



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE MEDICINA

Máster en Rehabilitación Visual

MEMORIA TRABAJO FIN DE MÁSTER TITULADO

Rehabilitación visual en personas con Esclerosis Múltiple

Presentado por: Gema Pérez Cerdán

Tutelado por: Rubén Asensio Cuadrado

En Valladolid a, 30 de junio de 2023

ÍNDICE

Resumen	4
Abreviaturas	6
1. Introducción.....	7
1.1 <i>Definición de esclerosis múltiple</i>	7
1.2 <i>Prevalencia de la EM</i>	8
1.3 <i>Causas principales de la EM y sintomatología asociada</i>	9
1.4 <i>Principales afectaciones oculares</i>	10
1.5 <i>Aplicación de pruebas optométricas útiles en la detección de EM</i>	11
1.6 <i>Métodos de rehabilitación en pacientes con EM</i>	12
2. Objetivos	13
3. Metodología.....	14
4. Resultados	16
5. Discusión.....	19
5.1 <i>Movimientos oculares en EM</i>	19
5.2 <i>Visión binocular y acomodación en EM</i>	20
5.3 <i>Rehabilitación visual y nuevas tecnologías en pacientes con EM</i>	23
6. Conclusiones.....	25
7. Referencias	26

RESUMEN

La esclerosis múltiple es una enfermedad neurodegenerativa que afecta el sistema nervioso central, caracterizada por la inflamación y degeneración progresiva, generando problemas en las capacidades motoras, sensoriales, oculares y de coordinación.

Con el objetivo de valorar las principales afectaciones oculares en pacientes con esclerosis múltiple y determinar la eficacia de la rehabilitación visual, se realiza una revisión bibliográfica con un total de 16 artículos rescatados, donde se diferencian varios tipos de afectaciones como son la neuritis óptica, oftalmoplejía internuclear, adelgazamiento de las diferentes capas retinianas, reducción de la sensibilidad al contraste o aparición de nistagmo o problemas oculomotores.

En cuanto a la eficacia de la rehabilitación visual en pacientes con esclerosis múltiple la evidencia es limitada, sin embargo, los últimos estudios apuntan a que la realidad virtual, así como los sistemas de eye tracking, pueden facilitar su evaluación y tratamiento. Aun así, son necesarios estudios con una muestra mayor y un protocolo y metodología común para obtener unos resultados más concluyentes.

Palabras clave: esclerosis múltiple, rehabilitación visual, movimientos oculares, realidad virtual.

SUMMARY

Multiple sclerosis is a neurodegenerative disease that affects the central nervous system, characterized by progressive inflammation and degeneration, leading to impairments in motor, sensory, ocular, and coordination abilities.

To assess the main ocular impairments in patients with multiple sclerosis and evaluate the effectiveness of visual rehabilitation, a literature review was conducted with a total of 16 retrieved articles. Various types of impairments were identified, including optic neuritis, internuclear ophthalmoplegia, thinning of different retinal layers, reduced contrast sensitivity, nystagmus, and ocular motor problems.

Regarding the effectiveness of visual rehabilitation in patients with multiple sclerosis, the evidence is limited. However, recent studies suggest that virtual reality and eye tracking systems may facilitate assessment and treatment. Nevertheless, further studies with larger sample sizes and a common protocol and methodology are needed to obtain more conclusive results.

Keywords: multiple sclerosis, visual rehabilitation, eye movements, virtual reality.

ABREVIATURAS

CV	Campo visual
EM	Esclerosis múltiple
ERG	Electrorretinograma
IC	Insuficiencia de convergencia
INO	Oftalmoplejía internuclear
NO	Neuritis óptica
OCT	Tomografía de coherencia óptica
PPC	Punto próximo de convergencia
PVE	Potenciales visuales evocados
RV	Realidad virtual
SCA	Síndrome clínicamente aislado
SNC	Sistema nervioso central
VFN	Vergencia fusional negativa
VFP	Vergencia fusional positiva
VL	Visión lejana
VP	Visión próxima

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Definición de esclerosis múltiple

La esclerosis múltiple (EM) es una enfermedad neurodegenerativa que provoca la inflamación del sistema nervioso central (SNC). Está causada principalmente por procesos autoinmunes que producen daños en la vaina que protege los nervios (mielina).

La pérdida de la mielina, denominada desmielinización (Figura 1), generalmente conlleva una alteración de la capacidad de los nervios, limitando la conducción de los impulsos eléctricos hacia y desde el cerebro (1).

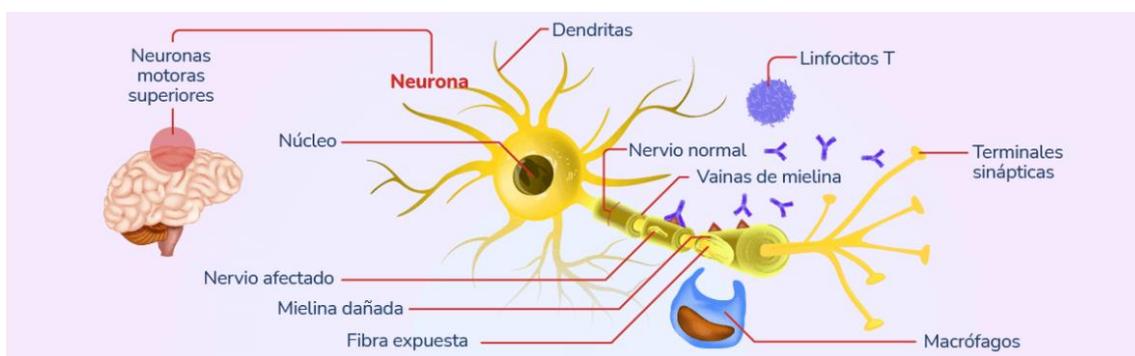


Figura 1. Imagen de neurona dañada por proceso de desmielinización. *Fuente:* Atlas de esclerosis múltiple 2020, Organización Mundial de la Salud (OMS) y Revista de Medicina y Salud Pública (MSP).

Los pacientes manifiestan por lo general la enfermedad con lo denominado síndrome clínicamente aislado (SCA), caracterizado por la presentación de un brote que provoca la inflamación y pérdida de mielina en el SNC.

Ante este primer brote, se considera que los pacientes presentan un SCA, puesto que existe evidencia de síntomas y, a través de pruebas realizadas, como ahora imágenes de resonancia magnética, que no cumple con precisión los criterios de diagnóstico para la EM. Sin embargo, existe una alta probabilidad de un diagnóstico de EM en un futuro (2).

