

Facultade de Ciencias da Saude
Universidade da Coruña



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

FACULDADE DE CIENCIAS DA SAÚDE

MESTRADO EN ASISTENCIA E INVESTIGACIÓN SANITARIA

ESPECIALIDADE: INVESTIGACIÓN CLÍNICA

Curso académico 2016- 17

TRABALLO DE FIN DE MESTRADO

Eficacia de las intervenciones fisioterápicas desarrolladas a través de herramientas de realidad virtual en el tratamiento del equilibrio y control postural de las personas con esclerosis múltiple

Iris Aparicio Valdés

Julio 2017

Uso de RV en el tratamiento fisioterápico de la EM

TUTORAS

Dña. Thais Pousada García

Dña. Verónica Robles García

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	4
2. INTRODUCCIÓN.....	7
3. FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA DE ESTUDIO.....	16
4. METODOLOGÍA.....	18
5. RESULTADOS.....	31
6. DISCUSIÓN.....	42
7. CONCLUSIONES.....	49
9. ANEXOS.....	58

1. RESUMEN

Título: Eficacia de las intervenciones fisioterápicas desarrolladas a través de herramientas de realidad virtual en el tratamiento del equilibrio y control postural de las personas con esclerosis múltiple.

Objetivo: Determinar si la eficacia de las intervenciones fisioterápicas desarrolladas a través de herramientas de realidad virtual es mayor a la de otros programas específicos de fisioterapia empleados en neurorrehabilitación para el tratamiento del equilibrio y control postural de las personas con esclerosis múltiple.

Metodología: Se ha realizado una búsqueda bibliográfica en las principales bases de datos de ámbito sanitario entre los meses de Abril y Mayo de 2017.

Resultados: En esta revisión se han incluido 4 estudios. Aunque las dos intervenciones consiguen mejoras en las variables que miden el equilibrio y control postural, en el análisis estadístico de los datos se observó que existen diferencias significativas entre ambos grupos, a favor del grupo experimental. Estas mejoras en el equilibrio y control postural tienen una repercusión positiva sobre la marcha, mejorando la velocidad y resistencia de la misma, y reduciendo el riesgo de caídas.

Conclusiones: Las intervenciones fisioterápicas que incluyen el uso de herramientas de realidad virtual para el tratamiento del equilibrio y control postural de las personas con esclerosis múltiple resultan más eficaces que los tratamientos fisioterápicos convencionales. También consiguen mejorar en mayor medida la velocidad de la marcha y el riesgo de caídas. Sin embargo, la evidencia científica aún es escasa, lo que sugiere que sea necesario seguir investigando el impacto de esta nueva herramienta.

Palabras clave: Esclerosis múltiple, realidad virtual, equilibrio postural, control motor.

RESUMO

Título: Eficacia das intervencións de fisioterapia desenvolvido a través de ferramentas de realidade virtual no tratamento de equilibrio e postural control en persoas con esclerose múltiple.

Obxectivo: Determinar se a eficacia das intervencións de fisioterapia desenvolvido a través de ferramentas de realidade virtual é maior que noutros programas específicos de fisioterapia usados na neurorehabilitación para o tratamento de equilibrio e control postural de persoas con esclerose múltiple.

Metodoloxía: Realizouse unha investigación bibliográfica na área da saúde nas principais bases de datos entre os meses de abril e maio de 2017.

Resultados: Nesta revisión incluíronse 4 estudos. Aínda que as dúas intervencións conseguen melloras nas variables que miden o equilibrio e control postural, na análise estatística dos datos observouse que existen diferenzas significativas entre ambos os grupos, a favor do grupo experimental. Estas melloras no equilibrio e control postural teñen unha repercusión positiva sobre a marcha, mellorando a velocidade e resistencia da mesma, e reducindo o risco de caídas.

Conclusións: As intervencións fisioterápicas que inclúen o uso de ferramentas de realidade virtual para o tratamento do equilibrio e control postural das persoas con esclerose múltiple resultan máis eficaces que os tratamentos fisioterápicos convencionais. Tamén conseguen mellorar en maior medida a velocidade da marcha e o risco de caídas. Con todo, a evidencia científica aínda é escasa, o que suxire que sexa necesario seguir investigando o impacto desta nova ferramenta.

Palabras clave: Esclerose múltiple, realidade virtual, equilibrio postural, control motor.

ABSTRACT

Title: Efficacy of physiotherapeutic interventions developed through virtual reality tools on the treatment of balance and postural control in people with multiple sclerosis.

Objective: To determine if the efficacy of physiotherapeutic interventions developed through virtual reality tools is greater than that of other specific physiotherapy programs used in neurorehabilitation for the treatment of balance and postural control in people with multiple sclerosis.

Methodology: A bibliographic search has been carried out in the main health databases between April and May 2017.

Results: Four studies have been included in this review. Although the two interventions achieve improvements in variables measuring balance and postural control, data statistical analysis showed significant differences between both groups, in favor of the experimental group. These improvements in balance and postural control have a positive impact on gait, improving speed and resistance of the same, and reducing the risk of falls.

Conclusions: Physiotherapy interventions involving the use of virtual reality tools for balancing and postural control of people with multiple sclerosis are more effective than conventional physiotherapy treatments. They also improve further gait speed and risk of falls. However, scientific evidence is still scarce, suggesting that more research on the impact of this new tool is needed.

Key words: Multiple sclerosis, virtual reality, postural balance, motor control.

2. INTRODUCCIÓN

2.1 Introducción y caracterización de la EM

La esclerosis múltiple es una enfermedad neurodegenerativa que se caracteriza por la afectación de la sustancia blanca del sistema nervioso central. Se trata de una enfermedad crónica, autoinmune e inflamatoria. Su etiopatogenia está generada por un mecanismo de respuesta inflamatoria que destruye las vainas de mielina, que rodean y protegen los axones de las células nerviosas.^{1, 2} Esta pérdida de mielina provoca una alteración en la transmisión del impulso nervioso, por lo que la conducción se vuelve más lenta, pudiendo llegar a interrumpirse.³

Debido al carácter progresivo de la enfermedad, se engloba dentro de aquellas denominadas neurodegenerativas. Las formas de presentación más frecuentes son la remitente-recurrente (hasta un 80-90% de los casos), que cursa con brotes de agudización alternando con periodos de remisión, la primaria progresiva, que representa el 10% de los casos, y se inicia con brotes invalidantes que no responden al tratamiento, y la secundaria progresiva, que provoca un empeoramiento paulatino de las funciones neurológicas (hasta la mitad de las personas que padecen la primera forma evolucionan hacia este tipo).^{4, 5}

Los síntomas son muy variables, en función de la localización de las lesiones neurológicas. Las alteraciones motoras son las más frecuentes (90-95%), seguidas de las alteraciones sensitivas (77%) y de las cerebelosas (75%). Los trastornos más habituales se describen a continuación.^{5, 6}

- **Déficits motores:** paraparesias, especialmente en miembros inferiores. Otros signos motores son la espasticidad y la fatiga, caracterizada esta última por su exacerbación con temperaturas elevadas. La fatiga aparece en el 95% de los casos, con

importantes consecuencias en la calidad de vida de estas personas. Los procesos inmunológicos presentes en la enfermedad, junto con los trastornos motores anteriormente descritos pueden ser las causas de su aparición.

La espasticidad provoca restricciones en el movimiento y malas posiciones articulares, lo que origina episodios dolorosos.⁷

- **Déficits sensitivos:** es el síntoma inicial más frecuente, hasta en un 45% de los pacientes. Se caracteriza por la aparición de parestesias, que no siguen una distribución relacionada con los dermatomas, y alteraciones de la sensibilidad propioceptiva y vibratoria.
- **Dolor:** la pérdida de mielina altera la transmisión nerviosa de las vías nociceptivas, provocando un aumento de la percepción del dolor. Se ve afectado de manera frecuente el nervio trigémino.⁷
- **Trastornos cerebelosos:** dan lugar a alteraciones posturales y del equilibrio. Las personas adquieren una marcha atáxica con un marcado aumento de la base de sustentación.⁸
- **Alteraciones visuales:** la inflamación del nervio óptico produce una neuritis óptica, provocando pérdida de agudeza visual, con visión borrosa y una disminución de la capacidad de percibir el color en el campo central de la visión. En algunos casos también se ve afectada la percepción lumínica.⁹
- **Trastornos cognitivos:** es frecuente la afectación de la memoria reciente y la atención sostenida, junto con alteraciones del lenguaje y de la percepción visoespacial.¹⁰

- **Trastornos emocionales:** pueden aparecer, desde pequeñas alteraciones del estado de ánimo hasta síndromes depresivos.¹¹
- **Alteración de esfínteres:** la incontinencia urinaria de urgencia, y las dificultades para el inicio de la micción y el vaciado completo de la vejiga son las más habituales.⁷

La EM es la enfermedad neurológica crónica más frecuente en adultos jóvenes en Europa y Norteamérica.⁶ El 70% de los casos ocurre entre los 20 y 40 años.⁹ Afecta más a las mujeres, en una proporción de 2-3:1. En España, los estudios realizados a partir del año 2.000 muestran un aumento considerable de casos, llegando hasta los 70-80 por cada 100.000 habitantes.⁹

La enfermedad tiene un alto impacto personal y social, derivado del importante grado de discapacidad que provoca en el adulto joven, lo que implica una repercusión laboral negativa. Asimismo, el impacto temprano de la enfermedad y los elevados costes ligados a la asistencia sanitaria, suponen una carga económica importante en el sistema de salud.^{12, 13}

La aparición de los primeros signos clínicos conduce a la sospecha de la enfermedad. Sin embargo, es necesario confirmar su diagnóstico mediante una resonancia magnética nuclear (RMN), en la mayoría de los casos, que proporciona información de la localización de las lesiones en el tiempo y el espacio.⁵

Cuando las imágenes obtenidas en la RMN carecen de especificidad o la presentación clínica es atípica, existen pruebas complementarias que orientan el diagnóstico, como son el análisis del líquido cefalorraquídeo y los potenciales evocados visuales. La primera, aunque no proporciona información respecto a la localización de la lesión, ofrece evidencia de la naturaleza inmune e inflamatoria de la lesión. La segunda, permite comprobar la existencia de alteración visual.

2.2 Enfoques de intervención

Existen dos pilares fundamentales y complementarios en el tratamiento de la Esclerosis Múltiple: el farmacológico y el neurorrehabilitador.

Actualmente, el tratamiento farmacológico se basa en el uso de sustancias modificadoras de la enfermedad. Actúan sobre el sistema inmune consiguiendo eliminar la respuesta inflamatoria, responsable de las lesiones, disminuyendo de esta forma la progresión de la enfermedad.¹⁴ Cuando el brote es severo, están indicados los corticoides.⁶ Estos pacientes también reciben tratamiento farmacológico para paliar los síntomas asociados a la enfermedad.

