

Realidad virtual como herramienta de prevención, diagnóstico y tratamiento del deterioro cognitivo en personas mayores: revisión sistemática

Nuria Cibeira, Laura Lorenzo-López, Ana Maseda, Rocío López-López, Patricia Moreno-Peral, José C. Millán-Calenti

Introducción. En las últimas décadas, se ha incrementado exponencialmente la investigación sobre los efectos de la realidad virtual en diferentes trastornos neurológicos. Sin embargo, la bibliografía centrada en los beneficios de la realidad virtual sobre el deterioro cognitivo en personas mayores es limitada.

Objetivo. Explorar la aplicación de la realidad virtual como herramienta preventiva, diagnóstica o de tratamiento del deterioro cognitivo en personas mayores.

Pacientes y métodos. Se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica en las bases de datos Medline y Web of Science, incluyendo toda la bibliografía publicada desde sus inicios hasta diciembre de 2019.

Resultados. De las 270 publicaciones encontradas, 15 cumplieron los criterios de inclusión: dos examinaron el efecto de la realidad virtual como herramienta de prevención del deterioro cognitivo; seis, su aplicabilidad diagnóstica; y siete, su efectividad como tratamiento.

Conclusiones. Existe evidencia del potencial efecto de la realidad virtual como estrategia preventiva frente al desarrollo de deterioro cognitivo en personas mayores. Existe también evidencia de su aplicabilidad como herramienta diagnóstica de detección de desarrollo de deterioro cognitivo leve o demencia, y de su efectividad como tratamiento, ya que mejora el funcionamiento cognitivo de personas mayores con deterioro cognitivo. Son necesarios futuros estudios metodológicamente más robustos y con amplios tiempos de seguimiento para examinar el impacto real de la realidad virtual y poder generalizar su aplicación en los diferentes ámbitos de manejo del deterioro cognitivo.

Palabras clave. Deterioro cognitivo. Diagnóstico. Personas mayores. Prevención. Realidad virtual. Revisión sistemática. Tratamiento.

Introducción

Tal y como se recoge en el Informe Mundial del Alzheimer de 2018 [1], el número de personas afectadas por demencia en el mundo es de 50 millones y esta cifra continuará aumentando en las próximas décadas como consecuencia del progresivo envejecimiento poblacional y el incremento de la esperanza de vida [2]; representa uno de los problemas de salud pública más importantes a los que se enfrenta la sociedad actual, con importantes repercusiones personales, familiares, sociales y económicas [3]. La prevención, el diagnóstico correcto y temprano, y el tratamiento, tanto farmacológico como no farmacológico, son elementos clave para el abordaje integral de la demencia.

Entre los cambios cognitivos asociados al envejecimiento normativo y los que definen las características clínicas tempranas de la demencia, se sitúa una fase clínica intermedia o precursora conocida como deterioro cognitivo leve (DCL) [4-6]. El DCL

se correspondería con el denominado trastorno neurocognitivo menor del *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales, quinta edición* (DSM-5) [7], caracterizado por un declive en uno o más dominios cognitivos, pero sin llegar a interferir con la capacidad de desarrollo de las actividades de la vida diaria de la persona. La investigación sobre los factores o intervenciones que pueden prevenir o retrasar el declive cognitivo y el desarrollo de herramientas encaminadas al diagnóstico precoz, así como de intervenciones tanto en personas mayores sanas como en personas con DCL o demencia, son elementos clave para mantener la calidad de vida y prevenir o retrasar la dependencia.

En relación con estos factores, la realidad virtual se ha estudiado como una herramienta terapéutica para mejorar o prevenir los síntomas asociados a los trastornos neurológicos, y existe evidencia de que produce mejoras cognitivas y motoras en diferentes fases de distintas enfermedades neurológicas, incluso en sus etapas más avanzadas [8].

Universidade da Coruña; Grupo de Investigación en Gerontología y Geriatría; Instituto de Investigación Biomédica de A Coruña, INIBIC; Complejo Hospitalario Universitario de A Coruña; SERGAS; A Coruña (N. Cibeira, L. Lorenzo-López, A. Maseda, R. López-López, J.C. Millán-Calenti). Departamento de Personalidad, Evaluación y Tratamiento Psicológico; Universidad de Málaga; Instituto de Investigación Biomédica de Málaga, IBIMA; Málaga, España (P. Moreno-Peral).

Correspondencia:

Dr. José Carlos Millán Calenti. Grupo de Investigación en Gerontología y Geriatría. Departamento de Ciencias Biomédicas, Medicina y Fisioterapia. Facultad de Ciencia de la Salud. Universidade da Coruña. Campus de Oza. E-15071 A Coruña.

E-mail:

jcmillan@udc.es

Financiación:

Este trabajo ha recibido financiación de la Xunta de Galicia (ED431C 2017/49, ED431F 2017/09). L.L.L. ha sido financiada con Ayudas para Contratos Ramón y Cajal (RYC-2015-18394) del Ministerio de Economía y Competitividad, cofinanciado por el Fondo Social Europeo.

Aceptado tras revisión externa:

09.07.20.

Cómo citar este artículo:

Cibeira N, Lorenzo-López L, Maseda A, López-López R, Moreno-Peral P, Millán-Calenti JC. Realidad virtual como herramienta de prevención, diagnóstico y tratamiento del deterioro cognitivo en personas mayores: revisión sistemática. Rev Neurol 2020; 71: 205-12. doi: 10.33588/rn.7106.2020258.