En términos generales, se clasifican diversas categorías de EM (2,3):

- EM remitente recurrente: forma más común de EM en las primeras etapas. Está caracterizada por la repetición de nuevos episodios, también denominados recaídas o brotes, con nuevos síntomas o más intensos. A estos brotes les sigue periodos de remisión.
- EM primaria progresiva: se refiere al tiempo durante el cual existe un progreso de deterioro neurológico desde el inicio de la enfermedad.
- EM secundaria progresiva: caracterizada por la progresión de los síntomas sostenidos en el tiempo. Se inicia como la EM remitente recurrente y avanza a la fase degenerativa de la primaria progresiva.
- EM progresiva recurrente: en este caso, el empeoramiento de la EM es gradual desde el comienzo de la EM, pero también existen recaídas. Por tanto, inicia con la fase progresiva y avanza hacia una fase de recaídas o brotes.

1.2 Prevalencia de la EM

Aunque los datos de la prevalencia de la EM son heterogéneos, se estima que hay 2,8 millones de personas con EM a nivel mundial, según el último estudio epidemiológico del 2020 (Figura 2) (4).

Cabe destacar que esta cifra ha aumentado con respecto a la obtenida en 2013, siendo ésta 2,3 millones de personas, y la literatura sugiere varios factores que pueden influir en la explicación de este incremento. Algunos de ellos pueden ser las mejoras metodológicas a nivel estadístico nacional y globalmente desde 2013, mejoras en el diagnóstico, el hecho de que las personas con EM vivan más tiempo y el aumento de la población mundial (4).

En Europa, la EM tiene una incidencia de alrededor de 108 por cada 100.000 habitantes, y afecta alrededor de 700.000 personas en todo el continente. En España, según investigaciones realizados entre el 2017 y 2019, la tasa de incidencia estimada está entre 80 y 125 casos por cada 100.000 habitantes, con una población de EM de 55.000 personas en 2020 (5).

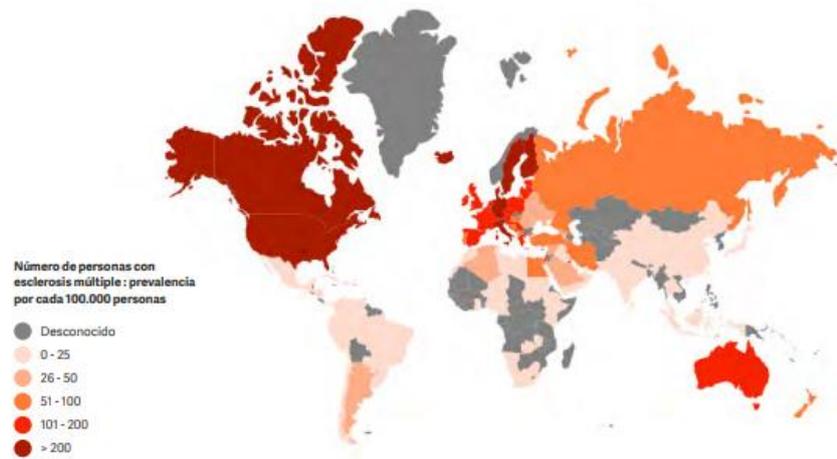


Figura 2. Incidencia de la EM en el mundo. *Fuente:* Extraído del proyecto Atlas de EM. Datos de la OMS de 2020.

En cuanto al género, existe una mayor prevalencia por el sexo femenino (69%) frente al masculino (31%). Esta diferencia de riesgo entre ambos géneros es, hasta la actualidad, desconocida, aunque factores como las diferencias hormonales y genéticas y las diferencias en el estilo de vida entre hombres y mujeres pueden influenciar en la predisposición de la EM (6).

En lo referente a la edad, es cierto que puede presentarse a cualquier edad, pero se considera la primera causa de discapacidad en adultos jóvenes, y suele presentarse entre los 20 y los 30 años (7).

1.3 Causas principales de la EM y sintomatología asociada

La principal etiología de la EM sigue siendo objetivo de estudio, pero se postula que es multifactorial, con intervención genética por un lado y factores ambientales que aumentan el riesgo, como el tabaquismo, la latitud, la deficiencia de vitamina D o la infección por el virus de Epstein-Barr (8,9).

Aunque los síntomas de la EM son diferentes para cada persona, los síntomas más referidos son visión borrosa, alteraciones del equilibrio y memoria, sensación de hormigueo, debilidad física, rigidez muscular, entre otras (10).

Además de los síntomas descritos, también se refiere que el sistema sensorial es uno de los más afectados (54%), y el óptico hasta en un 21.5% de los pacientes (11).

Cabe destacar que los diferentes patrones en los brotes, la frecuencia o la intensidad de los síntomas que refieren los pacientes con EM, caracterizan la EM como la “Enfermedad de las Mil Caras”.

1.4 Principales afectaciones oculares

La afectación a nivel ocular en pacientes con EM ha sido objetivo de estudio a lo largo de los años, con fin de comprender la relación entre la desmielinización y el daño axonal y su impacto en la visión.

Las principales afectaciones a nivel ocular de los pacientes con EM son (10–12):

- Neuritis óptica (NO): es una de las manifestaciones agudas más frecuentes. Se considera que entre un 19-26% de la población con EM presenta este tipo de afectación al inicio de la enfermedad, y entre un 50-75% durante el transcurso de ésta.
- Oftalmoplejía intranuclear (INO): afecta entre el 30-50% de los pacientes con EM. Se caracteriza por la limitación en la realización de los movimientos oculares, como resultado de la lesión o debilidad en los músculos oculares o en los nervios que los controlan. (Figura 3).
- Nistagmo, oscilopsia, movimientos sacádicos anormales y/o disfunciones oculomotoras: también han sido descritas en pacientes con EM, así como diplopía, visión borrosa y/o fatiga ocular.
- Escotomas en el campo visual (CV): afectaciones en estructuras postquiasmáticas, provocando defectos homónimos del CV que generalmente suelen recuperarse completamente.

