras significativas en las variables de estudio, en ambos grupos – Diferencias significativas entre grupos en el equilibrio dinámico y en la cadencia y velocidad de la marcha, siendo mayores las puntuaciones en GE	1b-A

Tabla 4 (continuación)

Referencia	Tipo de estudio	Nº sujetos	Terapia utilizada	Duración terapia	VARIABLES de estudio y escalas/test utilizadas	Resultados	Nivel de evidencia Grado de recomendación
HyeonHui y GyuChang <sup>38</sup> (2013)	ECA	40	GE (20 sujetos): RV utilizando Xbox Kinect + terapia ocupacional convencional GC (20 sujetos): solo terapia ocupacional convencional	6 semanas (3 sesiones/semana) GE: 90 min cada sesión GC: 45 min cada sesión	Valoración al inicio y final intervención: – Amplitud articular del MS pléjico – Función motora del MS pléjico (test Fugl-Meyer) – Destreza manual del MS pléjico (test Box and Block)	– Las 3 variables analizadas mejoraron de manera significativa en los 2 grupos (mejoría un poco mayor en GE) – No diferencias significativas entre grupos	1b-A
Singh et al. <sup>39</sup> (2013)	ECC	28	GE (14 sujetos): se aplica fisioterapia convencional + RV GC (14 sujetos): se aplica solo fisioterapia convencional	6 semanas (2 sesiones/semana, 2 h) GE = 90 min fisioterapia convencional + 30 min RV GC = 120 min fisioterapia convencional	Valoración al inicio y final intervención: – Marcha (test Time Up and Go, test 30 Second Sit to Stand, Test Timed Ten Metre Walk», Test Six Minute Walk) – AVD (índice de Barthel modificado) – Valoración del equilibrio estático con la plataforma board de la Wii	– En los 2 grupos mejoran significativamente las puntuaciones del test Time Up and Go y del test 30 Second Sit to Stand – No diferencias significativas entre grupos en ninguna de las variables de estudio	1b-A
Subramanian et al. <sup>40</sup> (2013)	ECA	32	GE (16 sujetos): terapia con RV GC (16 sujetos): terapia en un entorno físico convencional	4 semanas (3 sesiones/semana; 1 h)	Valoración al inicio, y final intervención: – Variables cinemáticas de MS (goniometría digital) – Recorrido articular de MS (goniometría digital) – Utilización del MS (Clasificada como: leve, moderada, severa)	– Todas las variables han mejorado significativamente en ambos grupos tras la intervención – Diferencias significativas entre grupos en aducción horizontal y la flexión de hombro (mayor en GE)	1b-A



Tabla 4 (continuación)

Referencia	Tipo de estudio	Nº sujetos	Terapia utilizada	Duración terapia	Variables de estudio y escalas/test utilizadas	Resultados	Nivel de evidencia Grado de recomendación
Turolla et al. <sup>41</sup> (2013)	ECC	376	GE (188 sujetos): utilización de terapia convencional + RV GC (188 sujetos): utilización solo terapia convencional	4 semanas (5 sesiones/semana, 2 h)	Valoración al inicio, y final intervención: – Función motora de MS (test Fugl-Meyer) – Funcionalidad del MS (escala Functional Independence Measure)	– Mejoras significativas en las dos variables de estudio, en ambos grupos – Diferencias significativas entre grupos, en GE mejora más la función motora y la funcionalidad del MS	1b-A
Lee y Chun <sup>42</sup> (2014)	ECA	59	Grupo A (20 sujetos): aplicación de estimulación catódica transcra-neal Grupo B (20 sujetos) aplicación de RV Grupo C (19 sujetos): aplicación de estimulación catódica transcra- neal + aplicación de RV	3 semanas (5 sesiones/semana, 1 h)	Valoración al inicio y final intervención: – Valoración muscular (Manual Muscle Test) – Función de la mano (Manual Function Test) – Función motora del MS pléjico (test Fugl-Meyer) – Evaluación AVD (escala de Barthel modificada)	– Las 4 variables analizadas mejoraron significativamente en los 3 grupos. – Diferencias entre grupos significativas, presentando el grupo C puntuaciones más elevadas en el Manual Muscle Test y en el Manual Function Test	1b-A

AVD: actividades de la vida diaria; ECA: ensayo clínico aleatorizado; ECC: ensayo clínico controlado; GC: grupo control; GE: grupo experimental; MI: miembro inferior; MS: miembro superior; MM. II: miembros inferiores; MM. SS.: miembros superiores; n.º: número; RV: realidad virtual.

los cambios neuronales que subyacen a las mejoras motoras conseguidas mediante la terapia de imitación (aspecto que se trabaja con la RV), llegando a la conclusión de que la actividad generada en la corteza prefrontal y en el cerebelo es la responsable de la recuperación motora asociada a este tipo de terapia.