© 2020 Revista de Neurología

La realidad virtual se puede definir como una aproximación a la interfaz usuario-ordenador que implica la simulación en tiempo real de un entorno, escenario o actividad que permite la interacción del usuario a través de múltiples canales sensoriales [9]. La realidad virtual puede variar entre una modalidad no inmersiva hasta una modalidad totalmente inmersiva, dependiendo del grado en el que el usuario esté aislado del entorno físico cuando interactúa con el entorno virtual [8]. La realidad virtual ha estado disponible comercialmente desde finales de los años ochenta; sin embargo, su mayor crecimiento se ha producido desde finales de los años noventa del siglo pasado, promovido en parte por el gran avance de las nuevas tecnologías [10], y su aplicación se ha expandido rápidamente a una gran variedad de disciplinas [9]. Actualmente, sus ámbitos de aplicación son muy numerosos, y entre ellos se incluye el sanitario.

En las últimas décadas, se ha incrementado exponencialmente la investigación sobre los efectos de la realidad virtual en diferentes trastornos neurológicos. Existen numerosas y recientes publicaciones que evalúan la influencia de la realidad virtual sobre aspectos físicos (destacan la marcha y el equilibrio) en personas mayores con diferentes patologías neurológicas (véanse revisiones) [11-13]; sin embargo, la bibliografía centrada en los beneficios de la realidad virtual sobre el deterioro cognitivo en personas mayores es más escasa. Aunque existen algunos estudios que han encontrado beneficios de la aplicación de la realidad virtual sobre la cognición en personas con deterioro cognitivo e incluso demencia [14,15], desde nuestro conocimiento no existen revisiones sistemáticas sobre el uso de la realidad virtual para la prevención, el diagnóstico y el tratamiento del deterioro cognitivo en personas mayores.

Teniendo en cuenta lo expuesto, se planteó como objetivo realizar una revisión sistemática para explorar los posibles beneficios de la aplicación de la realidad virtual en la prevención, el diagnóstico y el tratamiento del deterioro cognitivo.

Pacientes y métodos

Se llevó a cabo una revisión sistemática siguiendo las directrices de la guía PRISMA para revisiones sistemáticas y metaanálisis [16].

Procedimiento de búsqueda

La búsqueda se realizó en las bases de datos Medline y la colección principal de Web of Science, inclu-

yendo toda la bibliografía publicada desde sus inicios hasta la actualidad (diciembre de 2019), tanto en español como en inglés. La búsqueda se realizó utilizando una combinación de los términos en inglés 'virtual reality', 'elder*', 'old* adults' u 'old* people', 'cognitive impair*' o 'dement*'. Todos los registros obtenidos como resultado de dicha búsqueda se fusionaron en un solo documento, con el objetivo de eliminar los duplicados después de comprobarlos manualmente. Una vez eliminados los duplicados, se procedió a la evaluación de la idoneidad de inclusión de cada uno de los restantes artículos.

Criterios de selección

Como hemos mencionado, todos los registros identificados se unificaron en un solo documento para proceder a su revisión manual y poder eliminar los duplicados. A continuación, se analizaron por título y resumen, y se excluyeron todos aquellos con idioma o tipo de documentos diferentes a los establecidos en el objeto de estudio de la presente revisión, manteniendo los restantes como potencialmente relevantes, que se analizaron a texto completo en términos de su elegibilidad.

La selección de los artículos para esta revisión bibliográfica se estableció teniendo en cuenta los siguientes criterios de inclusión:

- *Participantes*: estudios llevados a cabo en poblaciones con una media de edad de 60 años o más.
- *Variable independiente/intervención*: intervenciones llevadas a cabo con realidad virtual.
- *Ámbito de estudio*: estudios dirigidos a examinar la utilización de la realidad virtual en los distintos ámbitos de aplicación del deterioro cognitivo (prevención, diagnóstico y tratamiento).
- *Resultados medidos*: estudios cuya variable resultado sea el deterioro cognitivo/funcionamiento cognitivo.
- *Idioma*: artículos a texto completo escritos en inglés o castellano.

Como criterio de exclusión se estableció el tipo de publicación, incluyendo únicamente estudios originales. No se tuvieron en cuenta revisiones, cartas al editor, resúmenes de congresos que no abordaran estudios originales, material editorial, capítulos de libro o correcciones.

En la figura se muestra el diagrama de flujo correspondiente al proceso de selección.

Codificación de variables

La información de cada artículo incluido en la pre-

sente revisión se sintetizó según las siguientes características: autor y año de publicación, diseño del estudio, ámbito de aplicación (prevención, diagnóstico, tratamiento), características de la muestra, modalidad de intervención y principales hallazgos.

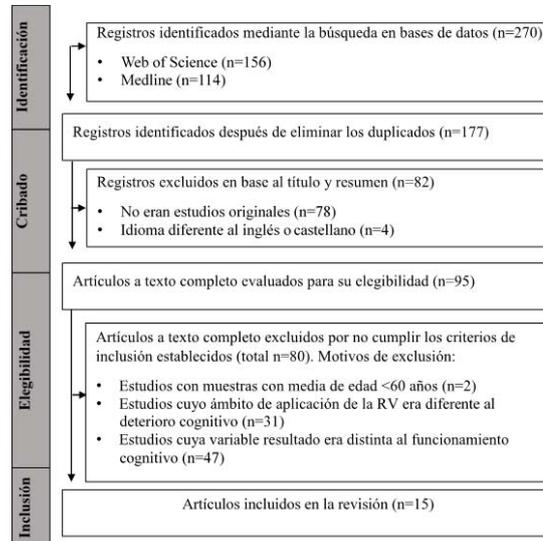
Resultados

Tras el proceso de búsqueda en las bases de datos se obtuvieron un total de 270 registros, de los cuales 156 (57,8%) correspondieron a la colección principal de Web of Science y 114 (42,2%) a Medline. Tras eliminar los 93 duplicados de los registros inicialmente identificados, se procedió a analizar por título y resumen los 177 registros restantes, y 95 estudios permanecieron como potencialmente relevantes. De estos estudios, 80 se excluyeron considerando los criterios de inclusión previamente establecidos. Finalmente, el proceso de revisión dio lugar a la inclusión de un total de 15 artículos (Figura).