La neurorrehabilitación se basa en un conjunto de intervenciones llevadas a cabo por un equipo multidisciplinar, integrado por fisioterapeutas, terapeutas ocupacionales, enfermeros, logopedas, un médico rehabilitador y un neurólogo. El objetivo es conseguir una óptima adaptación entre el paciente con lesión neurológica y su entorno, para poder así recuperar el mejor nivel de funcionalidad e independencia posible, lo que se traducirá en un aumento de su estado de bienestar físico, mental y social. En todo este proceso, la implicación del entorno familiar es también un factor determinante.^{15, 16,17}

La neurorrehabilitación debe considerarse como una forma de tratamiento integral de la enfermedad. Las técnicas empleadas han de ser aplicadas desde las primeras fases evolutivas de la EM, donde el objetivo se centra en mejorar el estado general del paciente y prevenir la pérdida de funciones, hasta los estadios en los que pacientes con unas secuelas y/o consecuencias vitales muy comprometidas, consideran fundamental el tratamiento para prevenir la aparición de complicaciones y preservar el máximo grado de autonomía.^{7, 18}

Dentro de las intervenciones llevadas a cabo por fisioterapeutas, destacan:

- Programas de entrenamiento aeróbico y de resistencia, en ocasiones realizados en el medio acuático.
- Técnicas de facilitación neuromuscular, basadas en el control motor.
- Entrenamiento de la marcha, de manera convencional, o cuando la afectación funcional no lo permite, puede realizarse de forma asistida con robot. En ocasiones se emplean plataformas vibratorias para trabajar el equilibrio y contribuir a la mejora de la marcha.
- Crioterapia: la disminución de la temperatura corporal mejora la conducción nerviosa, además de reducir la fatiga.¹⁹
- Electroterapia y masoterapia: el TENS y el masaje terapéutico consiguen reducir el dolor y la espasticidad.¹⁹

En los últimos años, se ha incorporado a los tratamientos fisioterápicos de neurorrehabilitación motora el uso de herramientas de realidad virtual. Dichos recursos ofrecen ciertas ventajas sobre las intervenciones convencionales en aspectos como la motivación, resultando tratamientos más atractivos para el paciente.²⁰

2.3 Estado del arte: estrategias terapéuticas en el campo de la fisioterapia e incorporación de herramientas de realidad virtual

Existe una falta de homogeneidad acerca de las técnicas terapéuticas empleadas en el campo de la fisioterapia para la neurorrehabilitación de la esclerosis múltiple.²¹

De manera tradicional, las diferentes estrategias fisioterápicas aplicadas en la neurorrehabilitación de pacientes con EM han consistido en técnicas de facilitación neuromuscular, basadas en el control motor, y programas

de entrenamiento aeróbico y de resistencia. Estos programas, realizados preferentemente de manera conjunta, logran un fortalecimiento muscular, mejoran el equilibrio, el control postural, y refuerzan la función cardio-respiratoria, retrasando la aparición de la fatiga, muy habitual en este tipo de pacientes.^{15,22} Otra opción utilizada para reducir la presencia de la fatiga, es el empleo de la crioterapia en sus diferentes modalidades. De este modo, se consigue disminuir la temperatura corporal, que como se ha descrito anteriormente, es una causa de empeoramiento de la fatiga en pacientes con EM.¹⁵

Estos mismos programas de entrenamiento pueden realizarse en un medio acuático. Hay estudios²³ que respaldan los beneficios que ofrece este medio para reducir el dolor, la fatiga y la espasticidad, y mejorar significativamente la fuerza de extremidades inferiores y el patrón de marcha. Su principal desventaja es el problema que entraña para muchos de estos pacientes el tener que desplazarse a una piscina, ya que se encuentran con numerosas barreras arquitectónicas, lo que dificulta la adhesión a este tipo de terapias.²⁴

Las intervenciones terapéuticas sobre la marcha de manera convencional consiguen mejorías duraderas en el control postural. Sin embargo, no todos los pacientes son capaces de desarrollar una marcha autónoma. En estos casos, donde existe un mayor grado de afectación funcional, puede ser de utilidad la reeducación de la marcha asistida con robot, que ha demostrado buenos resultados en la mejora del equilibrio y de la marcha a corto plazo.¹⁵

Otras alternativas de tratamiento incluyen la masoterapia, además de otras técnicas que, aunque con evidencia científica menos sólida, también se emplean, como pueden ser las plataformas vibratorias de cuerpo entero, para mejorar el equilibrio y la movilidad, o la electroterapia.¹⁵

De forma general, los programas de entrenamiento supervisados representan una parte fundamental de la neurorrehabilitación motora.²¹

Éstos han de ser individualizados, ya que precisan ser adaptados a las necesidades específicas de cada paciente. Para ello, se requiere una evaluación previa por parte del equipo multidisciplinar, gracias a la que se establezcan los objetivos que se desean alcanzar con el tratamiento.

En los últimos años, el avance de la tecnología ha permitido un importante desarrollo en diferentes ámbitos, incluido el de la medicina, y en concreto, el de la neurorrehabilitación. Esto ha posibilitado la incorporación de dichos avances tecnológicos en forma de robots y dispositivos de realidad virtual²⁵ (RV), acuñado por primera vez en 1986 por Jaron Lanier.

Mediante las herramientas de realidad virtual, se logra crear un entorno ficticio a través de un software, que permite simular situaciones reales donde el paciente debe desenvolverse, interactuando a través de una interfaz hombre-máquina, para llevar a cabo la tarea propuesta.²⁶ Dichos dispositivos consiguen captar toda la atención del paciente, generando una sensación de inmersión, teniendo la impresión de estar dentro de esa realidad creada. Esta es una de las principales diferencias con los videojuegos tradicionales.

La neurorrehabilitación motora puede servirse de la realidad virtual para llevar a cabo programas de entrenamiento del equilibrio, la postura y la marcha. Para que resulte exitoso, en un proceso de aprendizaje motor es necesario que exista repetición, motivación y retroalimentación. Realizar un movimiento de manera repetida es la base para la memorización de un patrón motor.²⁷

A través de estas herramientas de RV se consigue trabajar de manera completa el equilibrio, tanto estático como dinámico, con la activación del sistema vestibular y todos los mecanismos relacionados con él, como son la propiocepción, la estimulación visual, el reflejo vestibulo-ocular y el control de la orientación. Una mejora en el equilibrio supone una reducción del riesgo de caídas.²¹

Por otro lado, el entorno virtual creado plantea objetivos desafiantes. Los mecanismos de retroalimentación, visuales o auditivos, informan al paciente sobre si el movimiento se realizó de forma correcta o no. Esa tarea de superar los retos propuestos resulta motivadora.²⁴ De este modo, se consigue que la sesión de tratamiento sea amena y atractiva para el paciente, y resulta más fácil que un paciente motivado repita una y otra vez la tarea hasta conseguir los resultados deseados.^{25, 27}

Otra de las ventajas de la realidad virtual es que ofrece la posibilidad de realizar tratamientos individualizados, los cuales se pueden ir configurando de manera gradual, desde tareas más sencillas hasta otras que entrañen mayor dificultad, llegando a crear entornos desafiantes y exigentes, pero a la vez seguros para el paciente.²⁸ También cabe destacar la accesibilidad y el bajo coste de las consolas de realidad virtual disponibles en el mercado. Estas cualidades favorecen que estos dispositivos sean utilizados cada vez más por los propios pacientes en su domicilio.²⁰

Algunos programas de entrenamiento aplicados en neurorrehabilitación combinan las herramientas de realidad virtual con el uso de robots, obteniendo resultados satisfactorios en la movilidad y el equilibrio de estos pacientes.²⁹ Estas propuestas de tratamiento se dirigen al entrenamiento de la marcha asistida. Consisten en una cinta rodante que incluye un arnés, proporcionando un soporte del peso corporal, y unas ortesis para los miembros inferiores, que se guían de acuerdo a un patrón de marcha fisiológico. Permite que, a medida que avanza el entrenamiento, se realicen ajustes en la asistencia proporcionada por las ortesis, la cantidad de soporte de peso corporal y la velocidad de la cinta rodante.^{30, 31}

La literatura científica describe la eficacia de las estrategias de neurorrehabilitación tradicionales, pero todavía no se han evaluado las diferencias/similitudes entre ellas, y tampoco se han analizado

comparándolas con tratamientos más novedosos, que se valen de herramientas proporcionadas por la realidad virtual para el entrenamiento del equilibrio y el control postural.

Por todo ello, se considera que esta investigación, que compara las estrategias de neurorrehabilitación tradicionales con aquellas que se sirven de herramientas de RV, puede aportar conocimientos aplicables en la práctica clínica, ayudando al profesional en la elección del tratamiento más eficaz.

3. FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA DE ESTUDIO

A la hora de formular la pregunta del estudio, se ha utilizado el formato PICO: P de *patient* o población, I de *intervention* o exposición, C de *comparison* o comparación con otra intervención y O de *outcomes* o medida del resultado.³²

El esquema PICO es una herramienta útil que facilita el planteamiento de la revisión sistemática y ayuda a definir de manera correcta la pregunta de estudio.

La información que se pretende conocer se estructura de la siguiente manera:

- Población: personas con esclerosis múltiple
- Intervención: intervenciones fisioterápicas de neurorrehabilitación que se valen de herramientas de realidad virtual
- Comparación: programas de neurorrehabilitación específicos de fisioterapia
- Medida de resultado: equilibrio y control postural

De esta forma, la pregunta que se pretende responder en este trabajo es la siguiente, ¿el empleo de herramientas de realidad virtual en las intervenciones fisioterápicas de neurorrehabilitación mejora los efectos de los programas específicos de fisioterapia para el entrenamiento del equilibrio y control postural de las personas con esclerosis múltiple?

3.1 Objetivos

El **objetivo principal** de este trabajo es determinar si el uso de herramientas de realidad virtual en las intervenciones fisioterápicas mejora los efectos de los programas específicos de fisioterapia empleados en neurorrehabilitación para el tratamiento del equilibrio y control postural de las personas con esclerosis múltiple.

Objetivos secundarios:

- Analizar los resultados derivados del uso de realidad virtual en fisioterapia sobre el control postural y equilibrio en personas con EM.
- Determinar si los efectos sobre el equilibrio y el control postural de las estrategias terapéuticas analizadas pueden tener consecuencias sobre la marcha de las personas con EM.
- Identificar si los efectos de las intervenciones llevadas a cabo disminuyen el riesgo de caídas.

4. METODOLOGÍA

4.1 Tipo de estudio

En este estudio se realiza una revisión sistemática cualitativa, en la que se intenta dar respuesta a una pregunta concreta sobre la eficacia de diferentes estrategias terapéuticas empleadas en neurorrehabilitación, por un fisioterapeuta, en el abordaje de la EM.

Se establecen unos criterios para la inclusión de los estudios. Además, se informa detalladamente de la estrategia empleada en la búsqueda de los datos.

4.2 Fechas de consulta

Con el fin de localizar información científica sobre el tema de estudio se lleva a cabo una búsqueda bibliográfica en las principales bases de datos de ámbito sanitario. Estas fueron PubMed, Scopus, Web of Science, Cochrane Library, PEDro, Dialnet, Medline, Cinhal e IBECS. Dicha búsqueda se realiza entre los meses de Abril y Mayo de 2017.

4.3 Criterios de selección

A fin de poder realizar una adecuada selección de los estudios que son incluidos en la presente revisión, en el proceso de búsqueda se determinaron los criterios de inclusión y exclusión de los mismos, los cuales se detallan en la Tabla I.

Tabla I Criterios de inclusión y exclusión de artículos

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCUSIÓN
Estudios cuyos participantes sean adultos con EM en cualquier fase de la enfermedad	Estudios en los que las intervenciones se apliquen en sujetos sanos o que presenten una enfermedad neurológica distinta a la EM
Estudios que comparen intervenciones de neurorrehabilitación desarrolladas a través de herramientas de realidad virtual con estrategias fisioterapéuticas convencionales	Estudios observacionales y opiniones de expertos, (descartados por su menor nivel de evidencia científica)
Publicaciones de los últimos 5 años. Se limitó la búsqueda con la finalidad de revisar literatura científica más actual	Intervenciones que no estén realizadas dentro del ámbito de la Fisioterapia
Idioma: español o inglés	
Publicaciones a las que se permita acceder al documento completo, de forma gratuita o mediante los recursos de la UDC	

En lo que respecta a los límites según el diseño del estudio, se seleccionan los tipos 1A, 1B y 2A según la Canadian Task Force, para estudios sobre tratamiento, prevención, etiología y complicaciones.³³

Se decide escoger estos diseños por encontrarse en un nivel muy bueno o aceptable en la escala de la evidencia científica y, por tanto, tener un adecuado grado de recomendación.