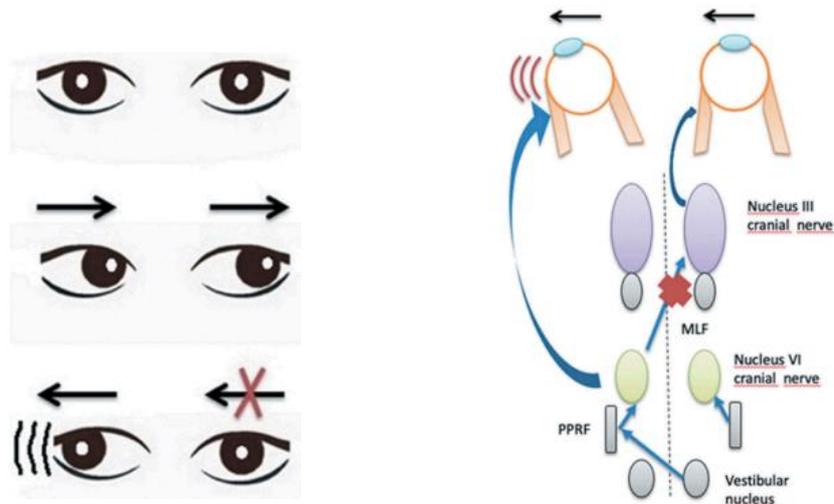


Figura 3. Descripción de la INO: al producirse la desmielinización del fascículo longitudinal medial, el tamaño y el tiempo del impulso de inervación se ven afectados, alterando la aducción del recto medial del ojo derecho. *Fuente:* Amparo Gil-Casas, David P Piñero & Ainhoa Molina-Martin (2020).

1.5 Aplicación de pruebas optométricas útiles en la detección de EM

El avance tecnológico en sistemas de imagen de alta resolución ha permitido caracterizar la EM mediante medidas estructurales.

En este sentido, la tomografía de coherencia óptica (OCT) se destaca como una herramienta especialmente ventajosa. La OCT evalúa el espesor de la capa de fibras nerviosas, el volumen macular y el espesor del complejo formado por la capa plexiforme interna de la retina y la capa de células ganglionares (Figura 4). Esta técnica proporciona una visualización en tiempo real del daño axonal y la pérdida neuronal en las vías visuales anteriores, características distintivas de la EM (13).

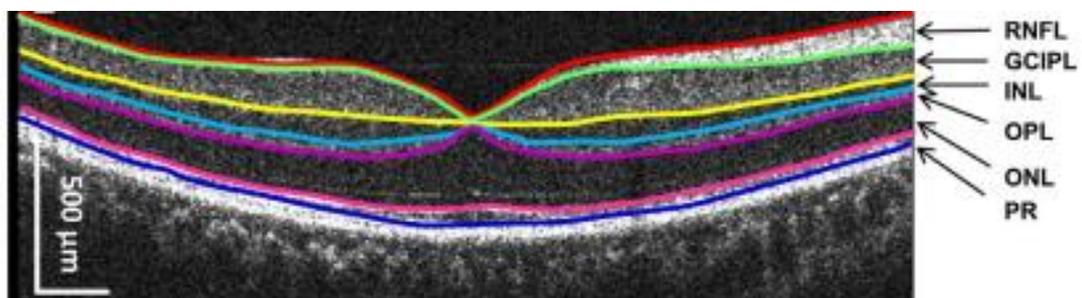


Figura 4. Segmento de las 6 capas intrarretinianas de un paciente sano. *Fuente:* Smith, J., Johnson, A., & Brown, L., (2020).

Igualmente, pruebas electrofisiológicas como los potenciales visuales evocados (PVE) o electroretinograma (ERG) son sensibles a manifestaciones visuales de EM (14).

Para la valoración de las alteraciones oculomotoras, se han utilizado técnicas como la vídeo-oculografía, correlacionadas con imágenes de resonancia magnética. Además, existen técnicas más simples y económicas, aunque menos sensibles y precisas, que podrían utilizarse para evaluar anomalías en los movimientos sacádicos, como el test King-Devick o el DEM (15).

1.6 Métodos de rehabilitación en pacientes con EM

Los métodos de rehabilitación o tratamientos visuales en pacientes con EM han variado a lo largo de los años, incluyendo la ortóptica, uso de prismas, cirugía, o bien el uso de realidad virtual (RV) para facilitar no solo la realización de actividades visuales sino también cognitivas y motoras (12,16).

El objetivo principal del tratamiento en la EM es retrasar el progreso de la enfermedad y tratar los síntomas. Para lograr esto, se emplean diversos fármacos, tales como inmunosupresores, inmunomoduladores y corticoides, que están diseñados para reducir la duración y gravedad de las recaídas, así como para frenar la progresión de la enfermedad (3,12,17).

Por otro lado, la rehabilitación tiene como objetivo la reeducación de las funciones motoras y cognitivas, lo que es fundamental para mejorar la calidad de vida del paciente y ayudarlo a desempeñarse en las actividades diarias, fortaleciendo sus habilidades restantes y aprendiendo nuevas estrategias (18). Las terapias de rehabilitación visual usadas más comunes son el uso de prismas o bien la cirugía, que pueden reducir las dificultades relacionadas con la visión doble o problemas en el CV. Aun así, es necesario tener presente que cualquier paciente con oscilopsia o diplopía deben acudir a una evaluación ortóptica con el fin de valorar el tratamiento más apropiado para cada caso (19).

En los últimos años, la realidad virtual (RV) se ha introducido en la rehabilitación neurológica, aportando una mejora en la función motora y cognitiva, por lo que resulta también una herramienta novedosa que podría afectar de manera positiva los resultados en la rehabilitación con pacientes con EM (18,20).

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es realizar una revisión bibliográfica para valorar la eficacia de la rehabilitación visual en pacientes con EM.

Los objetivos específicos son:

- Enumerar las principales afectaciones visuales y oculares en las personas con EM.
- Describir las diferentes técnicas de rehabilitación en sujetos con EM.
- Finalmente se evaluará cómo las nuevas tecnologías pueden facilitar la evaluación, así como para el desarrollo de un programa de rehabilitación visual específico para pacientes con EM.

3. METODOLOGÍA

Se realizó una revisión bibliográfica de artículos científicos relacionados con la rehabilitación visual en personas con EM.

La búsqueda se llevó a cabo en las bases PubMed y Scopus durante los meses de enero y febrero de 2023. Se tuvieron en cuenta las siguientes palabras clave: “multiple sclerosis”, “low vision”, “visual rehabilitation” y “visual impairment”, restringiendo la búsqueda a los últimos 10 años, con el objetivo de obtener resultados más actualizados. Para ello se formularon diferentes ecuaciones de búsqueda teniendo en cuenta las palabras clave descritas combinadas con los operadores booleanos “AND” y “OR” según se muestra en las ecuaciones de búsqueda en la tabla 1.