En la tabla se recogen las principales características y resultados de las 15 publicaciones analizadas en esta revisión agrupadas en tres subapartados (realidad virtual como herramienta de prevención, realidad virtual como instrumento diagnóstico y realidad virtual como tratamiento del deterioro cognitivo en personas mayores) de acuerdo con los objetivos establecidos. De los 15 artículos analizados, dos examinaban el efecto de la realidad virtual como prevención del deterioro cognitivo; seis, su aplicabilidad para el diagnóstico del deterioro cognitivo; y siete, su efectividad como tratamiento del deterioro cognitivo. Como puede observarse, dos artículos [17,18] están basados en el mismo estudio, pero describen resultados diferentes, por lo que ambos fueron incluidos para su análisis en la presente revisión. Todos los artículos incluidos están publicados entre los años 2010 y 2019 (hay que señalar que el artículo de Liao et al [18] tiene su edición impresa en febrero de 2020, pero cumplió los criterios de inclusión porque en el momento de la búsqueda se accedió a su versión electrónica, publicada en octubre de 2019).

En la presente revisión, el tamaño muestral medio fue de $58,7 \pm 50,4$ individuos, con un mínimo de 10 participantes [19] y un máximo de 205 [20]. Teniendo en cuenta los artículos incluidos, el tamaño muestral total fue de 880 individuos (68,4% mujeres), y fue mayor el número de mujeres que de hombres en todos ellos. La media de edad de los participantes fue de $73,4 \pm 4,4$ años, que varió en un rango de $63,7 \pm 2,2$ [21] hasta $80,3 \pm 7,9$ años [22].

Figura. Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios.



Realidad virtual como herramienta de prevención del deterioro cognitivo en personas mayores

Solo se encontraron dos estudios [23,24] que examinaban, con un diseño de medidas pretest-postest, el efecto preventivo de la realidad virtual en el deterioro cognitivo de personas mayores. En ambos se observaron mejorías en el funcionamiento cognitivo tras el entrenamiento con realidad virtual.

En uno de ellos [23] se analizó el efecto de la estimulación cognitiva con realidad virtual basada en actividades instrumentales de la vida diaria, diseñadas para entrenar múltiples funciones cognitivas en un grupo de personas mayores sanas, sin deterioro cognitivo ni diagnóstico de trastorno neurológico o psiquiátrico. Tras un entrenamiento de 12 sesiones, los participantes mostraron una mejora significativa en la atención, la memoria visual y la flexibilidad cognitiva. En el otro estudio [24] se utilizó un programa de entrenamiento cognitivo basado en realidad virtual utilizando el juego GRADYS [25], consistente en cuatro módulos (atención, memoria, lenguaje y procesamiento visoespacial) de tareas inspiradas en la vida diaria, para analizar sus efectos en un grupo de personas mayores sin deterioro cognitivo y en otro con demencia leve. Ambos grupos mostraron progreso en el entrenamiento, aunque los cambios positivos se produjeron casi exclusivamente en el grupo sin demencia. Basándose en sus resultados, Zajac-Lamparska et al [24] reco-

Tabla. Características principales de los artículos incluidos.