A continuación, en la Tabla II se muestra la clasificación de los estudios según el nivel de evidencia y grado de recomendación:

Tabla II Clasificación de los estudios según el nivel de evidencia y grado de recomendación

GRADO DE RECOMENDACIÓN	NIVEL DE EVIDENCIA	TIPO DE ESTUDIO
A	1A	Revisión sistemática y meta análisis de ensayos clínicos controlados
	1B	Ensayos clínicos controlados
B	2A	Revisión sistemática de estudios de cohorte
	2B	Estudio individual de cohortes / ECA individual de baja calidad
	3A	Revisión sistemática de casos y controles
	3B	Estudio individual de casos y controles
C	4	Series de casos, estudios de cohorte / casos y controles de baja calidad
D	5	Opiniones de expertos basados en revisión no sistemática de resultados o esquemas fisiopatológicos

4.4 Palabras clave

Se realiza una búsqueda bibliográfica utilizando una combinación de los siguientes términos o palabras clave:

- **Multiple sclerosis (esclerosis múltiple):** “Enfermedad neurológica crónica, autoinmune e inflamatoria del Sistema Nervioso Central, en la que se destruye la mielina que rodea los axones de las células nerviosas, provocando una sintomatología que varía según la localización de la lesión”.²
- **Virtual system / virtual reality (realidad virtual):** “Simulación de un entorno real generado por ordenador en el que la persona debe interactuar con la máquina mediante dentro de ese escenario simulado”.²⁵
- **Postural balance (equilibrio postural):** “El control de la postura es la capacidad de mantener el centro de gravedad sobre la base de sustentación que define los límites de estabilidad. La estabilidad postural depende de un complejo mecanismo que comprende los sistemas visual, vestibular y somatosensorial. El cuerpo humano está constantemente realizando pequeños ajustes para conservar el equilibrio y mantener la postura.”³⁴
- **Motor control (control motor):** “Es la capacidad para controlar un movimiento. Abarca dos aspectos, el mantenimiento de la postura y el equilibrio, y la ejecución del propio movimiento.”³⁵

4.5 Estrategia de búsqueda bibliográfica

A continuación, se describe el proceso de búsqueda realizado en cada una de las fuentes consultadas.

4.5.1 PubMed

Es una base de datos especializada en el área de ciencias de la salud. Ofrece acceso libre a más de 19 millones de referencias bibliográficas.³⁶

Cajas de búsqueda:

Se realiza la búsqueda en todos los campos, detallada en la Tabla III.

Tabla III Búsqueda bibliográfica realizada en PubMed

Caja 1: multiple sclerosis AND virtual system AND postural balance AND motor control	Caja 2: multiple sclerosis AND virtual system AND (postural balance OR motor control)
1 resultado	18 resultados. Al filtrar por años de publicación e idioma, se reducen a 10.

4.5.2 Scopus

Creada en 2004 por Elsevier B.V, indexa cerca de 18.000 publicaciones de más de 5.000 editores internacionales. Contiene alrededor de 16.500 revistas con revisión por pares (un 70% pertenecientes al área de ciencias de la salud).³⁷

Cajas de búsqueda:

Se realiza una búsqueda en el campo de título/resumen/palabras clave, filtrando el año de publicación y el idioma. Se detalla en la Tabla IV.

Tabla IV Búsqueda bibliográfica realizada en Scopus

Caja 1: multiple sclerosis AND virtual system AND postural balance AND motor control	Caja 2: multiple sclerosis AND virtual system AND (postural balance OR motor control)
4 resultados	6 resultados

4.5.3 Web of Science

La base de datos *ISI Web of Science* incluye citas de áreas de ciencias, ciencias sociales, arte y humanidades. Indexa alrededor de 10.000 revistas científicas internacionales de alto impacto.³⁸

Cajas de búsqueda:

Se realiza una búsqueda en el campo del título, filtrando el año de publicación y el idioma. Los resultados se muestran en la Tabla V.

Tabla V Búsqueda bibliográfica realizada en Web of Science

Caja 1: multiple sclerosis AND virtual system AND postural balance AND motor control	Caja 2: multiple sclerosis AND virtual system AND (postural balance OR motor control)	Caja 3: multiple sclerosis AND virtual system
0 resultados	1 resultado	4 resultados

4.5.4 Cochrane Library

Base de datos de acceso gratuito especializada en revisiones sistemáticas. Contiene más de 3.000 revisiones y alrededor de 1.7000 protocolos Cochrane a texto completo.³⁹

Cajas de búsqueda:

En la Tabla VI se muestra la búsqueda realizada, en el campo de título y resumen, filtrando el año de publicación y el idioma.

Tabla VI Búsqueda bibliográfica realizada en Cochrane Library

Caja 1: multiple sclerosis AND virtual system AND postural balance AND motor control	Caja 2: multiple sclerosis AND virtual system AND (postural balance OR motor control)
1 resultado	4 resultados

4.5.5 PEDro

La base de datos PEDro (*Physiotherapy Evidence Database*) está especializada en el área de la fisioterapia, y es de acceso gratuito. Creada en 1999, en ella están indexadas cerca de 19.000 citas bibliográficas.⁴⁰

Cajas de búsqueda:

Se realiza una búsqueda en el campo de título y resumen, filtrando el año de publicación, y utilizando el operador booleano AND. Se detallan los resultados en la Tabla VII.

Tabla VII Búsqueda bibliográfica realizada en PEDro

Caja 1: multiple sclerosis AND virtual system AND postural balance AND motor control	Caja 2: multiple sclerosis AND virtual system AND (postural balance OR motor control)
0 resultados	Como no es posible utilizar AND y OR simultáneamente, se realiza la búsqueda en dos pasos 3 resultados

4.5.6 Dialnet

Base de datos de la Universidad de La Rioja que contiene artículos en castellano y tesis doctorales. Algunos artículos son de acceso gratuito, pero otros muchos requieren acceder a través de una institución.⁴¹

Cajas de búsqueda:

No hay opción de filtrar la búsqueda por año de publicación, por lo que se realiza posteriormente de manera manual. El idioma no es necesario ya que todas las publicaciones están en castellano.

La Tabla VIII muestra la búsqueda llevada a cabo, en los campos de título y resumen, utilizando el operador booleano AND.

Tabla VIII Búsqueda bibliográfica realizada en Dialnet

Caja 1: esclerosis múltiple AND realidad virtual AND equilibrio postural AND control motor	Caja 2: esclerosis múltiple AND realidad virtual AND (equilibrio postural OR control motor)	Caja 3: esclerosis múltiple AND realidad virtual
0 resultados	Como no es posible utilizar AND y OR simultáneamente, se realiza la búsqueda en dos pasos, una primera incluyendo el término "control motor", y la segunda incluyendo "equilibrio" 1 resultado	2 resultados Se descartan ambos artículos por estar publicados en el año 2010, con lo que finalmente no se obtiene ningún resultado

4.5.7 Medline

Es la base de datos bibliográfica de referencia médica de la *National Library of Medicine* de Estados Unidos. Contiene más de 12 millones de citas bibliográficas de cerca de 3.800 revistas biomédicas.⁴²

Cajas de búsqueda:

Se realiza una búsqueda en el campo de resumen, filtrando el año de publicación y el idioma. Nos sugiere utilizar el suscriptor "virtual reality" en lugar de "virtual system". Los resultados se detallan en la Tabla IX.

Tabla IX Búsqueda bibliográfica realizada en Medline

Caja 1: multiple sclerosis AND virtual reality AND postural balance AND motor control	Caja 2: multiple sclerosis AND virtual reality AND (postural balance OR motor control)
1 resultado	4 resultados

4.5.8 Cinahl

Cinahl (*Nursing & Allied Health Literature*) es una base de datos bibliográfica especializada en enfermería. Contiene indexadas alrededor de 450.000 referencias con resúmenes de artículos publicados en inglés en más de 1.400 revistas.⁴²

Cajas de búsqueda:

Se realiza una búsqueda en el campo de resumen, filtrando el año de publicación y el idioma. Nos sugiere utilizar el suscriptor “virtual reality” en lugar de “virtual system”. En la Tabla X se muestran los resultados.

Tabla X Búsqueda bibliográfica realizada en Cinahl

Caja 1: multiple sclerosis AND virtual reality AND postural balance AND motor control	Caja 2: multiple sclerosis AND virtual reality AND (postural balance OR motor control)	Caja 3: multiple sclerosis AND virtual reality
1 resultado	1 resultado	2 resultados

4.5.9 IBECS

IBECS (Índice Bibliográfico Español en Ciencias de la Salud) es una base de datos producida por el Instituto de Salud Carlos III. Contiene referencias bibliográficas de artículos científicos publicados en revistas de ciencias de la salud editadas en España, de áreas como medicina, farmacia, veterinaria, psicología, odontología y enfermería.⁴²

Cajas de búsqueda:

No hay opción de filtrar la búsqueda por idioma ni año de publicación, por lo que se realiza posteriormente de manera manual.

En la Tabla XI se detalla la búsqueda llevada a cabo en todos los campos. No se incluye el operador booleano AND porque lo añade automáticamente el programa.

Tabla XI Búsqueda bibliográfica realizada en IBECS

Caja 1: multiple sclerosis AND virtual system AND postural balance AND motor control	Caja 2: multiple sclerosis AND virtual system AND (postural balance OR motor control)	Caja 3: multiple sclerosis AND virtual system
0 resultados	Como no es posible utilizar AND y OR simultáneamente, se realiza la búsqueda en dos pasos 0 resultados	1 resultado Tras filtrar el año de publicación, se descarta el artículo por lo que finalmente no se obtiene ningún resultado.

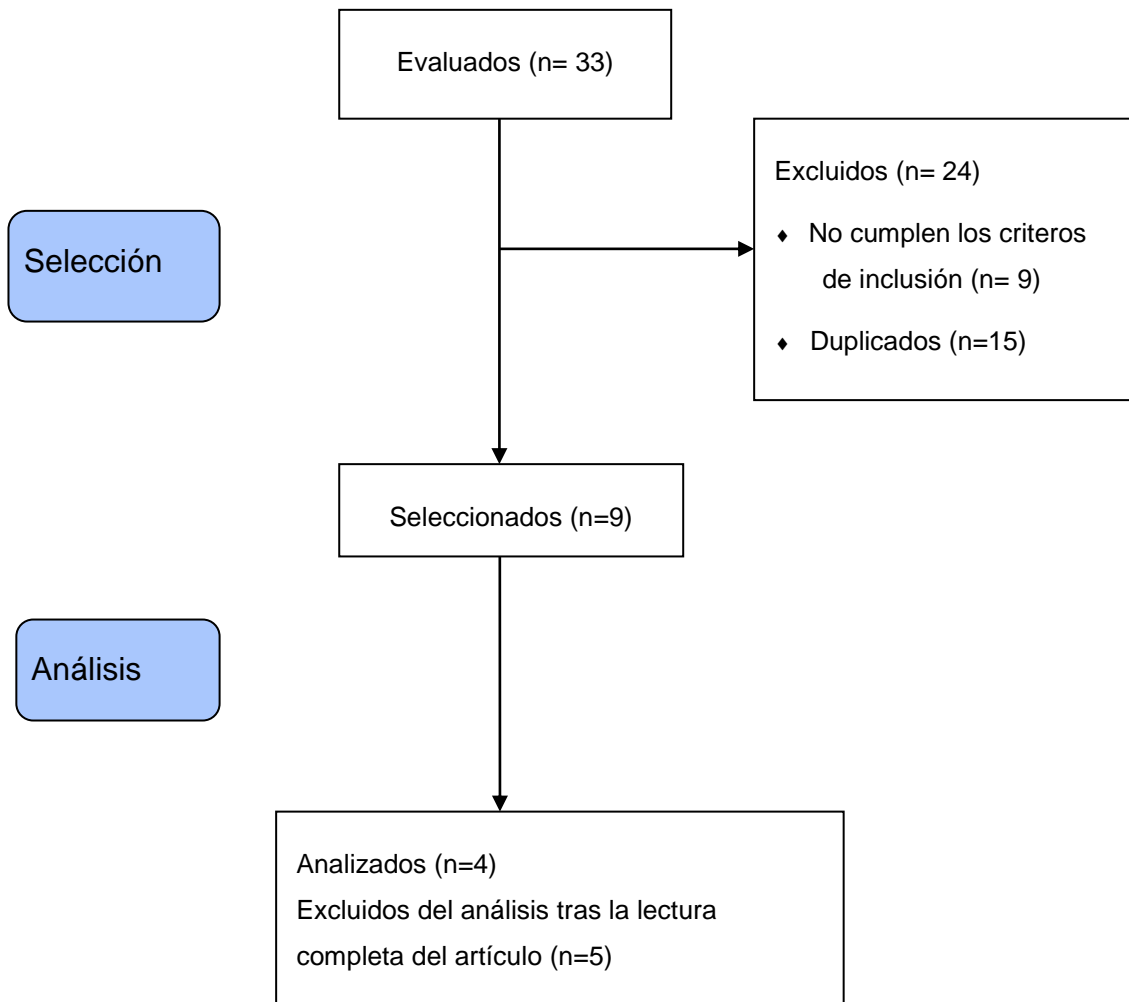
4.6 Selección de artículos

Tras la aplicación de los criterios de búsqueda y filtros en las bases de datos indicadas, el total de resultados ha sido de 33 artículos. Todos los registros se han incorporado al gestor de referencias bibliográficas Mendeley. Tras la eliminación de los duplicados, finalmente han resultado 18 artículos seleccionados.