Tabla 1. Ecuaciones de búsqueda.

(Visual therapy OR visual rehabilitation) AND (multiple sclerosis)
(Visual impairment OR low vision) AND (multiple sclerosis)
((Ocular motility disorders) OR (binocular alterations) OR (accommodative alterations)) AND (multiple sclerosis)

En las dos bases de datos usadas (PubMed y Scopus), se realizó la búsqueda mediante la opción “búsqueda avanzada”, con el fin de limitar los resultados de búsqueda a aquellos artículos cuyos títulos incluyeran las palabras clave seleccionadas en cada ecuación de búsqueda. Asimismo, se incluyeron artículos de revistas evaluadas por expertos, con disponibilidad de recursos en Open Access y relacionados con óptica/ofthalmología.

Para la selección de artículos se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de inclusión:

- Artículos con pacientes con EM.
- Problemas a nivel visual, tanto a nivel oftálmico como optométrico.
- Artículos originales, cuyo objetivo fuera la valoración de la rehabilitación con pacientes con EM.
- Uso de las nuevas tecnologías como el eye-tracker (E-T) para la valoración y/o rehabilitación con pacientes con EM.
- Artículos publicados en inglés o español.
- Publicados en los últimos 10 años.

Criterios de exclusión:

- Simulaciones sin pacientes reales.
- Uso de técnicas médico-quirúrgicas.
- Artículos publicados en idioma diferente al inglés o español.
- Aquellos que no cumplan con los criterios de inclusión.

La búsqueda bibliográfica se realizó en fases secuenciales. En la primera de ellas la selección se centró en aquellos artículos cuyo título incluyera las palabras clave mostradas en cada ecuación de búsqueda.

En la segunda fase se seleccionaron los artículos tras la lectura del resumen, así como las palabras clave descritas en cada uno. Y, finalmente, se realizó una lectura completa de cada uno de los artículos.

4. RESULTADOS

Se revisaron un total de 20 artículos en las diferentes bases de datos tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión detallados. Se detalla en la figura 5 las diferentes fases en el proceso de selección de los artículos.

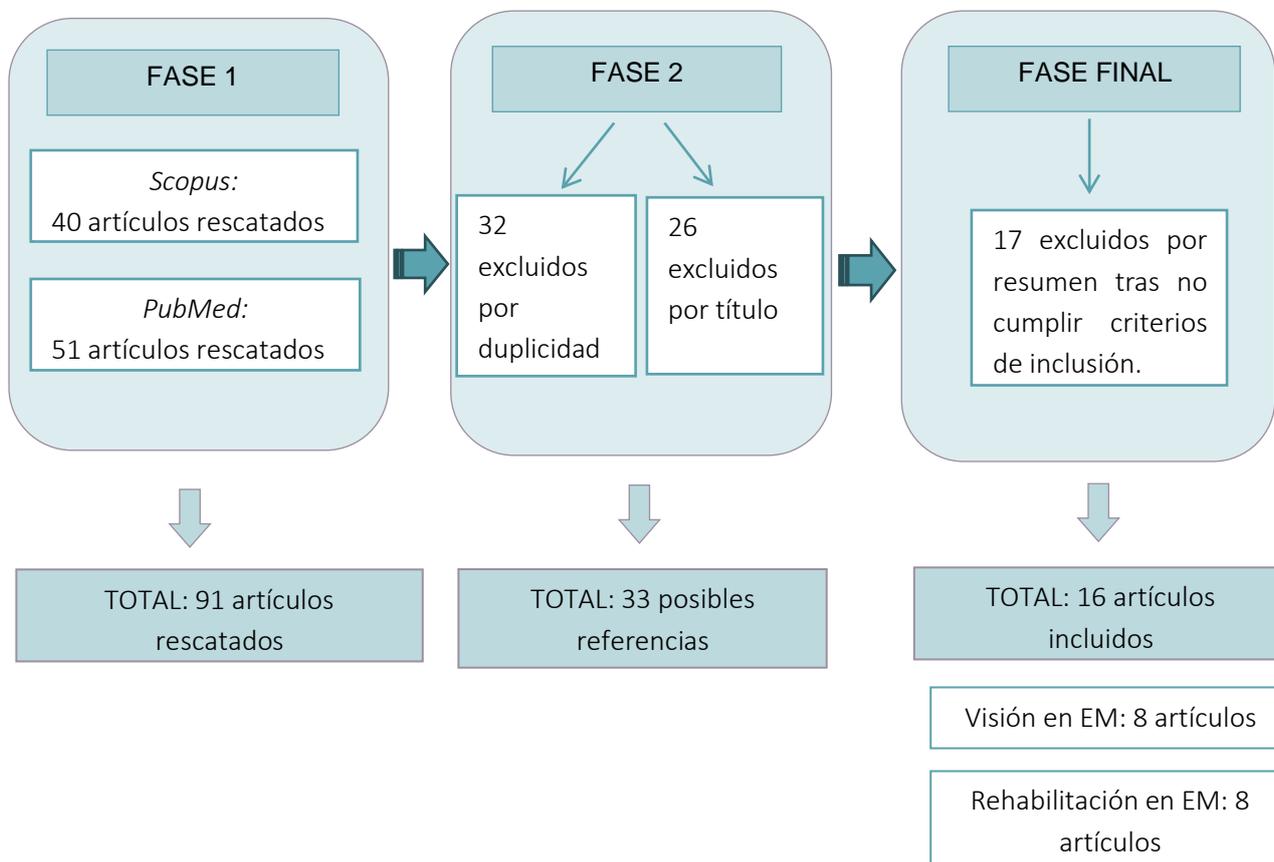


Figura 5. Diagrama de flujo de la búsqueda. Fuente: elaboración propia.

La literatura reportó los siguientes resultados:

- Problemas oculomotores o de la visión binocular en pacientes con EM (Tabla 2).
- Técnicas de rehabilitación en pacientes con EM (Tabla 3).

Se describen en las siguientes tablas los artículos más relevantes, mostrando sus principales características, objetivos y conclusiones obtenidas en cada uno de ellos.

Tabla 2. Tabla resumen de los resultados encontrados para visión en EM.