	Diseño	Ámbito	Participantes	Intervención	Principales hallazgos
Gamito et al [23]	Diseño de medidas pretest-postest	Prevención	n = 25 (21 mujeres) Edad: 74 ± 5,3 años Sin deterioro cognitivo	RV: entrenamiento cognitivo basado en AVD	El programa de RV dio lugar a mejoras significativas en el funcionamiento cognitivo en diferentes dominios: atención, memoria visual y flexibilidad cognitiva
Zajac-Lamparska et al [24]	Diseño de medidas pretest-postest	Prevención	n = 99 (76 mujeres) Edad: 69,9 ± 6,6 años Dos grupos: demencia leve y sin deterioro	RV: entrenamiento cognitivo (juego GRADYS)	Mejoras significativas en el funcionamiento cognitivo en el grupo sin demencia. El juego GRADYS se muestra como una herramienta útil para la prevención del deterioro cognitivo en el envejecimiento normal
Howett et al [26]	Estudio transversal	Diagnóstico	n = 86 (59 mujeres) Edad: 70,5 ± 7,9 años	RV: tarea de navegación	Los resultados mostraron que esta tarea de navegación basada en la tecnología de realidad virtual puede diferenciar entre bajo y alto riesgo de desarrollar demencia en los pacientes con DCL
Mohammadi et al [28]	Estudio transversal	Diagnóstico	n = 110 (65 mujeres) Edad: 70,9 ± 1,8 años	RV: tarea de navegación	Se concluyó que esta tarea de navegación con RV puede distinguir sujetos con DCLm de personas mayores sin deterioro, pero no sujetos con DCL
Plancher et al [29]	Estudio transversal	Diagnóstico	n = 51 (38 mujeres) Edad: 77,2 ± 5,7 años	RV: coche virtual	Los grupos con DCLa y EA mostraron peor ejecución que el grupo sin deterioro. Las diferencias en las puntuaciones de memoria espacial aloccéntrica fueron especialmente útiles para discriminar a los pacientes con DCLa de los que no presentaban deterioro cognitivo
Tarnanas et al [20]	Estudio transversal	Diagnóstico	n = 205 (117 mujeres) Edad: 72,7 ± 6,9 años	RV: evacuación por incendio (VR-DOT)	La tarea VR-DOT se mostró como una herramienta efectiva para discriminar DCLa y EA leve de la ausencia de deterioro
Zygouris et al [27]	Estudio transversal	Diagnóstico	n = 55 (45 mujeres) Edad: 68,9 ± 1,2 años	RV: supermercado virtual	La tarea de supermercado virtual resultó un método válido para la detección del DCL en una población mayor, pero no para evaluar subtipos de DCL
Zygouris et al [21]	Estudio transversal	Diagnóstico	n = 12 (9 mujeres) Edad: 63,7 ± 2,2 años	RV: supermercado virtual remoto	Se mostró evidencia preliminar de la factibilidad de la aplicación de RV para la detección remota de DCL
Hsieh et al [30]	Ensayo clínico cuasi experimental	Tratamiento	n = 60 (43 mujeres) Edad: 78,2 ± 7,5 años DCL	RV: taichí	El programa de ejercicio RV: taichí produjo mejoras cognitivas (pensamiento abstracto y razonamiento) tras el entrenamiento
Hwang y Lee [31]	Ensayo clínico controlado aleatorizado	Tratamiento	n = 24 (17 mujeres) Edad: 72,2 ± 5,7 años DCL	Programa de RV	El funcionamiento cognitivo del grupo experimental tras el entrenamiento mejoró en comparación con el grupo control, mostrando diferencias significativas
Liao et al [17] ^a	Ensayo clínico controlado aleatorizado	Tratamiento	n = 34 (23 mujeres) Edad: 74,3 ± 6 años DCL	Programa de RV combinado físico y cognitivo	El grupo de RV y el de control mejoraron significativamente en funciones ejecutivas. El grupo de RV mostró mejoras mayores en atención dividida y rendimiento de la marcha en tareas duales cognitivas
Liao et al [18] ^a	Ensayo clínico controlado aleatorizado	Tratamiento	n = 34 (23 mujeres) Edad: 74,3 ± 6 años DCL	Programa de RV combinado físico y cognitivo	El grupo de RV y el de control mejoraron en funciones ejecutivas y memoria verbal inmediata. Sin embargo, solo el grupo de RV mejoró significativamente en cognición global (MoCA), memoria verbal demorada y AIVD
Man et al [22]	Diseño de medidas pretest-postest	Tratamiento	n = 44 (39 mujeres) Edad: 80,3 ± 1,3 años Demencia cuestionable	RV: entrenamiento de memoria	Efectos positivos del entrenamiento de memoria en ambos grupos. El grupo de RV obtuvo mayores ganancias en el rendimiento objetivo de la memoria (recuerdo inmediato y demorado) y el grupo sin RV mostró mejores resultados en subpruebas de memoria subjetiva
Mrakic-Spota et al [19]	Ensayo clínico controlado aleatorizado	Tratamiento	n = 10 (6 mujeres) Edad: 73,3 ± 5,7 años DCL	Programa de RV combinado físico y cognitivo	El grupo de RV mostró una mayor mejoría que el grupo control en las pruebas de funciones ejecutivas, memoria, fluidez verbal, atención visuoespacial y pruebas visuoconstructivas. Estas diferencias no fueron significativas
Optale et al [32]	Ensayo clínico controlado aleatorizado	Tratamiento	n = 31 (21 mujeres) Edad = 80,1 ± 7,9 años Deterioro de la memoria	Programa combinado de RV + musicoterapia	El grupo de RV + musicoterapia mostró mejoras significativas en las pruebas de memoria, especialmente en el recuerdo a largo plazo, además de mejoras en otros aspectos de la cognición. Contrariamente, el grupo de musicoterapia mostró un deterioro cognitivo progresivo

AIVD: actividades instrumentales de la vida diaria; AVD: actividades de la vida diaria; DCL: deterioro cognitivo leve; DCLa: deterioro cognitivo leve amnésico; DCLm: deterioro cognitivo leve multidominio; EA: enfermedad de Alzheimer; MoCA: evaluación cognitiva de Montreal; RV: realidad virtual. ^a Artículos pertenecientes al mismo estudio.

mendaron el juego GRADYS como una posible contramedida para el deterioro cognitivo experimentado en el envejecimiento cognitivo normal.

Realidad virtual como instrumento diagnóstico del deterioro cognitivo en personas mayores

De los seis estudios que analizaban el uso de la realidad virtual para el diagnóstico del deterioro cognitivo en personas mayores, todos ellos eran estudios transversales correlacionales: tres [21,26,27] compararon un grupo con DCL con un grupo sin deterioro cognitivo, y los otros tres [20,28,29], además de un grupo sin deterioro y un grupo con DCL, también incluyeron un grupo con enfermedad de Alzheimer. En todos ellos se mostró evidencia de la utilidad de la realidad virtual como herramienta diagnóstica o diferenciadora de DCL.

En dos de los estudios [26,28] se utilizó una tarea de navegación mediante realidad virtual para comparar la ejecución entre grupos. En uno de ellos [26], tras la realización de 27 sesiones, se concluyó que la tarea de navegación mediante realidad virtual puede diferenciar entre pacientes con DCL con bajo o con alto riesgo de desarrollar demencia. El otro estudio [28] comparó cuatro grupos con enfermedad de Alzheimer leve, DCL amnésico puro, DCL multidominio y participantes sin deterioro, y concluyó que la tarea de navegación utilizada permitió distinguir a los sujetos con DCL multidominio de los participantes sin deterioro, pero no a los que tienen DCL amnésico puro.