Es importante determinar qué interfaz se debe utilizar en el sistema de RV para maximizar las mejoras motoras obtenidas. En esta línea, cabe destacar el estudio realizado por Cameirão et al.<sup>35</sup> (2012), en el cual utilizan 3 tipos de interfaces (visual, háptica, exoesqueleto externo) para determinar cuál de ellas es más efectiva. Para llegar a una conclusión definitiva es necesaria la realización de nuevos estudios en los que se utilicen diferentes interfaces.

Es necesaria la realización de estudios en los que se valore si los beneficios obtenidos en la función motora son generados por el sistema de RV en sí mismo o se deben a las características de la tarea trabajada y a la participación-motivación por parte de los usuarios. Para estudiar estos aspectos se deberían realizar estudios en los que se incluya un grupo placebo. De todos los estudios analizados, solo en uno de ellos se utiliza grupo placebo<sup>32</sup>, concluyendo que en el grupo en el que se aplica el placebo no se generan mejoras funcionales, significando esto que dichas mejoras se deben a la utilización de RV.

Teniendo en cuenta todos los estudios analizados, podríamos especular sobre por qué la RV puede ser un recurso terapéutico complementario o alternativo a las terapias convencionales en el abordaje de la función motora en pacientes con ictus. Para responder a esta pregunta, tenemos que tomar como base los 4 elementos clave para conseguir una óptima recuperación funcional en este tipo de pacientes; el aprendizaje motor, altas intensidades de terapia, feedback positivo entre estímulo-respuesta y la motivación por parte del paciente<sup>18</sup>. Recientes investigaciones muestran que para que exista aprendizaje y reaprendizaje motor tienen que producirse cambios en la arquitectura neuronal; para ello, la terapia tiene que basarse en la realización de actividades funcionales, de manera repetida, recompensadas, y realizadas a lo largo del tiempo<sup>19,20</sup>, características que pueden ser abordadas desde la RV. Además, con la RV se tiene la posibilidad de crear entornos de tratamiento individualizados y apropiados para cada usuario manipulando y regulando la interacción con el medio ambiente<sup>44</sup>. Suelen ser sistemas atractivos/motivadores para los pacientes, fáciles de utilizar, seguros, en la actualidad cada vez más económicos y con capacidad para analizar la correcta realización de la tarea<sup>19,20</sup>.

## Conclusiones

- En la actualidad los sistemas de RV más utilizados en el abordaje de los síntomas motores en pacientes con ictus son los sistemas semiinmersivos o no inmersivos.
- El ictus es la patología neurológica en la que más se utiliza la RV con fines terapéuticos. Las RS y los ensayos clínicos publicados hasta el momento demuestran que existe suficiente evidencia científica de los beneficios de la RV en la mejora de la función motora del MS en estos pacientes.

- Los síntomas neurológicos más abordados con RV en pacientes con ictus son: función motora de MS, función motora de MI y/o marcha, y equilibrio estático/dinámico.
- Los estudios analizados presentan un nivel de evidencia y un grado de recomendación óptimo, pero se necesitan estudios con tamaños muestrales más grandes para llegar a conclusiones más veraces y robustas.
- Se necesitan más estudios de investigación que profundicen en determinar si la RV genera cambios en la reorganización cortical, qué tipo de sistema de RV es mejor utilizar, identificar si los resultados conseguidos con la RV se mantienen a largo plazo y definir que frecuencias e intensidades de tratamiento son las más adecuadas.

## Financiación

Este trabajo no ha recibido ninguna financiación ni pública ni privada.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Bibliografía