VISIÓN EN EM					
Estudio	Muestra (n)	Edad (años)	Método	Objetivo	Resultados
Sanchez-Dalmau et al., 2018 (10)	65 EM sin NO 54 EM y NO	N/A	AV de alto y bajo contraste, visión color, retina.	Identificar cambios visuales y su relación con EM	Pacientes con NO presentan: <ul style="list-style-type: none"> · Menor AV de bajo contraste · Visión del color alterados · Adelgazamiento en las fibras retinianas
Schinzl et al., 2014 (14)	92 EM	Media= 45.69	Grosor fibras retinianas, AV bajo contraste, PVE, NEI VFQ-25	Evaluar relaciones entre: AV de bajo contraste, integridad retiniana y calidad de vida de pacientes con EM	<ul style="list-style-type: none"> · La AV de bajo contraste reflejó el grosor de la retina y la latencia en los PVE (P100). · Menor puntuación en NEIVFQ para visión general y actividades VP en pacientes con EM.
Satue etl al., 2016 (21)	84 EM 84 C	Media= 46.69	OCT	Evaluar cambios retinianos en pacientes con EM y su correlación en la visión	<ul style="list-style-type: none"> · Adelgazamiento fibras retinianas y de células ganglionares conllevan alteración en AV disminuida
Yousef et al., 2019 (22)	15 EM 6 C	Media = 15.6	Eye Brain tracker T2	Determinar cambios de los movimientos oculares en niños con EM	<ul style="list-style-type: none"> · Valores de latencia en sacádicos 60 ms más largos en niños con EM en respecto a grupo control.
Bijvank et al., 2020 (23)	218 EM 58 C	Media: 54.5	Eyelink 1000 Plus	Describir anomalías sacádicas más allá de la INO y su relevancia	<ul style="list-style-type: none"> · Latencia en sacádicos mayor en sujetos con una duración de la enfermedad más larga. · Retraso sacádico en EM se relacionó con avance de la enfermedad
Bijvank et al., 2019 (24)	210 EM 58 C	N/A	Test DEMoNS/ NIEVFQ-25	Valorar cuantitativamente la INO en EM	<ul style="list-style-type: none"> · Prevalencia INO en EM 34% · 35.2 % visión doble · Pacientes INO calidad de vida más baja
Gil-Casas et al., 2021 (25)	59 EM	Media: 49	PPC, VFP y VPN, estereopsis	Analizar la visión binocular en pacientes con EM	<ul style="list-style-type: none"> · Pacientes con EM, tendencia a endoforia en VP. · VFN en VP con diferencias significativas. · Alteraciones en la estereopsis
Nygaard et al., 2015 (26)	44 EM 41 C	Media: 35.1	Eye tracker	Evaluar tiempo inicio de sacada.	<ul style="list-style-type: none"> · Tiempo de inicio de la sacada mayor en EM.

Tabla 3. Resultados para rehabilitación en pacientes con EM.

MÉTODOS DE REHABILITACIÓN					
Estudio	Muestra (n)	Edad (años)	Método	Objetivo	Resultados
Dogru-Huzmeli et al., 2021 (27)	1 EM	39	Telerrehabilitación actividades oculomotoras	Evaluar efectividad de la telerrehabilitación.	· Paciente refirió reducción en su diplopía y mejora en calidad de vida.
Harenberg et al., 2021 (28)	16 EM 9 Control	[18-60]	Software 3D-MOT	Evaluar efectividad de entrenar el seguimiento de objetos en 3D	· 3D-MOT mostró efectividad similar en pacientes con EM y en controles.
Brissart et al., 2013 (29)	48 EM	[18-60]	Videojuego para terapia (Xbox Kinect)	Determinar mejora la movilidad mediante videojuego Xbox Kinet	· Mejoras en función cognitiva y psicológica de los pacientes rehabilitados con videojuegos.
Shalmoni et al., 2020 (30)	26 EM	Media =47.9	Entrenamiento visual mediante SVT	Examinar el efecto de SVT en EM	· No diferencias significativas entre evaluación pre y post SVT en: marcha y equilibrio. · Pequeñas diferencias en: velocidad de la marcha y tiempo de zancada.
Norouzi et al., 2021 (20)	45 EM	Media=26.4	Actividades en RV y de manera convencional y ambas combinadas.	Investigar diferentes entrenamientos para mejorar coordinación bimanual	· Precisión y consistencia mejoró más en condiciones combinadas.
Jonsdottir et al., 2018 (31)	16 EM	Media=56.8	Juegos mediante Wii	Valorar eficacia de juegos serios para rehabilitación (motora)	· Mejoras en la función motora · Elemento de motivación
Ortiz-Gutiérrez et al., 2013 (32)	25 EM 25 C	[20-60]	Juego mediante Xbox 360	Valorar eficacia de telerrehabilitación mediante Xbox	· Mejora en el procesamiento de la información sensorial y motora.
Peruzzi et al., 2016 (33)	8 EM	Media= 44.3	Actividades en RV	Evaluar la efectividad de la RV en rehabilitación	· Impacto positivo en habilidades motoras y cognitivas.

Abreviaturas en tablas: 3D-MOT: software de seguimiento de objetos en 3D. AV: Agudeza visual. INO: oftalmoplejía intranuclear. N/A: No aportada. NIE VFQ-25: Cuestionario función visual. NO: Neuritis óptica. OCT: tomografía de coherencia óptica. PPC: Punto próximo de convergencia. PVE: Potenciales visuales evocados. SVT: gafas estroboscópicas. VFP/VFN: vergencia fusional positiva-negativa

5. DISCUSIÓN

En lo que respecta a los resultados bibliográficos, se ha demostrado que existen problemas visuales asociados a la EM. Así pues, también se han valorado diferentes técnicas de rehabilitación que pueden mejorar, no solo la sintomatología de estos pacientes, sino también su calidad de vida.

5.1 Movimientos oculares en EM

La EM causa alteraciones en el sistema oculomotor, tal y como se ha demostrado en diferentes artículos, las cuales son, principalmente, resultado de la desmielinización de diferentes partes de la vía visual (15,22,25).

Las alteraciones oculomotoras que más prevalencia muestra la bibliografía consultada son el nistagmo y las alteraciones en los movimientos sacádicos, encontrándose disimetrías en éstos y un aumento de la latencia, con diferencias de hasta 60 ms con respecto a pacientes control. Además, también se encontró un aumento de las sacudidas de onda cuadrada (Figura 6), que son movimientos bruscos de ida y vuelta, con un intervalo entre cada movimiento (15,34).