En otros dos estudios [20,29] se observó que las tareas basadas en realidad virtual permitieron discriminar a pacientes con DCL amnésico puro de población sin deterioro. Plancher et al [29] mostraron evidencias que permitieron diferenciar a pacientes con DCL amnésico puro de aquellos sin deterioro mediante la valoración en una sesión de realidad virtual basada en la interacción con un coche virtual, y se obtuvieron diferencias en las puntuaciones de memoria espacial aloctrica. En Tarnanas et al [20], la tarea utilizada de realidad virtual simuladora de una evacuación por incendio se mostró efectiva para discriminar a pacientes con DCL amnésico puro o con enfermedad de Alzheimer leve de los participantes sin deterioro.

Por último, en los otros dos estudios de Zygouris et al [21,27], se utilizó un entrenamiento cognitivo basado en la misma tarea de realidad virtual (supermercado virtual), y en uno de ellos se usó de manera remota [21]. En ambos casos, la tarea de realidad virtual se mostró como un método válido para la detección de DCL en población mayor.

Realidad virtual como tratamiento del deterioro cognitivo en personas mayores

Los siete estudios incluidos en la presente revisión sobre el uso de la realidad virtual para el tratamiento del deterioro cognitivo [17-19,22,30-32] mostraron resultados positivos sobre el funcionamiento cognitivo de los participantes tras la intervención. Un aspecto a destacar es la gran variabilidad en las características de los programas de intervención utilizados en cada estudio en cuanto a la duración de la sesión, la duración total y el tipo de tarea de realidad virtual. La duración de cada sesión varió entre un mínimo de 30 [22,31,32] y un máximo de 60 minutos [17,18,30], y fue de 40-45 minutos en el estudio de Mrakic-Sposta et al [19]. En cuanto a la duración total de la intervención, también se observaron diferencias: el estudio [32] que presentaba la duración más amplia era de un total de 60 sesiones divididas en dos fases de intervención, la primera con 36 sesiones, y la segunda con 24. Le sigue el estudio de Hsieh et al [30] con 48 sesiones; el de Liao et al, notificado en dos publicaciones [17,18], con 36 sesiones; el de Hwang y Lee [31] con 20 sesiones; el de Mrakic-Sposta et al [19] con 18, y finalmente la duración menor fue de 10 sesiones [22].

El tipo de tareas de realidad virtual usadas como tratamiento también varió entre los estudios incluidos. En tres de los estudios [17-19], ensayos clínicos controlados aleatorizados, se utilizó un programa de realidad virtual que combinaba tareas físicas y cognitivas, y todos ellos presentaron mejoras en las funciones ejecutivas y de memoria. En otro estudio [30], con un diseño de ensayo clínico cuasi experimental, se utilizó como intervención un programa de ejercicio físico de realidad virtual basado en el taichí, que dio lugar a mejoras en el pensamiento abstracto y el razonamiento tras seis meses de entrenamiento. Otro estudio [31] analizó las diferencias entre un programa de entrenamiento de memoria mediante realidad virtual frente a un programa de entrenamiento de memoria dirigido por un terapeuta, siguiendo un diseño de medidas pretest-postest, y consiguió una consecución de efectos positivos en ambas modalidades. No obstante, fueron mayores las ganancias en memoria inmediata y demorada en el grupo de realidad virtual, mientras que en el grupo dirigido por un terapeuta se obtuvieron mejores resultados en las pruebas de memoria subjetiva. Otros autores [32], siguiendo un diseño controlado aleatorizado simple ciego, utilizaron un programa de realidad virtual combinado con musicoterapia, comparando su efectividad frente a un programa único de musicoterapia, y obtuvieron co-

mo resultado una mejora significativa en el grupo de realidad virtual, especialmente en la memoria a largo plazo. Finalmente, en el estudio de Hwang y Lee [31], un ensayo clínico controlado aleatorizado, se mostraron diferencias significativas entre el grupo experimental, sometido a un programa de intervención con realidad virtual, y el grupo de control. En la publicación de este estudio no se especificaron las características del programa de realidad virtual.

Discusión

El objetivo de esta revisión sistemática fue explorar la bibliografía publicada hasta la actualidad sobre los efectos de la aplicación de la realidad virtual en diferentes ámbitos del deterioro cognitivo en personas mayores, y se obtuvieron resultados positivos de la aplicación de la realidad virtual en cuanto a prevención, diagnóstico y tratamiento del deterioro cognitivo en personas mayores. Desde nuestro conocimiento, es la primera revisión sistemática que abarca todos los posibles ámbitos de aplicación de la realidad virtual sobre el deterioro cognitivo.

De manera general, incluyendo los tres ámbitos de aplicación abordados en esta revisión, los sistemas de realidad virtual permiten a los usuarios interactuar en diversos entornos y obtener retroalimentación en tiempo real sobre su rendimiento sin estar expuestos a riesgos [33]. El uso de la realidad virtual presenta un gran número de ventajas, entre las que destaca la posibilidad de que los pacientes pueden realizar tareas de realidad virtual de manera remota [34], proveer un aprendizaje activo durante una actividad motivante, la capacidad de controlar el grado de dificultad de la tarea aumentando gradualmente su nivel, así como la posibilidad de adaptarla a objetivos específicos individuales [35]. Además, existen numerosos estudios que describen la factibilidad de aplicación y buena aceptación de la realidad virtual por parte de las personas mayores tanto con deterioro cognitivo [36-38] como sin deterioro [39-41].