Posteriormente, se realiza una revisión de los artículos seleccionados mediante lectura del título y resumen para valorar cuáles han de ser incluidos en esta revisión y los que se descartan, exponiendo en este segundo caso los motivos de su exclusión. Esta información se recoge en el Anexo I.

Los que resultan seleccionados, son analizados mediante la lectura completa del documento para valorar la pertinencia de su inclusión en esta revisión, teniendo en cuenta si se adapta o no a los criterios establecidos. Cuando no sea posible el acceso al texto completo, bien de manera gratuita o a través de los recursos de la UDC, será motivo de exclusión.

Para visualizar el proceso de selección de artículos de manera más gráfica, se muestra a continuación el diagrama CONSORT⁴³ que refleja los pasos seguidos.



5. RESULTADOS

En el presente trabajo se ha realizado una revisión bibliográfica en la que han sido incluidos 4 artículos. Todos ellos son ensayos clínicos controlados y aleatorizados que comparan la eficacia de programas de entrenamiento del control postural y el equilibrio, en los que se han utilizado diferentes herramientas de realidad virtual, con otros programas que emplean únicamente estrategias de fisioterapia.

Se han clasificado según su nivel de evidencia, y se han recopilado los datos referentes a la muestra de la población, objetivo del estudio, variables de medida, procedimiento y resultados. Esta información completa se recoge en el Anexo II.

A continuación, se realizará una descripción de los principales hallazgos derivados del análisis de los 4 trabajos.

5.1 Análisis de la calidad de los artículos

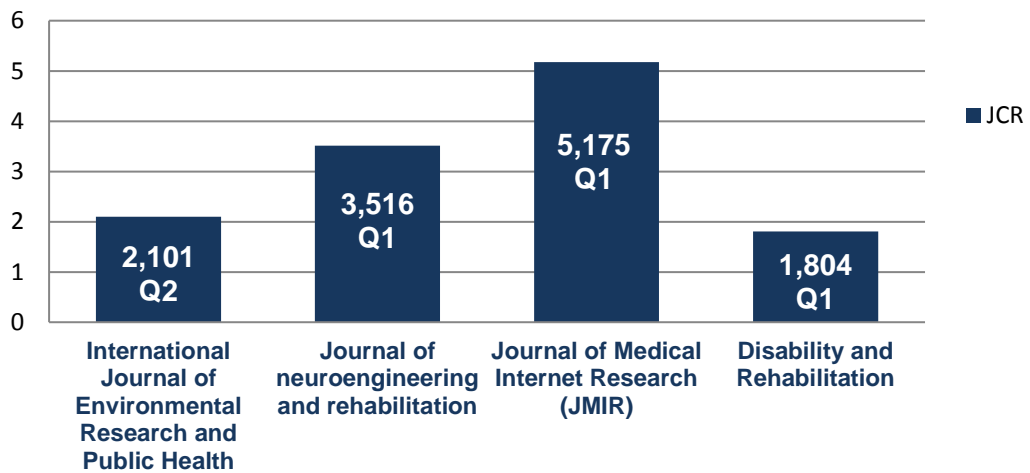
Se analiza la calidad de los mismos mediante el factor de impacto de la revista y el índice H de autor.

El factor de impacto se extrae de los datos publicados en el *Journal Citation Reports* (JCR) para el año 2016. Este dato permite comparar revistas que pertenecen a un mismo campo científico.

La Figura 1 muestra los correspondientes factores de impacto de las revistas. *International Journal of Environmental Research and Public Health* se encuentra dentro del segundo cuartil (Q2). *Journal of neuroengineering and rehabilitation* subió del segundo al primer cuartil

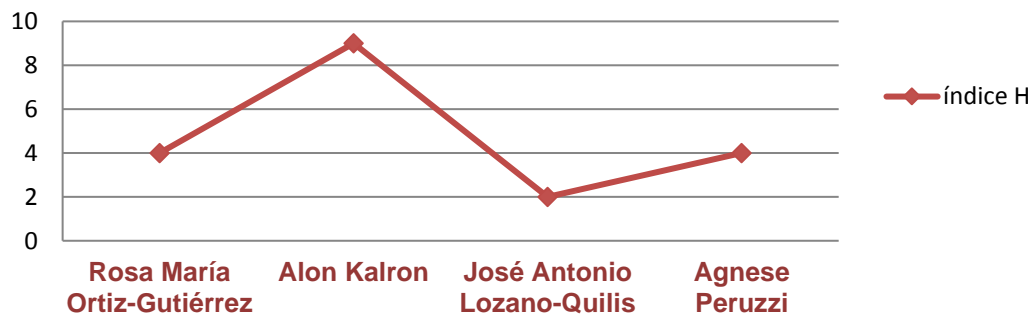
(Q1) este mismo año. *Journal of Medical Internet Research* y *Disability and Rehabilitation* pertenecen también al primer cuartil.

Figura 1 Revistas donde se han publicado los artículos incluidos en la revisión con sus correspondientes factores de impacto



El índice H evalúa la calidad de las publicaciones de un autor según el número de citas recibidas. En la Figura 2 se representan los índices H de los diferentes autores.

Figura 2 Autores de los artículos incluidos y sus respectivos Índices H



5.2 Descripción de los instrumentos de medida utilizados

Existe una gran variabilidad en los instrumentos de medida utilizados para evaluar los resultados en los diferentes estudios.

Ortiz-Gutiérrez, R. et al⁴⁴ utiliza como único instrumento de medida en su estudio el **“Sensory Organization Test” o SOT**. Es una prueba que valora el control postural dinámico, y que determina qué grado de aportación tiene cada sistema sensorial en el mantenimiento del equilibrio.⁴⁵ Se mide mediante las variables CES (compuesto equilibrio score), PREF (relación de preferencia visual), CHALECO (relación vestibular), ViR (relación visual) y SR (relación somato sensorial).

Los tres estudios restantes coinciden en el empleo del **BBS o “Berg Balance Scale”** para la valoración del equilibrio dinámico. Esta escala consiste en el desempeño de 14 ítems con diferentes tareas funcionales.⁴⁶

Otra prueba también fiable para estudiar el equilibrio dinámico es el **FSST o “Four Step Square Test”**, utilizado en los estudios de Kalron, A. et al⁴⁶⁴⁷ y Peruzzi, A. et al⁴⁸. Mide la capacidad de realizar movimientos multidireccionales en personas con déficits de equilibrio debidos a trastornos vestibulares.⁴⁹

Lozano-Quilis, JA. et al⁵⁰ y Peruzzi, A. et al⁴⁸ incluyen en sus respectivos estudios el **“Test Timed Get Up and Go” o TUG**. Es una prueba cronometrada en la que se mide el tiempo que tarda el paciente en levantarse de una silla con reposabrazos, caminar 3 metros, dar la vuelta y volver a sentarse. Este test, además de evaluar el equilibrio dinámico, también tiene una fuerte correlación con la velocidad de la marcha y con la **escala de Tinetti**.⁵¹ La prueba de Tinetti, utilizada por Lozano-Quilis, JA. et al⁵⁰ en su estudio, es un instrumento de medida del equilibrio muy completo. Permite valorar tanto el equilibrio estático como dinámico, a

través de 13 ítems. Puntuaciones bajas son predictoras de caídas de repetición.

El estudio de Lozano-Quilis, JA. et al⁵⁰ es el único de los cuatro que incluye un instrumento específico de medida del equilibrio estático, el test **SLB o “Single Leg Balance”**. En él se pide al individuo que mantenga el equilibrio en apoyo monopodal con ojos cerrados durante 10 segundos.⁵²

Kalron, A. et al⁴⁷ por su parte, profundiza en mayor medida en el análisis del control postural. En su estudio incluye el **FRT o “Functional Reach Test”**, que es una prueba de alcance funcional que mide la distancia que un individuo puede alcanzar extendiendo su brazo hacia delante mientras permanece de pie, y sin modificar la base de sustentación. Evalúa la estabilidad y el control postural, y también se ha validado como predictor de caídas.⁵¹ Para valorar la preocupación por el riesgo de caída, también utiliza el **FES-I o “Falls Efficacy Scale International”**, cuya validez y fiabilidad está ampliamente demostrada.⁵³

Lozano-Quilis, JA. et al⁵⁰ y Peruzzi, A. et al⁴⁸ evalúan en sus respectivos estudios parámetros de la marcha, concretamente de la velocidad, mediante el **Test de los 10 metros**. Esta prueba calcula el tiempo, en segundos, que tarda un individuo en recorrer una distancia de 10 metros a su máxima velocidad, sin llegar a correr.⁵⁴

Peruzzi, A. et al⁴⁸ realiza un análisis de la marcha más completo. Además del test de los 10 metros, incluye el **TC6 o test de la caminata en 6 minutos**, que evalúa la resistencia de la marcha, calculando la distancia, en metros, que un individuo es capaz de recorrer a máxima velocidad durante un tiempo de 6 minutos.⁵⁴ También recoge datos sobre la velocidad de la marcha, cadencia y longitud zancada, rango de movimiento (ROM) y potencia muscular de caderas, rodillas y tobillos, en doble tarea y tarea simple, mediante un sistema estéreo fotogramétrico que consta de seis cámaras y dos plataformas de fuerza.

5.3 Tipos de sistemas de RV

Los ambientes virtuales pueden variar según el grado de inmersión que generen. De esta forma, se distinguen dos tipos de sistemas de RV.^{55, 56}

Sistemas de RV inmersivos, donde la persona está completamente integrada dentro del entorno virtual, bloqueándose todos los estímulos percibidos desde el mundo real. Suelen utilizar cascos para bloquear las señales y sonidos del ambiente, que incorporan pequeñas pantallas de visión estereoscópica. Otra opción son los sistemas que utilizan pantallas de gran tamaño dispuestas ortogonalmente entre sí para crear un ambiente tridimensional. A través de sensores de posición se capta el movimiento de la persona, permitiendo que ésta pueda interactuar con el entorno virtual.

Sistemas de RV semiinmersivos o no inmersivos, donde no existe una inmersión total en el entorno virtual. El sistema no inmersivo más común es la RV de escritorio o *Window on a World*. Utiliza un software de ordenador y una pantalla, en la que se muestra el entorno virtual creado. Otro sistema muy común es la RV en segunda persona. Mediante una cámara se registra la silueta de la persona, y esta imagen se proyecta sobre la pantalla en 2D. De esta manera, la persona siente que está dentro de la escena, e interactúa con los objetos incluidos en el mundo virtual en tiempo real. Otros tipos de RV no inmersiva son la televirtualidad, los sistemas de realidad mixta, los sistemas de realidad virtual en pecera, o los sistemas de realidad virtual múltiples.

Todos los estudios incluidos en esta revisión emplean sistemas de RV no inmersivos.

Ortiz-Gutiérrez, R. et al⁴⁴ utilizan la consola Xbox 360 equipada con el dispositivo Kinect. Este dispositivo reconoce la posición del paciente mediante un conjunto de sensores infrarrojos, permitiendo crear un

esqueleto digital. A través de una pantalla se muestra el entorno virtual, donde el paciente controla su avatar mediante el movimiento corporal, y tiene que ir superando los retos propuestos en las diferentes actividades. Lozano-Quilis, JA. et al⁵⁰ también emplean el dispositivo Kinect. En este caso, el software elegido es RemoviEM, que dispone de varios entornos virtuales diseñados para realizar diferentes ejercicios de neurorehabilitación motora.