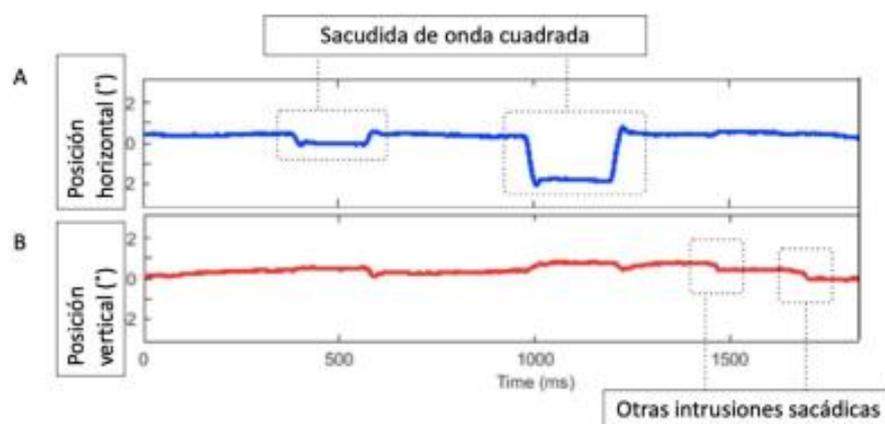


Figura 6. Registro de vídeo-oculografía de movimientos sacádicos en paciente con EM. **A)** Movimientos sacádicos horizontales de onda cuadrada. **B)** Sacádicos en movimientos oculares verticales. Fuente Nij Bijvank et al, (2019).

Algunos estudios apuntan la relación entre el retraso de la latencia sacádica y la calidad de vida relacionada con la visión (23,24). Esto es debido posiblemente a que la capacidad de cambiar rápidamente la mirada a diferentes objetos en el entorno está relacionada con esta función visual, y por tanto pueden experimentar más problemas visuales en la vida diaria.

Otro de los factores que se ha de tener en cuenta para el análisis de los movimientos sacádicos es la edad. Sin embargo, al estudiarse estos parámetros en pacientes con EM con una media de edad de 15.6 años (22), también se ha observado unos valores en la latencia de la sacada más larga. Estos resultados sugieren que estos movimientos, así como la calidad de vida relacionada con la visión, probablemente empeoran con la progresión de la enfermedad y no necesariamente sea causa de la edad (34).

Por otra parte, los movimientos oculares también pueden verse afectados debido a la INO, considerado como uno de los trastornos sacádicos más comunes que se ha observado en la EM. Aunque la INO generalmente no es sintomática en la posición primaria de mirada, sí lo es en las posiciones laterales, provocado diplopía o visión borrosa transitoria (26).

Otros de los aspectos que se han visto alterados en los estudios han sido una reducción de la visión del color (10,14). Esto puede ser correlacionado con la reducción de la capa de fibras nerviosas de la retina. Además, se ha de tener en cuenta que los pacientes con EM generalmente son tratados mediante el uso de corticoides (15), lo que puede favorecer la aparición de cataratas subcapsulares y, consecuentemente, se vea alterada la visión del color.

5.2 Visión binocular y acomodación en EM

Aunque las alteraciones oculomotoras en pacientes con EM han sido objeto en diferentes estudios, las alteraciones visuales y acomodativas en este tipo de paciente no han sido valorado en muchos de ellos.

El estudio de Gil Casas A., et al. (2021) (25), tuvo como objetivo valorar la visión binocular y acomodativa en estos pacientes y determinar si la presencia de NO (en uno o ambos ojos), tenía influencia en estos resultados. Al valorar los resultados obtenidos en el rango de punto próximo de convergencia (PPC), los grupos con EM mostraron valores superiores al grupo control. Estos hallazgos podrían atribuirse al hecho de que, una vez se interrumpe la capacidad de visión binocular, los pacientes con EM experimentan dificultades para restablecer la visión única. Esto puede deberse a un retraso en el estímulo de convergencia o a una respuesta más lenta de los músculos extraoculares encargados de esta función. Estas dificultades pueden ser causadas por alteraciones en la inervación o ser producto de la fatiga. Sin embargo, es necesario tener presente que el PPC en este estudio se valoró mediante estímulo no acomodativo, mientras que diferentes autores sugieren que el uso de estímulo acomodativo sería lo más indicado para valorarlo (35). Por tanto, sería necesario valorar si estos resultados varían al valorar mediante estímulo acomodativo.

Para la foria horizontal, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos de EM y los controles. Sin embargo, en pacientes con NO monocular se observó mediante métodos objetivos de medida una tendencia más endofórica, tanto en VL como VP (15). En cambio, cuando la foria es valorada mediante métodos subjetivos como el Thorington, se observaron valores menos exofóricos (25). Por tanto, estos valores indican la importancia de tener presente qué prueba ha sido usada, puesto que el resultado va a variar en función de ésta.

Los valores obtenidos para las vergencias sugieren que la función visual de cerca (VFN en VP) es la más afectada en la mayoría de los pacientes con EM. Esto indica que las alteraciones en la capacidad de enfocar pueden ser comunes en estos pacientes. Además, se observaron valores anormales de recuperación tanto para la función visual de cerca como para la de lejos (VFN y VFP) (15). Estos resultados podrían explicar los síntomas de visión doble característicos en los pacientes con EM. Es importante destacar que existe variabilidad entre los pacientes en cuanto a la medición de estas vergencias, lo

que sugiere que la fatiga y la capacidad de fijación pueden influir de manera diferente en cada individuo.

En cambio, los síntomas principales que presentan los pacientes con EM están relacionados en VP, como dolor ocular, fatiga, visión borrosa y mareos. Todos ellos son compatibles con una insuficiencia de convergencia (IC) (36). Sin embargo, tan solo un 15.8% de los pacientes presentaban una IC, por lo que se sugiere que otras de las funciones visuales afectan a la comodidad durante la lectura y las tareas de cerca (35). Algunas de ellas podrían ser la reducción de AV de alto y bajo contraste, presencia de NO o las sacadas irregulares. Otros de los aspectos que también se debe tener presente es que la mayoría de los estudios incluyen a pacientes con una media de edad de 50 años, por lo que también puede suponer una causa de los síntomas en VP.

Al valorar la estereopsis, teniendo en cuenta como límite de valor normal 70" (37), Gil Casas A, et al.,(2021) (15), encontró que el 100% de los pacientes con NO binocular presentaron valores fuera de la norma. Aunque es cierto que estos resultados pueden ser debidos a la alteración del nervio óptico, diferentes estudios que valoran la estereopsis sin la presencia de NO también encontraron resultados reducidos, aunque la prevalencia es bastante variable, entre el 22.2% y el 73.9%. Esto lleva a pensar que realmente estos valores reducidos se correlacionan con el resto de parámetros binoculares, por lo que esta reducción puede ser debida al daño en las vías visuales más que por esta disfunción binocular.