Con respecto al efecto de la realidad virtual como herramienta de prevención del deterioro cognitivo, la bibliografía es escasa. Los dos estudios identificados [23,24] en la presente revisión mostraron efectos positivos de la realidad virtual como estrategia preventiva, aunque sin realizar un seguimiento a largo plazo. Estos hallazgos concuerdan con los recogidos en otros estudios con población mayor sin deterioro [42,43] que mostraban beneficios del uso de la realidad virtual sobre su funcionamiento cognitivo, pero sin analizar los resultados a largo

plazo, por lo que no se puede establecer el efecto preventivo de la realidad virtual. Son necesarias más investigaciones de carácter longitudinal centradas en el análisis de los potenciales beneficios de la realidad virtual como contramedida frente al posible desarrollo posterior de deterioro cognitivo en personas mayores.

En esta última década, se ha observado un creciente interés en la investigación sobre las nuevas tecnologías para el desarrollo de paradigmas capaces de detectar cambios en las capacidades cognitivas [29] con el objetivo de conseguir un diagnóstico más adecuado y precoz de pacientes con DCL o enfermedad de Alzheimer. Nuestros resultados, en concordancia con los recogidos en otra revisión actual [44], muestran que la investigación sobre la aplicación de la realidad virtual como herramienta diagnóstica está en auge y proporciona evidencias significativas para la detección de signos de DCL o enfermedad de Alzheimer tempranos en población mayor sin deterioro cognitivo, así como para discriminar entre sus diferentes etapas [34]. Es necesario continuar con la investigación en esta línea con el fin de aumentar la evidencia en este ámbito, diseñar instrumentos diagnósticos de realidad virtual estandarizados e introducirlos en la práctica clínica habitual para contribuir al diagnóstico precoz.

En los últimos años, la realidad virtual ha ido ganando reconocimiento como una herramienta útil para el tratamiento o rehabilitación del deterioro cognitivo [33], incluso algunos autores estudian los efectos de sistemas de realidad virtual integrada junto con intervenciones tradicionales, como la terapia de reminiscencia, que muestran resultados beneficiosos [45]. Los principales hallazgos de nuestra revisión son positivos en cuanto al uso de la realidad virtual como herramienta efectiva para mejorar la función cognitiva en sujetos con presencia de deterioro cognitivo. Estos resultados concuerdan con los recogidos en otras revisiones [44,46,47] sobre el efecto de la realidad virtual en el deterioro cognitivo, donde se observaron mejorías en la cognición en personas mayores con deterioro cognitivo o incluso demencia [48].

Aunque los resultados obtenidos son interesantes de cara a la aplicación de la realidad virtual en el campo del deterioro cognitivo, es necesario tener en cuenta ciertas limitaciones observadas en la presente revisión. En primer lugar, hay que señalar que el número de personas que participaron en algunos de los estudios fue muy reducido. Otra de las limitaciones fue la escasa identificación de estudios, sobre todo en el ámbito de la prevención. Por último, es importante señalar la heterogeneidad entre estudios

en cuanto a los protocolos de intervención empleados, lo que dificulta el establecimiento de conclusiones específicas respecto a la estandarización de protocolos de aplicación clínica. Por otro lado, serían elementos que habría que valorar como fortalezas la ausencia de un límite temporal en la búsqueda, que abarcó toda la bibliografía existente, la utilización de diferentes bases de datos complementarias y el amplio enfoque utilizado al abordar tanto la prevención como el diagnóstico y el tratamiento.

En conclusión, los resultados obtenidos en esta revisión sistemática proporcionan evidencia de la aplicabilidad de la realidad virtual como herramienta diagnóstica, así como de su efectividad como propuesta de intervención mejorando el funcionamiento cognitivo en personas mayores con presencia de deterioro cognitivo. También se muestran resultados prometedores en cuanto al efecto protector de la realidad virtual como estrategia preventiva frente al posible desarrollo de deterioro cognitivo. Son necesarios futuros estudios metodológicamente más robustos y con amplios tiempos de seguimiento a fin de examinar el impacto real de la realidad virtual y poder generalizar su aplicación en los diferentes ámbitos de manejo del deterioro cognitivo, contribuyendo así a mejorar la salud y la calidad de vida de las personas mayores y su entorno.