Kalron, A. et al⁴⁷ escogieron el sistema de RV CAREN, que consiste en una plataforma móvil de 2 metros de diámetro, donde se sitúa la persona, equipada con un arnés de seguridad, y una pantalla de grandes dimensiones, sobre la que se proyecta la escena virtual, en la que aparecen objetos en movimiento que el paciente tiene que interceptar.

Por último, Peruzzi, A. et al⁴⁸ emplean una cinta rodante con arnés, y una pantalla LCD donde se proyecta la imagen virtual, creada mediante el software WorldViz. El entorno virtual consiste en un sendero por donde el paciente camina a la vez que supera diferentes obstáculos. Unos sensores colocados en los pies y la cabeza del paciente permiten conocer su posición.

5.4 Análisis de los hallazgos de las investigaciones

En este apartado se analizan los resultados obtenidos por los autores, tras la realización de los diferentes estudios evaluados.

En todos ellos se somete al grupo intervención a un tratamiento fisioterápico en el que se utilizan herramientas de realidad virtual, y se comparan con un grupo control, que recibe un tratamiento convencional. Ambos grupos están constituidos por pacientes con discapacidad leve-moderada, con puntuaciones entre 3 y 5.5 en la Escala Expandida del

Estado de Discapacidad⁵⁷ (EDSS) o de al menos 6 puntos en la Escala de Independencia Funcional (FIM).⁵⁸

Los hallazgos muestran los efectos de las intervenciones realizadas sobre el equilibrio y control postural, así como la posible repercusión de dichos efectos sobre la marcha o su influencia en el riesgo de caídas.

5.4.1 Intervenciones realizadas y sus efectos sobre el equilibrio y control postural

Ortiz-Gutiérrez, R. et al⁴⁴, en su estudio, analizaron las mejoras en el control postural tras realizar un programa de telerrehabilitación de 10 semanas utilizando la consola X box 360 y Kinect. El protocolo que se llevó a cabo fue desarrollado por fisioterapeutas, y consistía en lanzar, recibir y golpear pelotas con diferentes partes del cuerpo, esquivar objetos y superar obstáculos. Las sesiones tenían una duración de 20 minutos, y fueron repartidas en cuatro días a la semana. Por otro lado, el grupo control realizó dos sesiones de 40 minutos a la semana, durante las mismas semanas, que consistían en un programa de entrenamiento basado en ejercicios de fuerza, propiocepción, marcha y estiramientos. Tras analizar la posturografía en los dos grupos, hubo diferencias significativas a favor del grupo experimental tanto en la capacidad de equilibrio como en el mantenimiento del equilibrio cuando recibían información visual imprecisa o cuando los estímulos eran vestibulares. También se encontraron mejoras significativas a favor del grupo control, cuando los estímulos recibidos eran de tipo somato sensorial. Sin embargo, en esta ocasión las diferencias con el grupo experimental no llegaron a ser significativas.

El estudio de Kalron, A. et al⁴⁷ examinó la eficacia de un programa de entrenamiento de 6 semanas de duración, utilizando el dispositivo de

realidad virtual CAREN, sobre la estabilidad, el control postural, el equilibrio, y la repercusión en el riesgo de caídas. Este sistema consta de una plataforma móvil donde se sitúa el paciente, y una pantalla sobre la que se proyecta la escena virtual. Se realizaban dos sesiones cada semana. La tarea del grupo intervención consistía en mantener el equilibrio en la plataforma e interceptar objetos en movimiento, durante 30 minutos. Se compararon los resultados con los obtenidos por el grupo control, que realizó un protocolo de entrenamiento del equilibrio de 20 minutos de duración, supervisado por un fisioterapeuta, y 10 minutos de estiramientos. Ambos grupos mostraron mejoras significativas en dos de los ocho parámetros de posturografía con ojos abiertos (estos fueron la longitud del trayecto y la frecuencia), en el test de alcance funcional, el FSST y el FES-I, que miden respectivamente la estabilidad y control postural, el equilibrio dinámico de pie y el riesgo de caída. Se encontraron diferencias entre ambos grupos en los resultados obtenidos en el test de alcance funcional y el nivel de preocupación de riesgo de caídas. Éstas fueron significativas, a favor del grupo intervención.

En el estudio llevado a cabo por Lozano-Quilis, JA. et al⁵⁰ se evaluó la eficacia del sistema de Kinect RemoviEM en la mejora del equilibrio. El grupo control realizó 1 hora de ejercicios de equilibrio y marcha estándar. El grupo experimental realizó los mismos ejercicios durante 45 min, pero los últimos 15 minutos los sustituyó por el entrenamiento a través de realidad virtual, que consistía en ejercicios de transferencia del peso con lateralizaciones del tronco, diagonales de Kabat de miembros superiores, y trabajo de equilibrio en apoyo monopodal. Tras realizar un total de 10 sesiones, se observaron diferencias significativas entre ambos grupos, a favor del grupo experimental, en BBS, que mide el equilibrio dinámico, y SLB con el pie derecho, que mide el equilibrio en apoyo monopodal. SLB con el pie izquierdo y TUG, que valoran el equilibrio estático y dinámico, mostraron mejores resultados en el grupo experimental, pero la diferencia con el grupo control no llegó a ser significativa. En las pruebas de Tinetti y

test de los 10 metros, que evalúan el equilibrio y la velocidad de la marcha, se encontraron mejoras similares en ambos grupos.

En el estudio de Peruzzi, A. et al⁴⁸ se compararon los efectos de dos programas de entrenamiento de la marcha en cinta rodante, empleando en uno de ellos la herramienta de realidad virtual. Durante 6 semanas se realizaron sesiones de entrenamiento de 45 min en cinta, repartidas en tres días a la semana. El grupo experimental, a la vez que entrenaba la marcha, debía realizar tareas motoras y cognitivas a través del dispositivo de realidad virtual. La doble tarea suponía un mayor desafío para el paciente. Se observaron mejoras significativas en ambos grupos en la velocidad, cadencia y longitud de zancada. Los resultados obtenidos en el rango de movimiento de rodilla y cadera del lado menos afecto, y en la potencia muscular de los flexores de cadera de ese mismo lado, tanto en tarea simple como en doble tarea, mostraron diferencias entre ambos grupos. Estas diferencias fueron significativas a favor del grupo experimental. Sin embargo, en las variables de medida del equilibrio no se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos. Observando los resultados, el grupo experimental mejoró en las pruebas TC6, test 10 metros, BBS y FSST. Por su parte, el grupo control solamente mejoró de forma significativa en el test TC6.

5.4.2 Efectos en la marcha

Analizando los resultados obtenidos en el estudio de Peruzzi, A. et al⁴⁸ se observa que ambos grupos lograron mejorar en la prueba TC6, que evalúa la resistencia de la marcha. En el grupo experimental, los valores previos a la intervención habían sido de 291 metros para la prueba TC6. Los sujetos fueron capaces de conseguir caminar 325 m al finalizar el tratamiento. En el grupo control, los valores obtenidos fueron de 295 metros antes de recibir el tratamiento y de 345 metros post-intervención.

El análisis estadístico de estos datos no mostró diferencias significativas entre ambos grupos, por lo que ambas estrategias serían eficaces para mejorar la resistencia de la marcha.

La velocidad de la marcha se evaluó mediante la prueba de los 10 metros. En el grupo experimental se observó una mejora estadísticamente significativa en la velocidad de la marcha, con valores previos de 0.96 m/seg y valores posteriores a la intervención de 1.14 m/seg. Sin embargo, en el grupo control, en análisis estadístico no mostró mejoras significativas, obteniéndose valores muy similares previos y posteriores al tratamiento. Estos fueron de 1.07 m/seg y 1.15 m/seg respectivamente. Lo que se extrae de estos datos es que el programa de entrenamiento de la marcha en cinta que utiliza dispositivos de RV sí es eficaz para mejorar la velocidad de la marcha.

En el estudio llevado a cabo por Lozano-Quilis, JA. et al⁵⁰ también se evaluó la velocidad de la marcha mediante la prueba de los 10 metros. Ambos grupos lograron mejorar los valores previos a la intervención. El grupo experimental antes del tratamiento tardó 19.161 seg en recorrer los 10 metros, y 16.469 seg post-intervención. El grupo control pasó de realizar el recorrido en 16.625 seg a lograr finalizarlo en 14.49 seg. El análisis estadístico de los datos confirma que no existen diferencias entre los grupos respecto a la repercusión de ambos tratamientos sobre la velocidad de la marcha.

5.4.3 Influencia del equilibrio y el control postural sobre el riesgo de caídas

El estudio de Kalron, A. et al⁴⁷ mostró diferencias significativas entre ambos grupos, a favor del grupo intervención, en la escala FES-I, que mide el nivel de preocupación de riesgo de caída, y en FRT, que a pesar

de ser un test que evalúa el control postural también se ha validado como predictor del riesgo de caídas.

Lozano-Quilis, JA. et al⁵⁰ en su estudio observó que en ambos casos se mejoró la puntuación en la escala Tinetti. El grupo experimental pasó de conseguir 23.83 puntos a lograr 24.67 puntos post-intervención. El grupo control obtuvo 25 puntos al inicio y 26 puntos tras la intervención. Sin embargo, las diferencias fueron escasas entre ambos grupos, y no llegaron a ser significativas. Se sabe que puntuaciones bajas son predictoras de caídas de repetición, por lo que una mejora en los resultados de la escala conlleva un menor riesgo de caídas.

6. DISCUSIÓN

6.1 Tratamiento fisioterápico del equilibrio y control postural

En esta revisión se han encontrado cuatro estudios que sí comparan la eficacia de ambas intervenciones en la mejora del equilibrio y control postural. El reducido número demuestra que existe una escasez de literatura científica. Esto es debido a que la mayoría de los hallazgos encontrados investigan de manera aislada cada estrategia, bien sea basada en tratamientos fisioterápicos convencionales, ^{59, 60, 61, 62, 63} o en aquellos que emplean además herramientas de realidad virtual ^{64, 65, 66, 67}.

Teniendo en cuenta los resultados de los estudios incluidos, parece que las intervenciones que incorporan dispositivos de realidad virtual resultan más eficaces, al menos en pacientes que no tengan un déficit funcional grave.

Ortiz-Gutiérrez, R. et al⁴⁴, en su estudio, demostraron que el empleo de realidad virtual era más eficaz que el tratamiento fisioterápico convencional para mejorar la capacidad de equilibrio. En el estudio llevado a cabo por Lozano-Quilis, JA. et al⁵⁰, similar al anterior en cuanto al sistema de realidad virtual utilizado, también se observó que resulta más eficaz incluir este tipo de herramientas para el tratamiento del equilibrio. Sin embargo, llama la atención las diferencias encontradas en ambos estudios en cuanto a la duración del tratamiento y el reparto de sesiones. Mientras que Ortiz-Gutiérrez, R. et al⁴⁴ realizaron un total 40 sesiones de 20 minutos, Lozano-Quilis, JA. et al⁵⁰ hicieron solo 10 sesiones, aunque con una duración superior. Otros estudios encontrados⁶⁶ siguen la línea de Lozano-Quilis, JA. et al⁵⁰, realizando un total de 12 sesiones con una duración de 30 minutos cada una, y también consiguen mejorar la capacidad de equilibrio.

Abrir nuevas líneas de investigación que analicen el número de sesiones que se requieren para conseguir los efectos deseados puede ser de gran ayuda para la neurorrehabilitación de estos pacientes.

Por otro lado, los estudios mencionados anteriormente utilizan herramientas de realidad virtual que se desarrollan a través de consolas como Wii o Xbox. Estos dispositivos suponen una ventaja frente a otros más sofisticados, ya que ofrecen al paciente la posibilidad de realizar el tratamiento en su propio domicilio, y como ya demostró Pau et al.⁶⁵ en su estudio, de esta manera también se logran mejoras en el equilibrio y control postural.