1. Larsen C, Sorensen J, Grantcharov T, Dalsgaard T, Schouenborg L, Ottosen C, et al. Effect of virtual reality training on laparoscopic surgery: Randomised controlled trial. *BMJ*. 2009;338:b1802–9.
2. Schultheis M, Rizzo A. The application of virtual reality technology in rehabilitation. *Rehabil Psychol*. 2001;46:296–311.
3. Weiss PL, Kizony R, Feintuch U, Katz N. Virtual reality in neuro-rehabilitation. En: Selzer M, Cohen L, Gage F, Clarke S, Duncan P, editores. *Textbook of neural repair and rehabilitation*. Cambridge: Cambridge University Press; 2006. p. 182–97.
4. Greenleaf W, Tovar M. Augmenting reality in rehabilitation medicine. *Artif Intell Med*. 1994;6:289–99.
5. Lange B, Flynn S, Proffitt R, Chang C, Rizzo A. Development of an interactive game-based rehabilitation tool for dynamic balance training. *Top Stroke Rehabil*. 2010;17:345–52.
6. Schuemie M, van der Straaten P, Krijin M, van derMast C. Research on presence in virtual reality: A survey. *Cyberpsychol Behav*. 2001;4:183–201.
7. Laver KE, George S, Thomas S, Deutsch JE, Crotty M. Realidad virtual para la rehabilitación del accidente cerebrovascular [Revisión Cochrane traducida]. *Cochrane Database of Systematic reviews*. 2011;9:CD008349, <http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD008349>.
8. Peñasco-Martín B, Reyes-Guzmán A, Gil-Agudo A, Bernal-Sahúm 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. Saposnik G, Levin M. Virtual reality in stroke rehabilitation: A meta-analysis and implications for clinicians. *Stroke*. 2011;42:1380–6.
10. Cavalcanti M, de Amorim Lima AM, Ferraz KM, Benedetti-Rodrigues MA. Use of virtual reality in gait recovery among post stroke patients; a systematic literature review. *Disabil Rehabil Assist Technol*. 2013;8:357–62.