Bibliografía

- Alzheimer's Disease International. World Alzheimer Report 2018. The state of the art of dementia research: new frontiers. London: Alzheimer's Disease International; 2018.
- Garre-Olmo J. Epidemiología de la enfermedad de Alzheimer y otras demencias. *Rev Neurol* 2018; 66: 377-6.
- Castellanos F, Cid M, Duque P, Zurdo M. Abordaje integral de la demencia. *Inf Ter Sist Nac Salud* 2011; 35: 39-45.
- Petersen RC. Conceptual issues. In Petersen RC, ed. *Mild cognitive impairment: aging to Alzheimer's disease*. New York: Oxford University Press; 2003. p. 1-14.
- Petersen RC, Caracciolo B, Brayne C, Gauthier S, Jelic V, Fratiglioni L. Mild cognitive impairment: a concept in evolution. *J Intern Med* 2014; 275: 214-28.
- Winblad B, Palmer K, Kivipelto M, Jelic V, Fratiglioni L, Wahlund LO, et al. Mild cognitive impairment –beyond controversies, towards a consensus: report of the International Working Group on Mild Cognitive Impairment. *J Intern Med* 2004; 256: 240-6.
- American Psychiatric Association. *Diagnostic and statistical manual of mental disorders, fifth edition (DSM-5)*. Arlington, VA: APA; 2013.
- Bevilacqua R, Maranesi E, Riccardi GR, Di Donna V, Pelliccioni P, Luzi R, et al. Non-immersive virtual reality for rehabilitation of the older people: a systematic review into efficacy and effectiveness. *J Clin Med* 2019; 8: 1-14.
- Adamovich SV, Fluet GG, Tunik E, Merians AS. Sensorimotor training in virtual reality: a review. *NeuroRehabilitation* 2009; 25: 29-44.
- Burdea GC. Virtual rehabilitation –benefits and challenges. *Methods Inf Med* 2003; 42: 519-23.
- Casuso-Holgado M, Martín-Valero R, Carazo A, Medrano-Sánchez E, Cortés-Vega M, Montero-Bancaleiro F. Effectiveness of virtual reality training for balance and gait rehabilitation in people with multiple sclerosis: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil* 2018; 32: 1220-34.
- Mohammadi R, Semnani AV, Mirmohammadkhani M, Grampurohit N. Effects of virtual reality compared to conventional therapy on balance poststroke: a systematic review and meta-analysis. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2019; 28: 1787-98.
- Wang B, Shen M, Wang YX, He ZW, Chi SQ, Yang ZH. Effect of virtual reality on balance and gait ability in patients with Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil* 2019; 33: 1130-8.
- Moyle W, Jones C, Dwan T, Petrovich T. Effectiveness of a virtual reality forest on people with dementia: a mixed methods pilot study. *Gerontologist* 2018; 58: 478-87.
- Sayma M, Tuijt R, Cooper C, Walters K. Are we there yet? Immersive virtual reality to improve cognitive function in dementia and Mild Cognitive Impairment. *Gerontologist* 2019; Oct 10. [Online ahead of print].
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG; PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med* 2009; 6: e1000097.
- Liao YY, Chen IH, Lin YJ, Chen Y, Hsu WC. Effects of virtual reality-based physical and cognitive training on executive function and dual-task gait performance in older adults with mild cognitive impairment: a randomized control trial. *Front Aging Neurosci* 2019; 11: 162.
- Liao YY, Tseng HY, Lin YJ, Wang CJ, Hsu, WC. Using virtual reality-based training to improve cognitive function, instrumental activities of daily living and neural efficiency in older adults with mild cognitive impairment: a randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med* 2020; 56: 47-57.
- Mrakic-Spota S, Di Santo SG, Franchini F, Arlati S, Zangiacomi A, Greci L, et al. Effects of combined physical and cognitive virtual reality-based training on cognitive impairment and oxidative stress in MCI patients: a pilot study. *Front Aging Neurosci* 2018; 10: 282.
- Tarnanas I, Schlee W, Tsolaki M, Müri R, Mosimann U, Nef T. Ecological validity of virtual reality daily living activities screening for early dementia: longitudinal study. *JMIR Serious Games* 2013; 1: e1.
- Zygouris S, Ntovas K, Giakoumis D, Votis K, Doumpoulakis S, Segkouli S, et al. A preliminary study on the feasibility of using a virtual reality cognitive training application for remote detection of mild cognitive impairment. *J Alzheimers Dis* 2017; 56: 619-27.
- Man DW, Chung JC, Lee GY. Evaluation of a virtual reality-based memory training programme for Hong Kong Chinese older adults with questionable dementia: a pilot study. *Int J Geriatr Psychiatry* 2012; 27: 513-20.
- Gamito P, Oliveira J, Morais D, Coelho C, Santos N, Alves C, et al. Cognitive stimulation of elderly individuals with instrumental virtual reality-based activities of daily life: pre-post treatment study. *Cyberpsychol Behav Soc Netw* 2019; 22: 69-75.
- Zajac-Lamparska L, Wilkosc-Debczynska M, Wojciechowski A, Podhorecka M, Polak-Szabela A, Warchol L, et al. Effects of virtual reality-based cognitive training in older adults living without and with mild dementia: a pretest-posttest design pilot study. *BMC Res Notes* 2019; 12: 776.
- Zajac-Lamparska L, Wilkosc-Debczynska M, Kedziara-Kornatowska K, Wojciechowski A, Warchol L, Izdebski P. Virtual reality in cognitive interventions for older adults and its application in the GRADYS training software. *Gerontol Polska* 2017; 25: 248-53.
- Howett D, Castegnar A, Krzywicka K, Hagman J, Marchment D, Henson R, et al. Differentiation of mild cognitive impairment using an entorhinal cortex-based test of virtual reality navigation. *Brain* 2019; 142: 1751-66.
- Zygouris S, Giakoumis D, Votis K, Doumpoulakis S, Ntovas K, Segkouli S, et al. Can a virtual reality cognitive training application fulfill a dual role? Using the virtual supermarket cognitive training application as a screening tool for mild cognitive impairment. *J Alzheimers Dis* 2015; 44: 1333-47.
- Mohammadi A, Kargar M, Hesami E. Using virtual reality to