Kalron, A. et al⁴⁷ encontraron que el tratamiento donde se incluían herramientas de realidad virtual era más eficaz para mejorar la estabilidad y el control postural. Esto coincide con los hallazgos obtenidos por Eftekharsadat, B. et al⁶⁴ un año antes. En su estudio, realizado al igual que el de Kalron, A. et al⁴⁷ sobre una plataforma móvil equipada con un sistema de realidad virtual, demostró la eficacia de esta intervención en la mejora del equilibrio de las personas con EM. Pese a tener similitudes ambos estudios, encontramos también diferencias importantes. Kalron, A. et al⁴⁷ redujo de manera significativa el número de sesiones empleadas, realizando solamente 2 a la semana, mientras que Eftekharsadat, B. et al⁶⁴ realizaba sesiones diarias. También existen diferencias en la duración del tratamiento, siendo de 6 semanas y 12 semanas respectivamente. Nuevos estudios podrían ir encaminados a investigar los efectos del tratamiento llevado a cabo por Kalron, A. et al⁴⁷ si se continúa durante 6 semanas más. Si perduran pasadas 12 semanas, se demostraría que tratamientos con una frecuencia de sesiones semanales menor pueden resultar más eficaces que otros que requieren tratamientos diarios.

El estudio de Peruzzi, A. et al⁴⁸ fue el único de los cuatro donde las diferencias entre ambas intervenciones para las variables de medida del equilibrio no llegaron a ser significativas, aunque observando los

resultados, el grupo experimental consiguió una mejoría mayor en el equilibrio dinámico. Estos resultados contradicen a los obtenidos en el estudio realizado por Fulk, GD. et al⁶⁷, que guarda una relación importante con el de Peruzzi, A. et al⁴⁸, ya que ambos utilizaron un tapiz rodante dotado de un sistema de realidad virtual. En este caso, tras realizar 20 sesiones, se observaron mejoras significativas en el equilibrio. Esto puede ser debido a las diferencias en el tamaño muestral, ya que este estudio se realiza a un único individuo, y el de Peruzzi, A. et al⁴⁸ lo conformaron 25 personas. Otra explicación podría estar relacionada con la corta duración del tratamiento de Peruzzi, A. et al⁴⁸, de solo 6 semanas.

En ningún estudio de los incluidos en esta revisión se encontraron resultados a favor de que el tratamiento fisioterápico convencional resultase más eficaz para mejorar el equilibrio y el control postural. En relación con lo anterior, se puede afirmar que los dispositivos basados en realidad virtual se muestran como una herramienta útil para el tratamiento de los trastornos del equilibrio y el control postural dentro de la neurorrehabilitación de pacientes con EM. Sin embargo, las limitaciones encontradas sugieren la necesidad de seguir investigando el impacto de esta nueva estrategia.

6.2 Beneficios en la marcha

Existen evidencias de que el uso de dispositivos de RV mejora la velocidad de la marcha en mayor medida que el tratamiento convencional. Así lo demostró Peruzzi, A. et al⁴⁸ en su estudio, en el que observaron una mejora significativa en el grupo que utilizó el dispositivo de RV. Lozano-Quilis, JA. et al⁵⁰ en este aspecto no encontraron diferencias entre ambas estrategias. Esto podría ser debido a que Peruzzi, A. et al⁴⁸ llevan a cabo un tratamiento más específico de la marcha, ya que lo desarrolla sobre

una cinta rodante, y sin embargo, en el caso de Lozano-Quilis, JA. et al⁵⁰ el paciente permanece estático. Apoyando lo anterior, encontramos un estudio realizado por Baram, Y.⁶⁸ sobre el uso de dispositivos de retroalimentación sensorial virtual. Muestra similitudes con el realizado por Peruzzi, A. et al⁴⁸, ya que se basa en el entrenamiento de la marcha utilizando un dispositivo de realidad virtual, y también consiguió demostrar una mejora de la velocidad de la misma en pacientes con EM. Lo mismo ocurre en el estudio de Fulk GD et al⁶⁷, realizado a un único individuo, en el que se utilizó un tapiz rodante para el entrenamiento de la marcha, equipado con un sistema de realidad virtual, observándose también mejoras significativas en la velocidad.

Por otra parte, un estudio realizado por Nilsgard, YE. et al⁶⁶ en pacientes con EM, evaluó los efectos sobre el equilibrio y la capacidad de caminar de un programa de ejercicios de equilibrio estático utilizando como sistema de RV la plataforma Wii Fit, similar al empleado por Lozano-Quilis, JA. et al⁵⁰. En este caso, y en consonancia con los hallazgos de Lozano-Quilis, JA. et al⁵⁰, tampoco se encontraron mejoras significativas en la velocidad de la marcha, lo que podría evidenciar que un tratamiento del equilibrio de manera estática no consigue una repercusión significativa en la marcha de estos pacientes.

Sin embargo, contradiciendo lo anterior, encontramos el estudio llevado a cabo por Prosperini, L. et al⁶⁹ en el que sí se obtuvieron mejoras en la velocidad de la marcha, y en el que se utilizó la misma plataforma de equilibrio Wii que emplearon Nilsgard, YE. et al.⁶⁶ en su estudio. Esto podría deberse a las diferencias encontradas en la duración del tratamiento, siendo de 24 semanas en el caso de Prosperini, L. et al⁶⁹ y de solamente 6-7 semanas el realizado por Nilsgard, YE. et al.⁶⁶

Por otro lado, Peruzzi, A. et al⁴⁸ también analizaron en su estudio la resistencia de la marcha, y no se observaron diferencias, ya que en ambos grupos se lograron efectos similares. En este aspecto, serían

necesarios nuevos estudios que evalúen los posibles beneficios de los tratamientos basados en herramientas de RV sobre la resistencia de la marcha. La literatura científica encontrada que analiza este tema se centra en estudios que analizan la repercusión de los programas fisioterápicos convencionales, como los realizados por Petajan et al⁷⁰ o Haselkorn, JK et al⁷¹. En estos estudios queda demostrada la efectividad de dichos programas sobre la capacidad de la marcha de pacientes con EM. Por lo tanto, es evidente que ambas estrategias influyen sobre la capacidad de la marcha de estos pacientes. Sin embargo, a la vista de los resultados de los estudios incluidos en esta revisión, no se puede afirmar que una estrategia sea más eficaz que la otra.

6.3 Reducción del riesgo de caídas

Lozano-Quilis, JA. et al⁵⁰ obtuvo resultados muy similares en ambos grupos, no observando apenas diferencias. Aunque cabe señalar que en este caso no se utiliza una variable específica que mida el índice de caídas, sino que se valora según la correlación con la escala de Tinetti. Kalron, A. et al⁴⁷ en su estudio emplearon la escala FES-I, con una validez ampliamente demostrada, y comprobaron que la RV es más eficaz que el tratamiento de fisioterapia convencional para la prevención de caídas. Estos resultados coinciden con los obtenidos en un estudio realizado por Eftekharsadat, B. et al⁶⁴ en el año 2015, donde los pacientes del grupo de RV experimentaron una mejora significativa en el índice de riesgo de caída, y concluyeron que las mejoras en la capacidad de equilibrio y en la marcha se traducen en una reducción de dicho riesgo. Por lo tanto, parece que este tipo de estrategias resulta más eficaz para reducir el riesgo de caídas. Sin embargo, algunos estudios encontrados⁷² apuntan que existen limitaciones en las intervenciones que incluyen dispositivos de realidad virtual, ya que pueden provocar una sensación de

miedo e inseguridad en los pacientes durante las primeras sesiones, aumentando la preocupación por el riesgo de caída.

Existen ciertas evidencias de que las intervenciones que utilizan dispositivos de realidad virtual tienen una mayor influencia en la prevención del riesgo de caídas que los tratamientos de fisioterapia convencionales. Sin embargo, debido a la falta de consenso en los datos extraídos de los estudios analizados se entiende que sería necesario realizar futuras investigaciones que analicen la repercusión de los tratamientos neurorrehabilitadores que emplean estos dispositivos, mediante variables de medida concretas del riesgo de caída.

6.4 Limitaciones del estudio

El escaso número de artículos obtenidos en la búsqueda bibliográfica es una limitación para demostrar con suficiente evidencia los hallazgos encontrados. Pese a ello, cabe destacar que los cuatro artículos incluidos tienen una alta calidad metodológica, siendo ensayos clínicos controlados y aleatorizados con mediciones pre y post-intervención. Además, gozan de cierta relevancia científica, ya que todos ellos están publicados en revistas indexadas en el JCR.

Otra posible limitación está relacionada con los criterios de inclusión establecidos. De este modo, pese a realizar la búsqueda en numerosas bases de datos, el número de resultados obtenidos puede no ser lo suficientemente amplio. Además, el hecho de excluir artículos por no tener acceso de forma gratuita o a través de los recursos de la UDC constituye un sesgo en la selección.

Otra dificultad encontrada en esta revisión tiene relación con la falta de homogeneidad en los instrumentos de medida empleados. A la vista de

los estudios analizados, se comprende que realizar una evaluación global comparando ambas estrategias es una labor muy compleja, debido a la heterogeneidad, tanto de los programas terapéuticos efectuados como de los sistemas de realidad virtual y herramientas de evaluación empleados.

6.5 Futuras líneas de investigación

Será muy importante en un futuro estandarizar los protocolos de intervención⁷³, teniendo en cuenta el dispositivo de realidad virtual empleado, así como las variables y herramientas utilizadas para medir los resultados. Esto permitiría la elaboración de guías de práctica clínica que ayuden a profesionales y usuarios a decidir el tratamiento más recomendado en cada caso.

Asimismo, sería prioritario fomentar la creación de nuevas líneas de investigación encaminadas al desarrollo de software más especializados que permitan conseguir mejores resultados de tratamiento, y que ofrezcan la posibilidad de ser aplicados a pacientes en fases avanzadas de la enfermedad.

Como fisioterapeuta, esta revisión me ha aportado conocimientos aplicables en mi práctica diaria. La existencia en el mercado de dispositivos de RV semiinmersivos económicos supone una opción asumible, y acerca este tipo de estrategias a un mayor número de profesionales, permitiendo ofrecer tratamientos más eficaces para el entrenamiento del equilibrio y control postural a estos pacientes.

7. CONCLUSIONES

- Las intervenciones que incluyen herramientas de RV para el tratamiento del equilibrio y control postural de las personas con EM resultan más eficaces que los tratamientos fisioterápicos convencionales, al menos en pacientes con una discapacidad leve-moderada.
- Los resultados positivos para la mejora en el equilibrio y control postural repercuten en la velocidad y resistencia de la marcha, y reducen el riesgo de caídas.
- Las estrategias que incorporan herramientas de RV logran el mismo grado de mejora que los tratamientos fisioterápicos convencionales respecto a la resistencia de la marcha.
- El uso de dispositivos de RV permite aumentar, en mayor medida, la velocidad de la marcha y disminuir el riesgo de caídas que la aplicación de un tratamiento convencional.
- La literatura científica existente hasta el momento es escasa y muestra limitaciones importantes, lo que sugiere que se necesita seguir investigando sobre el impacto de esta nueva herramienta terapéutica.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Casanova B, Burgal M, Coret F. Revisión crítica de la patogenia actual de la esclerosis múltiple y futuras direcciones posibles. *Rev. Neurol.* 1999; 28(9): 909-15.
2. Goldenberg MM. Multiple sclerosis review. *P&T.* 2012; 37(3): 175-84.
3. Fernández ÓF, Fernández VE. Esclerosis múltiple. Concepto. Etiopatogenia. Fisiopatología. Manifestaciones clínicas. Investigaciones paraclínicas. Diagnóstico. Historia natural. *Medicine.* 2012; 9(76): 4867-77.
4. McDonald WI, Compston A, Edan G, Goodkin D, Hartung HP, Lublin FD, Sandberg-Wollheim M. Recommended diagnostic criteria for multiple sclerosis: guidelines from the International Panel on the diagnosis of multiple sclerosis. *Ann. Neurol.* 2001; 50(1): 121-27.
5. Carretero Ares JL, Bowakim DW, Acebes Rey JM. Actualización: esclerosis múltiple. *Medifam.* 2001; 11(9), 30-43.
6. Alcántara S, Hernández M, Ortega E, Del Valle M. Fundamentos de fisioterapia. 1ª ed. Madrid: Síntesis; 1995.
7. Kesselring J, Beer S. Symptomatic therapy and neurorehabilitation in multiple sclerosis. *Lancet Neurol.* 2005; 4(10): 643-52.
8. Rougier P, Thoumie P, Cantalloube S, Lamotte D. What compensatory motor strategies do patients with multiple sclerosis develop for balance control?. *Rev Neurol.* 2007; 163(11): 1054-64.
9. Moreno Moya L. Esclerosis Múltiple. Manifestaciones clínicas, diagnóstico, tratamiento y estudio poblacional. Universidad de Alcalá; 2016
10. Rao SM, Leo GJ, Bernardin L, Unverzagt F. Cognitive dysfunction in multiple sclerosis. Frequency, patterns, and prediction. *Neurology.* 1991; 41(5): 685-91.