Por tanto, teniendo en cuenta los valores obtenidos en los pocos estudios que valoran la visión binocular en pacientes con EM, realmente no existe un patrón específico de alteración de la binocularidad, por lo que se precisan un mayor número de estudios que confirmen los resultados hallados.

5.3 Rehabilitación visual y nuevas tecnologías en pacientes con EM

No existen estudios actuales que aporten una evidencia contrastada sobre qué técnicas son las más adecuadas para la rehabilitación visual en pacientes con EM. Si se tiene en cuenta que unos de los síntomas principales referidos por los pacientes es la visión doble, el uso de prismas podría ser útil para evitarlo (15). Además, aunque la prevalencia de problemas de campo visual no es muy elevada, el uso de prismas para su manejo también puede resultar útil.

Por otra parte, y teniendo presente el concepto de neuroplasticidad, definido como la capacidad del sistema nervioso para adaptarse y cambiar en respuesta a la experiencia y a los estímulos del entorno, se pueden involucrar cambios en la estructura y función de las conexiones entre las células nerviosas, así como la generación de nuevas células nerviosas (38).

Por tanto, Hélène et al. (2017) (39) evidenció que la realización de terapia motora o cognitiva favorece a la plasticidad sináptica. Ésta se refiere a la recuperación de funciones que se han perdido debido a lesiones o trastornos degenerativos, como ocurre en la EM. Este proceso implica cambios estructurales en nuevas sinapsis a través del crecimiento y expansión de dendritas, así como la reorganización funcional y la participación de áreas adyacentes para suplir las funciones de las áreas dañadas (29).

Además, sí existe evidencia de que la rehabilitación visual en enfermedades degenerativas, como el Alzheimer, han favorecido a la mejora de los síntomas visuales (40). Por lo tanto, sería necesario valorar si en la EM también sería posible obtener resultados favorables para la mejora de la sintomatología referida.

Por otra parte, el uso de las nuevas tecnologías como la RV o el uso de sistemas de eye-trackers, pueden facilitar la valoración y registro de los movimientos oculares. En la neurorrehabilitación, la RV se ha convertido en motivo de estudio de diferentes estudios.

Desde una perspectiva de aprendizaje motor, la RV permite un entrenamiento de retroalimentación multisensorial, lo que la convierte en una herramienta válida para promover la entrada visual, auditiva y táctil y fortalecer esta retroalimentación (20,28,33). Existe la posibilidad de adaptar juegos serios mediante RV como herramienta de rehabilitación. Harengerb et al. (2021) (28), valoró esta posibilidad como rehabilitación motora, y aunque el tamaño de la muestra fue pequeño (n=16), los resultados obtenidos fueron prometedores en cuanto a la sintomatología de los pacientes.

Aunque varios estudios han tenido como objetivo valorar la parte motora (30,31,33), este entrenamiento motor presenta pistas visuales, por lo que sería necesario realizar estudios que valoren su eficacia también a nivel visual.

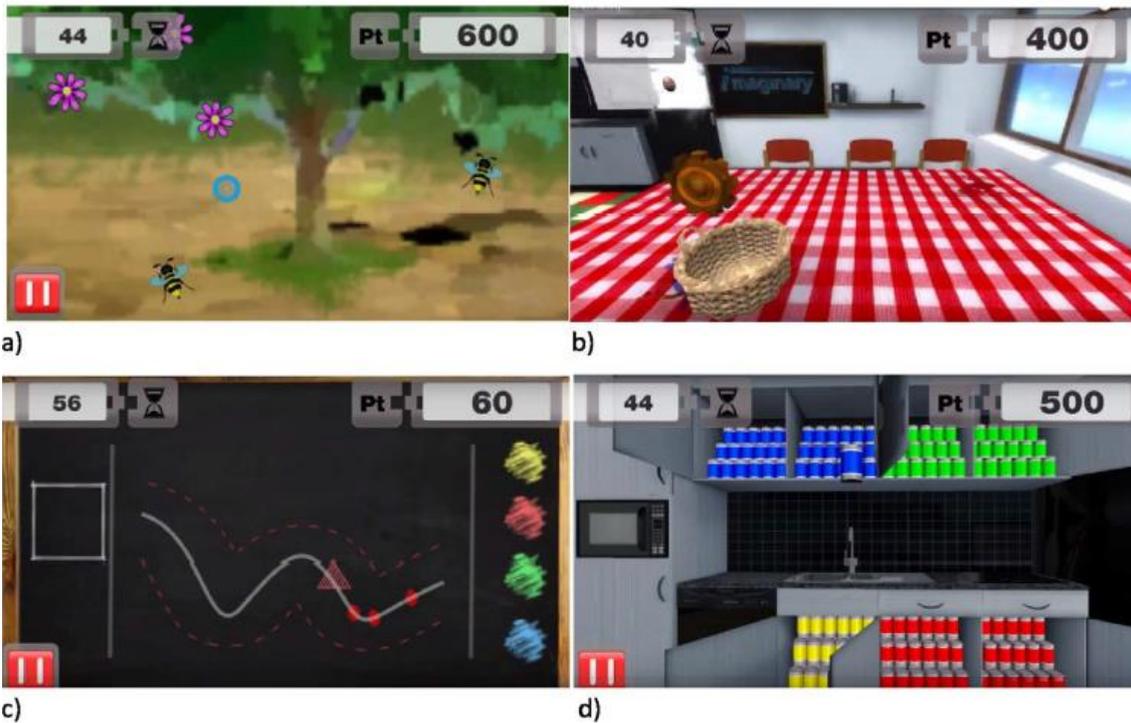


Figura 7. Cuatro escenarios de juegos serios que requieren que los pacientes agarren, muevan y eviten objetos utilizando movimientos del brazo y la mano: a) tocar flores y evitar abejas; b) mover una canasta en la mesa para capturar objetos que caen; c) mover formas de izquierda a derecha siguiendo una trayectoria; d) mover latas de colores al estante derecho de la cocina. Fuente: Jonsdottir et al., (2018)

6. CONCLUSIONES

Las conclusiones que se han extraído en esta revisión bibliográfica sobre la rehabilitación visual en EM han sido:

- Se ha confirmado que las personas con EM presentan alteraciones del sistema visual como NO o INO, adelgazamientos de las capas de la retina, reducción de la sensibilidad contraste o problemas oculomotores,
- Existe escasa evidencia científica que corrobore la eficacia de la rehabilitación visual en personas con EM.
- Los sistemas de RV y de eye-tracking se postulan como alternativa en la rehabilitación visual para mejorar las capacidades binoculares alteradas en personas con EM.
- En necesario mayor número de estudios exhaustivos, con un protocolo y metodología común que corrobore las alteraciones que produce la EM en la función binocular, así como la eficacia de los sistemas de RV y eye-tracking en la rehabilitación visual de personas con EM.