- distinguish subjects with multiple –but not single– domain amnesic mild cognitive impairment from normal elderly subjects. *Psychogeriatrics* 2018; 18: 132-42.
29. Plancher G, Tirard A, Gyselinck V, Nicolas S, Piolino P. Using virtual reality to characterize episodic memory profiles in amnesic mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: influence of active and passive encoding. *Neuropsychologia* 2012; 50: 592-602.
 30. Hsieh CC, Lin PS, Hsu WC, Wang JS, Huang YC, Lim AY, et al. The effectiveness of a virtual reality-based Tai Chi exercise on cognitive and physical function in older adults with cognitive impairment. *Dement Geriatr Cogn Disord* 2018; 46: 358-70.
 31. Hwang J, Lee S. The effect of virtual reality program on the cognitive function and balance of the people with mild cognitive impairment. *J Phys Ther Sci* 2017; 29: 1283-6.
 32. Optale G, Urgesi C, Busato V, Marin S, Piron L, Priftis K, et al. Controlling memory impairment in elderly adults using virtual reality memory training: a randomized controlled pilot study. *Neurorehabil Neural Repair* 2010; 24: 348-57.
 33. Schiza E, Matsangidou M, Neokleous K, Pattichis CS. Virtual reality applications for neurological disease: a review. *Front Neurobot* 2019; 6: 1-14.
 34. Slyk S, Zarzycki MZ, Kocwa-Karnas A, Domitrz I. Virtual reality in the diagnostics and therapy of neurological diseases. *Expert Rev Med Devices* 2019; 16: 1035-40.
 35. Alashram AR, Annino G, Padua E, Romagnoli C, Mercuri NB. Cognitive rehabilitation post traumatic brain injury: a systematic review for emerging use of virtual reality technology. *J Clin Neurosci* 2019; 66: 209-19.
 36. Manera V, Chapoulie E, Bourgeois J, Guerchouche R, David R, Ondrej J, et al. A feasibility study with image-based rendered virtual reality in patients with mild cognitive impairment and dementia. *PLoS One* 2016; 11: e0151487.
 37. Mendez MF, Joshi A, Jiménez E. Virtual reality for the assessment of frontotemporal dementia, a feasibility study. *Disabil Rehabil Assist Technol* 2015; 10: 160-4.
 38. Rose V, Stewart I, Jenkins KG, Tabbaa L, Ang CS, Matsangidou M. Bringing the outside in: the feasibility of virtual reality with people with dementia in an inpatient psychiatric care setting. *Dementia (London)* 2019; Sep 11. [Online ahead of print].
 39. Benoit M, Guerchouche R, Petit PD, Chapoulie E, Manera V, Chaurasia G, et al. Is it possible to use highly realistic virtual reality in the elderly? A feasibility study with image-based rendering. *Neuropsychiatr Dis Treat* 2015; 11: 557-63.
 40. Corriveau N, Ouellet E, Boller B, Belleville S. Use of immersive virtual reality to assess episodic memory: a validation study in older adults. *Neuropsychol Rehabil* 2020; 30: 462-80.
 41. Oliveira CR, Lopes Filho BJB, Sugarman MA, Esteves CS, Lima MMB, Moret-Tatay C, et al. Development and feasibility of a virtual reality task for the cognitive assessment of older adults: the ECO-VR. *Span J Psychol* 2016; 19: 1-10.
 42. Bapka V, Bika I, Savvidis T, Konstantinidis E, Bamidis P, Papantoniou G, et al. Cognitive training in community dwelling older adults via a commercial video game and an adaptation of the virtual reality platform FitForAll: comparison of the two intervention programs. *Hell J Nucl Med* 2017; 20 (Suppl 2): S21-9.
 43. Park J, Yim J. A new approach to improve cognition, muscle strength, and postural balance in community-dwelling elderly with a 3-D virtual reality kayak program. *Tohoku J Exp Med* 2016; 238: 1-8.
 44. Liu Y, Tan W, Chen C, Liu C, Yang J, Zhang Y. A review of the application of virtual reality technology in the diagnosis and treatment of cognitive impairment. *Front Aging Neurosci* 2019; 11: 280.
 45. Tsao YC, Shu CC, Lan TS. Development of a reminiscence therapy system for the elderly using the integration of virtual reality and augmented reality. *Sustainability* 2019; 11: 4792.
 46. Coyle H, Traynor V, Solowij N. Computerized and virtual reality cognitive training for individuals at high risk of cognitive decline: systematic review of the literature. *Am J Geriatr Psychiatry* 2015; 23: 335-59.
 47. Moreno A, Wall KJ, Thangavelu K, Craven L, Ward E, Dissanayaka NN. A systematic review of the use of virtual reality and its effects on cognition in individuals with neurocognitive disorders. *Alzheimers Dement (N Y)* 2019; 5: 834-50.
 48. Díaz-Pérez E, Flórez-Lozano JA. Realidad virtual y demencia. *Rev Neurol* 2018; 66: 344-52.

Virtual reality as a tool for the prevention, diagnosis and treatment of cognitive impairment in the elderly: a systematic review

Introduction. In recent decades, research into the effects of virtual reality on different neurological disorders has increased exponentially. Yet, the literature focused on the beneficial effects of virtual reality on cognitive impairment in elderly people is limited.

Aim. To explore the application of virtual reality as a preventive, diagnostic or therapeutic tool for cognitive impairment in elderly people.

Patients and methods. A literature search was conducted in the Medline and Web of Science databases, including all the literature published from their inception up until December 2019.

Results. Of the 270 publications found, 15 met the inclusion criteria: two examined the effect of virtual reality as a tool for the prevention of cognitive impairment, six looked at its possible applications in diagnosis, and seven explored its effectiveness as a form of treatment.

Conclusions. There is evidence of the potential effect of virtual reality as a preventive strategy against the development of cognitive impairment in elderly people. There is also evidence of its applicability as a diagnostic tool for detecting the development of mild cognitive impairment or dementia, and of its effectiveness as a treatment, since it improves the cognitive functioning of elderly people with cognitive impairment. Further studies are needed that are more methodologically robust and have long follow-up times in order to examine the real impact of virtual reality and to be able to generalise its application in different areas of the management of cognitive impairment.

Key words. Cognitive impairment. Diagnosis. Elderly persons. Prevention. Systematic review. Treatment. Virtual reality.