11. Sánchez-López MP, Olivares-Pérez T, Nieto-Barco A, Hernández-Pérez MA, Barroso-Ribal J. Esclerosis múltiple y depresión. *Rev Neurol.* 2004; 38(524): 9.
12. Merino AG, Callizo JA, Fernández OF, Pascual LL, Torres EM, Zarrantz ARA. Consenso para el tratamiento de la esclerosis múltiple 2016. *Sociedad Española de Neurología. Neurología.* 2017; 32(2): 113-19.
13. Kasser SL, Jacobs JV. Understanding and treating balance impairment in multiple sclerosis. *JCOM.* 2014; 21(9): 419-32.
14. Pistono C, Osera C, Boiocchi C, Mallucci G, Cuccia M, Bergamaschi R, Pascale A. What's new about oral treatments in Multiple Sclerosis? Immunogenetics still under question. *Pharmacol Res.* 2017; 120: 279-93.
15. Donzé C. Update on rehabilitation in multiple sclerosis. *La Presse Med.* 2015; 44(4): e169-e176.
16. Leon-Sarmiento FE, Bayona E, Bayona-Prieto J. Neurorehabilitation: An other revolution of XXIst century. *Acta Medica Colombiana.* 2009; 34(2), 88-92.
17. Sastre-Garriga J, Galán-Cartañá I, Montalbán X, Thompson A. Neurorehabilitation in multiple sclerosis. *Neurologia.* 2005; 20(5): 245-54.
18. Fernández Ó. Esclerosis múltiple: una aproximación multidisciplinaria. Barcelona: Asociación Española de Esclerosis Múltiple; 1994.
19. Benavides Ramiro A. Tratamiento del equilibrio en pacientes con esclerosis múltiple: una revisión sistemática. Universidad de Cantabria; 2014.
20. Bayón M, Martínez J. Rehabilitación del ictus mediante realidad virtual. *Rehabilitación.* 2010; 44(3): 256-60.
21. Gómez Jareño, I. Rehabilitación del sistema vestibular como tratamiento para mejorar el equilibrio en pacientes con esclerosis múltiple. Revisión bibliográfica. Universidad Pública de Navarra; 2016.

22. Fernández Ó. Tratamiento sintomático de las complicaciones de la esclerosis múltiple. Tratamiento rehabilitador. *Medicine*. 2007; 9(76): 4886-93.
23. Castro-Sánchez AM, Matarán-Peñarrocha GA, Lara-Palomo I, Saavedra-Hernández M, Arroyo-Morales M, Moreno-Lorenzo C. Hydrotherapy for the treatment of pain in people with multiple sclerosis: a randomized controlled trial. *Evid. Based Complement. Alternat. Med*. 2012.
24. Pous SS, Sanmillán GL, Cabo MJ, Xaudaró DF, Medina CS. Actividad acuática adaptada en el tratamiento rehabilitador interdisciplinario de la esclerosis múltiple. *Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología*. 2008; 11(1): 3-10.
25. Peñasco Martín B, De los Reyes-Guzmán A, Gil-Agudo Á, Bernal-Sahún A, Pérez-Aguilar B, De la Peña González AI. Aplicación de la realidad virtual en los aspectos motores de la neurorrehabilitación. *Rev Neurol*. 2010; 51(481): 8.
26. Moreno F, Jordan O, Esmitt RJ, Christiam M, Omaira R, Jeanlight R, Silvio Á. Un framework para la rehabilitación física en miembros superiores con realidad virtual. En: Primera conferencia nacional de computacion, informatica y sistemas. Universidad central de Venezuela; 2013.
27. Holden MK. Virtual environments for motor rehabilitation: review. *Cyberpsychology & behavior*. 2005; 8(3): 187-211.
28. Rand D, Kizony R, Weiss PL. The Sony PlayStation II EyeToy: low-cost virtual reality for use in rehabilitation. *J Neurol Phys Ther*. 2008; 32: 155 – 63.
29. Calabrò RS, Russo M, Naro A, De Luca R, Leo A, Tomasello P, Bramanti P. Robotic gait training in multiple sclerosis rehabilitation: Can virtual reality make the difference? Findings from a randomized controlled trial. *J. Neurol. Sci*. 2017; 377:25-30.
30. Straudi S, Fanciullacci C, Martinuzzi C, Pavarelli C, Rossi B, Chisari C, Basaglia N. The effects of robot-assisted gait training in progressive

- multiple sclerosis: A randomized controlled trial. *Mult. Scler. J.* 2016; 22(3), 373-84.
31. Beer S, Aschbacher B, Manoglou D, Gamper E, Kool J, Kesselring J. Robot-assisted gait training in multiple sclerosis: a pilot randomized trial. *Mult. Scler. J.* 2008; 14(2): 231-36.
32. Akobeng AK. Principles of evidence based medicine. *Arch. Dis. Child.* 2005; 90(8): 837-40.
33. Castillejo MM, Zulaica CV. Calidad de la evidencia y grado de recomendación. *MBE Series Guías Clínicas.* 2007; 1(6).
34. Brech GC, Luna NMS, Alonso AC, Greve JMDA. Positive correlation of postural balance evaluation by two different devices in community dwelling women. *MedicalExpress.* 2016; 3(2).
35. Cano-de-la-Cuerda R, Molero-Sanchez A, Carratala-Tejada M, Alguacil-Diego IM, Molina-Rueda F, Miangolarra-Page JC, Torricelli D. Teorías y modelos de control y aprendizaje motor. Aplicaciones clínicas en neurorrehabilitación. *Neurología.* 2015; 30(1): 32-41.
36. Trueba-Gómez R, Estrada-Lorenzo JM. La base de datos PubMed y la búsqueda de información científica. *Semin. Fund. Esp. Reumatol.* 2010; 11(2): 49-63.
37. Cañedo Andalia R, Rodríguez Labrada R, Montejo Castells M. Scopus: la mayor base de datos de literatura científica arbitrada al alcance de los países subdesarrollados. *Acimed.* 2010; 21(3): 270-282.
38. Richart-Ramón A, Martínez-Blasco M, García-Blandón J. Análisis de la producción científica sobre Gobierno Corporativo a través de ISI Web of Science. *Revista Española de Documentación Científica.* 2011; 34(1): 79-101.
39. Higgins JP, Green S. *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions (Vol. 4).* John Wiley & Sons; 2011.
40. Shiwa SR, Costa LOP, Moser ADDL, Aguiar IDC, Oliveira LVFD PEDro: a base de dados de evidências em fisioterapia. *Fisioter. Mov.* 2011; 24(3): 523-33.

41. Peinado PJB, Molina VD, Montero FJC, Lozano ABP, Caro CM, Sánchez MÁ, Tejero JP. La revisión bibliográfica sistemática en fisiología del ejercicio: recomendaciones prácticas. *Rev. int. cienc. deporte.* 2007; 3(6): 2-11.
42. Muñoz-Muñoz AM. El acceso a artículos de publicaciones especializadas en enfermería: bases de datos para su identificación y localización. *Ciencia y Enferm.* 2006; 12(2): 9-14.
43. Schulz KF, Altman DG, Moher D. CONSORT 2010 statement: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *BMC Med.* 2010; 8(1): 18.
44. Ortiz-Gutiérrez R, Cano-de-la-Cuerda R, Galán-del-Río F, Alguacil-Diego IM, Palacios-Ceña D, Miangolarra-Page JC. A telerehabilitation program improves postural control in multiple sclerosis patients: a Spanish preliminary study. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2013; 10(11): 5697-5710.
45. López JR, Fernández NP. Pruebas vestibulares y posturografía. *Rev Med Univ Navarra.* 2003; 47(4): 21-28.
46. Hernández C, Manuel R. Estudio metaanalítico de generalización de la fiabilidad de la Escala de Equilibrio de Berg [tesis doctoral]. Universidad de Murcia; 2015.
47. Kalron A, Fonkatz I, Frid L, Baransi H, Achiron A. The effect of balance training on postural control in people with multiple sclerosis using the CAREN virtual reality system: a pilot randomized controlled trial. *J. Neuroeng. Rehabil.* 2016; 13(1): 13.
48. Peruzzi A, Zarbo IR, Cereatti A, Della Croce U, Mirelman A. An innovative training program based on virtual reality and treadmill: effects on gait of persons with multiple sclerosis. *Disabil. Rehabil.* 2016; 39(15): 1557-63.
49. Whitney SL, Marchetti GF, Morris LO, Sparto PJ. The reliability and validity of the Four Square Step Test for people with balance deficits secondary to a vestibular disorder. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2007; 88(1): 99-104.

50. Lozano-Quilis JA, Gil-Gómez H, Gil-Gómez JA, Albiol-Pérez S, Palacios-Navarro G, Fardoun HM, Mashat AS. Virtual rehabilitation for multiple sclerosis using a kinect-based system: randomized controlled trial. *JMIR serious games*. 2014; 2(2): e12.
51. Del Nogal ML, González-Ramírez A, Palomo-Iloro A. Evaluación del riesgo de caídas. *Protocolos de valoración clínica. Rev. Esp. Geriatr. Geronto*. 2005; 40: 54-63.
52. Clark RC, Saxion CE, Cameron KL, Gerber JP. Associations between three clinical assessment tools for postural stability. *N. Am. J. Sports. Phys. The*. 2010; 5(3): 122.
53. Delbaere K, Close JC, Mikolaizak AS, Sachdev PS, Brodaty H, Lord SR. The falls efficacy scale international (FES-I). A comprehensive longitudinal validation study. *Age Ageing*. 2010; 39(2): 210-16.
54. García Hernández JJ, Mediavilla Saldaña L, Pérez Rodríguez M, Pérez Tejero J, González Alted C. Análisis del efecto de las actividades físicas grupales en pacientes con daño cerebral adquirido en fase subaguda. *Rev Neurol*. 2013; 57(2): 64-70.
55. Mejía Luna JN. Realidad Virtual, Estado del arte y análisis crítico [tesis doctoral]. Universidad de Granada; 2012.
56. Viñas-Diz S, Sobrido-Prieto M. Realidad virtual con fines terapéuticos en pacientes con ictus: revisión sistemática. *Neurología*. 2016; 31(4): 255-77.
57. Kurtzke, JF Rating neurologic impairment in multiple sclerosis an expanded disability status scale (EDSS). *Neurology*. 1983; 33(11): 1444.
58. Hamilton BB, Laughlin JA, Fiedler RC, Granger CV. Interrater reliability of the 7-level functional independence measure (FIM). *Scand J Rehabil Med*. 1994; 26(3): 115-19.
59. Kjolhede T, Vissing K, Dalgas U. Multiple sclerosis and pregressive resistance training: a systematic review. *Mult Scler*. 2012; 18:1215–28.