11. Mirelman A, Maidan I, Deutsch JE. Virtual reality and motor imagery: Promising tools for assessment and therapy in Parkinson's disease. *Mov Disord.* 2013;28:1597–8.
12. Mundy L, Hiller JE. Rehabilitation of stroke patients using virtual reality games. Adelaide: Adelaide Health Technology Assessment (AHTA). Horizon Scanning Prioritising Summary 27. 2010.
13. Merians AS, Jack D, Boian R, Tremaine M, Burdea GC, Adamovich SV, et al. Virtual reality-augmented rehabilitation for patients following stroke. *Phys Ther.* 2002;82:898–915.
14. Adamovich SV, Merians AS, Boian R, Tremaine M, Burdea G, Recce M, et al. A virtual reality based exercise system for hand rehabilitation post-stroke. En: *International Workshop on Virtual Rehabilitation*. Piscataway: Cambridge University Press; 2003.
15. Kuttuva M, Boian R, Merians A, Burdea G, Bouzid M, Lewis J, et al. The Rutgers Arm a rehabilitation system in virtual reality: A pilot study. *Cyberpsychol Behav.* 2006;9:148–52.
16. Boian R, Lee CS, Deutsch JE, Burdea G, Lewis J. Virtual reality-based system for ankle rehabilitation post stroke. 1st International Workshop on Virtual Reality Rehabilitation. *Lausana: Erlbaum*; 2002.
17. Boian R, Kourtev H, Erickson K, Deutsch JE, Lewis J, Burdea G. Dual Stewart platform gait rehabilitation system for individuals post-stroke. *International Workshop on Virtual Rehabilitation*. Piscataway: Cambridge University Press; 2003.
18. Holden MK. Virtual environments for motor rehabilitation: Review. *Cyberpsychol Behav.* 2005;8:187–211.
19. Bayón M. Plasticidad cerebral inducida por algunas terapias aplicadas en el paciente con ictus. *Rehabilitación.* 2008;42:86–91.
20. Mirallas JA. Evidencia científica de los progresos en la rehabilitación de la enfermedad cerebrovascular. *Rehabilitación.* 2004;38:246–9.
21. Centre for Evidence-Based Medicine de Oxford. Levels of evidence and grades of recommendation [Internet]. Oxford: Centre for Evidence-Based Medicine de Oxford [consultado 24 Mar 2014]. Disponible en: <http://www.cebm.net/levels.of.evidence.asp>
22. Kim JH, Jang SH, Kim CS, Jung JH, You JH. Use of virtual reality to enhance balance and ambulation in chronic stroke: A double-blind, randomized controlled study. *Am J Phys Med Rehabil.* 2009;88:693–701.
23. Housman SJ, Scott KM, Reinkensmeyer DJ. A randomized controlled trial of gravity-supported, computer-enhanced arm exercise for individuals with severe hemiparesis. *Neurorehabil Neural Repair.* 2009;23:505–14.
24. Mirelman A, Bonato P, Deutsch JE. Effects of training with a robot-virtual reality system compared with a robot alone on the gait of individuals after stroke. *Stroke.* 2009;40:169–74.
25. Connelly L, Jia Y, Toro ML, Stoykov ME, Kenyon RV, Kamper DG. A pneumatic glove and immersive virtual reality environment for hand rehabilitative training after stroke. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng.* 2010;18:551–9.
26. Saposnik G, Mamdani M, Bayley M, Thorpe KE, Hall J, Cohen LG, et al. Effectiveness of Virtual Reality Exercises in Stroke Rehabilitation (EVREST): Rationale, design, and protocol of a pilot randomized clinical trial assessing the Wii gaming system. *Int J Stroke.* 2010;5:47–51.
27. Mirelman A, Patrilli BL, Bonato P, Deutsch JE. Effects of virtual reality training on gait biomechanics of individuals post-stroke. *Gait Posture.* 2010;31:433–7.
28. Yang S, Hwang WH, Tsai YC, Liu FK, Hsieh LF, Chern JS. Improving balance skills in patients who had stroke through virtual reality treadmill training. *Am J Phys Med Rehabil.* 2011;90:969–78.
29. Da Silva Cameirão M, Bermúdez I, Badia S, Duarte E, Verschure PFMJ. Virtual reality based rehabilitation speeds up functional recovery of the upper extremities after stroke: A randomized controlled pilot study in the acute phase of stroke using the rehabilitation gaming system. *Restor Neurol Neurosci.* 2011;29:287–98.
30. Jung J, Yu J, Kang H. Effects of virtual reality treadmill training on balance and balance self-efficacy in stroke patients with a history of falling. *J Phys Ther Sci.* 2012;24:1133–6.
31. Jo K, Yu J, Jung J. Effects of virtual reality-based rehabilitation on upper extremity function and visual perception in stroke patients: A randomized control trial. *J Phys Ther Sci.* 2012;24:1205–8.
32. In TS, Jung KS, Lee SW, Song CH. Virtual reality reflection therapy improves motor recovery and motor function in the upper extremities of people with chronic stroke. *J Phys Ther Sci.* 2012;24:339–43.
33. Kwon JS, Park MJ, Yoon IJ, Park SH. Effects of virtual reality on upper extremity function and activities of daily living performance in acute stroke: A double-blind randomized clinical trial. *NeuroRehabilitation.* 2012;31:379–85.
34. Crosbie JH, Lennon S, McGoldrick MC, McNeill MDJ, McDonough SM. Virtual reality in the rehabilitation of the arm after hemiplegic stroke: A randomized controlled pilot study. *Clin Rehabil.* 2012;26:798–806.
35. Cameirão MS, Badia SB, Duarte E, Frisoli A, Verschure PFMJ. The combined impact of virtual reality neurorehabilitation and its interfaces on upper extremity functional recovery in patients with chronic stroke. *Stroke.* 2012;43:2720–8.
36. Cho KH, Lee KJ, Song CH. Virtual-reality balance training with a video-game system improves dynamic balance in chronic stroke patients. *Tohoku J Exp Med.* 2012;228:69–74.
37. Cho KH, Lee WH. Virtual walking training program using a real-world video recording for patients with chronic stroke: A pilot study. *Am J Phys Med Rehabil.* 2013;92:371–80 [quiz 380-82, 458].
38. HyeonHui S, GyuChang L. Additional Virtual Reality Training using Xbox Kinect in stroke survivors with hemiplegia. *Am J Phys Med Rehabil.* 2013;92:871–80.
39. Singh DKA, Mohd Nordin NA, Aziz NAA, Lim BK, Soh LC. Effects of substituting a portion of standard physiotherapy time with virtual reality games among community-dwelling stroke survivors. *BMC Neurol.* 2013;13:199.
40. Subramanian SK, Lourenço CB, Chilingaryan G, Sveistrup H, Levin MF. Arm motor recovery using a virtual reality intervention in chronic stroke: Randomized control trial. *Neurorehabil Neural Repair.* 2013;27:13–23.
41. Turolla A, Dam M, Ventura L, Tonin P, Agostini M, Zucconi C, et al. Virtual reality for the rehabilitation of the upper limb motor function after stroke: A prospective controlled trial. *J Neuroeng Rehabil.* 2013;10:85.
42. Lee SJ, Chun MH. Combination transcranial direct current stimulation and virtual reality therapy for upper extremity training in patients with subacute stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2014;95:431–8.
43. Orihuela-Espina F, Fernández del Castillo I, Palafox L, Pasaye E, Sánchez-Villavicencio I, Leder R, et al. Neural reorganization accompanying upper limb motor rehabilitation from stroke with virtual reality-based gesture therapy. *Top Stroke Rehabil.* 2013;20:197–9.
44. Wade E, Winstein CJ. Virtual reality and robotics for stroke rehabilitation: Where do we go from here? *Top Stroke Rehabil.* 2011;18:685–700.