60. Sabapathy NM, Minihan CL, Turner GT, Broadley SA. Comparing endurance- and resistance-exercise training in people with multiple sclerosis: a randomized pilot study. *Clin Rehabil.* 2011; 25:14–24.
61. Tarakci E, Yeldan I, Huseyinsinoglu B. Group exercise training for balance, functional status, spasticity, fatigue and quality of life in multiple sclerosis: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2013; 27:813–22.
62. Learmonth YC, Paul L, Miller L, Mattison P, McFadyen AK. The effects of a 12-week leisure centre-based, group exercise intervention for people moderately affected with multiple sclerosis: a randomized controlled pilot study. *Clin Rehabil.* 2012; 26(7): 579-93.
63. Kasser SL, Jacobs JV. Understanding and treating balance impairment in multiple sclerosis. *Sci. Commun.* 2014; 21(9): 419-32.
64. Eftekharsadat B, Babaei-Ghazani A, Mohammadzadeh M, Talebi M, Eslamian F, Azari E. Effect of virtual reality-based balance training in multiple sclerosis. *Neurol Res.* 2015; 37(6): 539-44.
65. Pau M, Coghe G, Corona F, Leban B, Marrosu MG, Cocco E. Effectiveness and limitations of unsupervised home-based balance rehabilitation with Nintendo Wii in people with multiple sclerosis. *BioMed Res Int.* 2015.
66. Nilsagård YE, Forsberg AS, von Koch L. Balance exercise for persons with multiple sclerosis using Wii games: a randomised, controlled multi-centre study. *Mult Scler.* 2013; 19(2):209–16.
67. Fulk GD. Locomotor Training and Virtual Reality-based Balance Training for an Individual with Multiple Sclerosis: A Case Report. *J. Neurol. Phys. Ther.* 2005; 29(1): 34-42.
68. Baram Y. Virtual sensory feedback for gait improvement in neurological patients. *Front Neurol.* 2013; 4.
69. Prosperini L, Fortuna D, Gianni C, Leonardi L, Marchetti MR, Pozzilli C. Home-based balance training using the Wii balance board: a randomized, crossover pilot study in multiple sclerosis. *Neurorehabil Neural Repair.* 2013; 27(6): 516-25.

70. Petajan JH, Gappmaier E, White AT, Spencer MK., Mino L, Hicks RW. Impact of aerobic training on fitness and quality of life in multiple sclerosis. *Ann Neurol.* 1996; (39): 432-41.
71. Haselkorn JK, Hughes C, Rae-Grant A, Henson LJ, Bever CT, Lo AC, Armstrong MJ. Summary of comprehensive systematic review: Rehabilitation in multiple sclerosis Report of the Guideline Development, Dissemination, and Implementation Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology.* 2015; 85(21): 1896-1903.
72. Plow M, Finlayson M. A qualitative study exploring the usability of Nintendo Wii Fit among persons with multiple sclerosis. *Occup Ther Int.* 2014; 21(1): 21-32.
73. Taylor MJD, Griffin M. The use of gaming technology for rehabilitation in people with multiple sclerosis. *Mult Scler.* 2015; 21(4): 355–71.

9. ANEXOS

9.1 ANEXO I

Tabla XII Artículos excluidos

Nombre del artículo	Autor y año	Nombre de la revista	Motivo de exclusión
The effect of virtual reality-based balance training in multiple sclerosis	Babaei-Ghazani A, et al, 2013	Archives of physical medicine and rehabilitation	Tras la lectura del resumen, se excluye. Investiga los efectos que provoca en el control postural un programa de entrenamiento del equilibrio. Sin embargo, no se compara con un grupo control que recibe tratamiento de fisioterapia convencional. El grupo control se limitó a mantener su estilo de vida
Virtual sensory feedback for gait improvement in neurological patients	Baram, Y., 2013	Frontiers in Neural Circuits	Tras lectura de texto completo, se excluye. Evalúa la eficacia sobre el equilibrio y la marcha de la retroalimentación sensorial mediante realidad virtual en pacientes neurológicos con problemas de movilidad, entre ellos esclerosis múltiple , pero no se compara con un grupo control que recibe tratamiento de fisioterapia convencional
Touch screen performance by individuals with and without motor control disabilities	Chen, Karen B, et al, 2013	Applied ergonomics	No se adapta al tema de estudio
Effect of virtual reality-based balance training in multiple sclerosis	Eftekharsadat, B et al. ,2015	Neurological Research	Se excluye tras la lectura del texto completo. Evalúa la eficacia de un programa de entrenamiento del equilibrio utilizando el sistema Biodex SD, pero no se compara con un grupo control que recibe tratamiento de fisioterapia convencional. En el grupo control no se realiza ninguna intervención.

Robot-supported upper limb training in a virtual learning environment: A pilot randomized controlled trial in persons with multiple sclerosis	Feys, P,et al, 2015	Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation	No se adapta al tema de estudio. Mide la funcionalidad de miembros superiores
The GestureTek virtual reality system in rehabilitation: A scoping review	Glegg, SMN et al. , 2014	Disability and Rehabilitation: Assistive Technology	Tras la lectura del texto completo, se excluye. Solo un estudio de los incluidos es de esclerosis múltiple. Es un estudio de caso, no hay grupo control para comparar
A telerehabilitation program by virtual reality-video games improves balance and postural control in multiple sclerosis patients	Ortiz Gutierrez, R et al. , 2013	NeuroRehabilitation	No permite acceso a texto completo a través de los recursos de la UDC
Efficacy of exercise intervention programs on cognition in people suffering from multiple sclerosis, stroke and Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis	Kalron, A et al, 2015	NeuroRehabilitation	No se adapta al tema de estudio. Se centra en la valoración del rendimiento cognitivo
The effect of balance training using the computer assisted rehabilitation environment virtual reality system in people with multiple sclerosis	Kalron, A et al. , 2016	32nd Congress of the European-Committee-for-Treatment-and-Research-in-Multiple-Sclerosis (ECTRIMS)	No permite acceso a texto completo a través de los recursos de la UDC
Understanding and treating balance impairment in multiple sclerosis	Kasser, S.L. et al. , 2014	Journal of Clinical Outcomes Management	Tras la lectura del texto completo, se extrae que varios estudios demuestran que el uso de dispositivos de realidad virtual en personas con esclerosis múltiple proporciona mejoras a corto plazo en el equilibrio y la marcha. Sin embargo no se comparan los resultados con un grupo control que haya recibido un tratamiento de fisioterapia convencional

Uso de RV en el tratamiento fisioterápico de la EM

Virtual Reality System for Multiple Sclerosis Rehabilitation using KINECT	Lozano-Quilis, J. A et al, 2013	7th International PERVASIVE HEALTH, 2013	No tiene acceso al texto completo a través de los recursos de la UDC
The assessment and treatment of postural disorders in cerebellar ataxia: a systematic review.	Marquer, A. et al. , 2014	Annals of physical and rehabilitation medicine	Tras la lectura del texto completo, de los 5 estudios incluidos en la revisión sobre pacientes con esclerosis múltiple y ataxia cerebelosa, solo uno utiliza realidad virtual. Se trata de un estudio prospectivo con 14 pacientes, donde se realiza 1 única sesión empleando retroalimentación visual durante la marcha por medio de realidad virtual para evaluar su eficacia sobre la marcha y el equilibrio. No existe un grupo control que reciba un tratamiento de fisioterapia convencional
Multiple sclerosis: changes in microarchitecture of white matter tracts after training with a video game balance board.	Prosperini, L. et al, 2014	Radiology	Tras lectura del resumen, se excluye porque el grupo control lo forman sujetos sanos.
Adaptive manipulation of virtual tools to treat upper limb impairment in Multiple Sclerosis: A double-blind parallel multicentres study	Solaro C. et al, 2012	Multiple sclerosis	No se adapta al tema, se centra en la evaluación e intervención sobre la capacidad funcional de miembros superiores

UDC: Universidade da Coruña

9.2 ANEXO II

Tabla XIII Principales resultados de los artículos incluidos

Autor y año	Nombre del artículo	Tipo de estudio y nivel de evidencia	Objetivo	Características de la muestra	Variables estudiadas	Procedimiento	Resultados
Ortiz-Gutiérrez, R. et al. , 2013	A telerehabilitation program improves postural control in multiple sclerosis patients: A Spanish preliminary study	ECA, 1B	Analizar las mejoras en el control postural en pacientes con EM que completan un programa de telerehabilitación en situaciones donde el tratamiento convencional no está disponible	47 pacientes, entre 20 y 60 años, con una puntuación en la escala EDSS entre 3-5	SOT, mediante las variables dependientes CES PREF CHALECO ViR SR	Programa de tratamiento de 10 semanas en ambos grupos. El grupo experimental realizó 40 sesiones de 20 min repartidas en 4 sesiones/semana de telerehabilitación utilizando el Xbox 360 y la consola Kinect. El grupo control recibió sesiones de fisioterapia de 40 min 2 veces/semana	CES, PREF y CHALECO tuvieron mejoras significativas en el grupo experimental SR tuvo mejoras significativas en grupo control Diferencias significativas entre ambos grupos a favor del grupo experimental en CES, PREF y CHALECO
Kalron, A et al., 2016	The effect of balance training using the computer assisted rehabilitation environment virtual reality system in people with multiple sclerosis	ECA, 1B	Examinar la eficacia de un programa de entrenamiento del equilibrio basado en RV utilizando la rehabilitación asistida por ordenador del sistema CAREN en pacientes con EM	30 pacientes con EM recurrente-remitente, entre 25 y 55 años, con una puntuación de 3 o más en EDSS	8 parámetros posturografía con ojos abiertos/ojos cerrados FRT BBS FSST FES-I	2 sesiones/semana de 30 min durante 6 semanas consecutivas. La tarea del grupo intervención consistió en mantener el equilibrio en la plataforma e interceptar objetivos en movimiento. La tarea del grupo control fue realizar 10 min estiramientos y 20 min un protocolo de entrenamiento del control postural	Mejoras en ambos grupos en FRT, FSST y FES-I Diferencias significativas a favor de grupo intervención para FRT y FES-I.

Uso de RV en el tratamiento fisioterápico de la EM

Lozano-Quilis, JA et al. , 2014	Virtual rehabilitation for multiple sclerosis using a kinect-based system: randomized controlled trial	ECA, 1B	Evaluar la eficacia de un sistema de rehabilitación virtual basado en Kinect (RemoviEM) en la rehabilitación del equilibrio de pacientes con EM, en comparación con la rehabilitación estándar (fisioterapia tradicional)	11 pacientes con una media de edad de 45 años, con una puntuación mínima de 6 en la escala FIM	BBS Tinetti SLB Test 10metros TUG	1 sesión/semana de 1 h de duración, un total de 10 sesiones. El grupo control realiza ejercicios de equilibrio y marcha estándar. Los pacientes del grupo experimental realizan durante 45 min esos mismos ejercicios, y los últimos 15 min, llevan a cabo los ejercicios de rehabilitación virtuales	Diferencias significativas a favor del grupo experimental en BBS y SLB con el pie derecho. Para Tinetti, SLB pie izquierdo y test 10 m las mejoras fueron mayores en el grupo experimental pero las diferencias no fueron significativas entre los grupos. En el caso de TUG, mejora más en el grupo control pero la diferencia entre grupos no fue significativa
Peruzzi, A. et al. , 2016	An innovative training program based on virtual reality and treadmill: effects on gait of persons with multiple sclerosis	ECA, 1B	Comparar los efectos de dos programas de rehabilitación en cinta de correr, uno de ellos basado en RV, en las medidas de la marcha de personas con EM	25 personas con EM remitente-recidivante, con discapacidad leve a moderada (EDSS 3-5.5)	Velocidad, cadencia y longitud zancada ROM y potencia muscular, en doble tarea y tarea simple. TC6, Prueba 10m TUG, BBS, FSST	3 sesiones/semana de 45 minutos, durante 6 semanas. El grupo experimental tenía que realizar a la vez mediante el dispositivo de RV tareas motoras y cognitivas	Mejoras en ambos grupos en velocidad, cadencia y longitud zancada. La diferencia entre grupos no es significativa. Diferencias significativas a favor de RV en ROM de rodilla y cadera y en potencia de flexores, del lado menos afectado, en tarea simple y doble tarea. Mejoras en TC6, prueba 10m, TUG, BBS y FSST en grupo experimental. El grupo control mejoró en TC6. Diferencias no significativas

ECA: ensayo clínico controlado y aleatorizado; **EM:** esclerosis múltiple; **EDSS:** Expanded Disability Status Scale; **SOT:** Sensory Organization Test; **CES:** compuesto equilibrio score; **PREF:** relación de preferencia visual; **CHALECO:** relación vestibular; **VIR:** relación visual; **SR:** relación somato sensorial; **RV:** realidad virtual; **EDSS:**; **FRT:** Functional Reach Test; **BBS:** Berg Balance Scale; **FSST:** Four Step Square Test; **FES-I:** Falls Efficacy Scale International; **FIM:** Functional Independence Measure; **SLB:** Single Leg Balance; **TUG:** Test Timed Get Up and Go; **ROM:** rango de movimiento; **TC6:** test de la caminata en 6 minutos