7. REFERENCIAS

1. Thompson AJ, Baranzini SE, Geurts J, Hemmer B, Ciccarelli O. Multiple sclerosis. *Lancet*. 2018;391(10130):1622–36.
2. Polman CH, Reingold SC, Banwell B, Clanet M, Cohen JA, Filippi M, et al. Diagnostic criteria for multiple sclerosis: 2010 Revisions to the McDonald criteria. *Ann Neurol*. 2011;69(2):292–302.
3. Sand IK. Classification, diagnosis, and differential diagnosis of multiple sclerosis. *Curr Opin Neurol*. 2015;28(3):193–205.
4. MSIF. Atlas de EM 3ª Edición. Fed Int Escler Múltiple. 2020;
5. Sicras-Mainar A, Ruíz-Beato E, Navarro-Artieda R, Maurino J. Impact on healthcare resource utilization of multiple sclerosis in Spain. *BMC Health Serv Res*. 2017;17(1):1–7.
6. Nussinovitch U, Shoenfeld Y. The role of gender and organ specific autoimmunity. *Autoimmun Rev*. 2012;11(6–7):377–85.
7. Kingwell E, Marriott JJ, Jetté N, Pringsheim T, Makhani N, Morrow SA, et al. Incidence and prevalence of multiple sclerosis in Europe: A systematic review. *BMC Neurol*. 2013;13.
8. Belbasis L, Bellou V, Evangelou E, Ioannidis JPA, Tzoulaki I. Environmental risk factors and multiple sclerosis: An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *Lancet Neurol*. 2015;14(3):263–73.
9. Sawcer S, Franklin RJM, Ban M. Multiple sclerosis genetics. *Lancet Neurol*. 2014;13(7):700–9.
10. Sanchez-Dalmau B, Martinez-Lapiscina EH, Pulido-Valdeolivas I, Zubizarreta I, Llufríu S, Blanco Y, et al. Predictors of vision impairment in Multiple Sclerosis. *PLoS One*. 2018;13(4):1–12.



11. Jasse L, Vukusic S, Durand-Dubief F, Vartin C, Piras C, Bernard M, et al. Persistent visual impairment in multiple sclerosis: Prevalence, mechanisms and resulting disability. *Mult Scler J.* 2013;19(12):1618–26.
12. Hickman SJ, Raouf N, McLean RJ, Gottlob I. Vision and multiple sclerosis. *Mult Scler Relat Disord.* 2014;3(1):3–16.
13. Bakroon A, Lakshminarayanan V. Visual function in autism spectrum disorders: a critical review. *Clin Exp Optom.* 2016;99(4):297–308.
14. Schinzel J, Zimmermann H, Paul F, Ruprecht K, Hahn K, Brandt AU, et al. Relations of low contrast visual acuity, quality of life and multiple sclerosis functional composite: A cross-sectional analysis. *BMC Neurol.* 2014;14(1):1–8.
15. Gil-Casas A, Piñero DP, Molina-Martin A. Binocular, Accommodative and Oculomotor Alterations In Multiple Sclerosis: A Review. *Semin Ophthalmol.* 2020;35(2):103–15.
16. Jenkins PF, Jenkins PF. The Multiple Facets of Multiple Sclerosis The Richard G . Scobee Memorial Lecture The Multiple Facets of Multiple Sclerosis. 2017;4448(2007).
17. Gallien P, Gich J, Sánchez-Dalmau BF, Feneberg W. Multidisciplinary management of multiple sclerosis symptoms. *Eur Neurol.* 2014;72(suppl 1):20–5.
18. Maggio MG, Russo M, Cuzzola MF, Destro M, La Rosa G, Molonia F, et al. Virtual reality in multiple sclerosis rehabilitation: A review on cognitive and motor outcomes. *J Clin Neurosci.* 2019;65:106–11.
19. Multiple sclerosis Management of multiple sclerosis in primary and secondary care Clinical Guideline 8. NICE; 2003.
20. Norouzi E, Gerber M, Pühse U, Vaezmosavi M, Brand S. Combined virtual reality and physical training improved the bimanual coordination of women with multiple sclerosis. *Neuropsychol Rehabil.* 2021;31(4):552–69.

21. Satue M, Rodrigo MJ, Otin S, Bambo MP, Fuertes MI, Ara JR, et al. Relationship between visual dysfunction and retinal changes in patients with multiple sclerosis. *PLoS One*. 2016;11(6):1–14.
22. Yousef A, Devereux M, Gourraud PA, Jonzzon S, Suleiman L, Waubant E, et al. Subclinical Saccadic Eye Movement Dysfunction in Pediatric Multiple Sclerosis. *J Child Neurol*. 2019;34(1):38–43.
23. Nij Bijvank JA, Petzold A, Coric D, Tan HS, Uitdehaag BMJ, Balk LJ, et al. Saccadic delay in multiple sclerosis: A quantitative description. *Vision Res*. 2020;168(January):33–41.
24. Bijvank JA, Van Rijn LJ, Balk LJ, Tan HS, Uitdehaag BMJ, Petzold A. Diagnosing and quantifying a common deficit in multiple sclerosis: Internuclear ophthalmoplegia. *Neurology*. 2019;92(20):E2299–308.
25. Gil-Casas A, Piñero-Llorens DP, Molina-Martin A. Binocular vision in patients with multiple sclerosis. *Clin Optim*. 2021;13:39–49.
26. Nygaard GO, De Rodez Benavent SA, Harbo HF, Laeng B, Sowa P, Damangir S, et al. Eye and hand motor interactions with the Symbol Digit Modalities Test in early multiple sclerosis. *Mult Scler Relat Disord*. 2015;4(6):585–9.
27. Dogru-Huzmeli E, Duman T, Cakmak AI, Aksay U. Can diplopia complaint be reduced by telerehabilitation in multiple sclerosis patient during the pandemic?: A case report. *Neurol Sci*. 2021;42(10):4387–90.
28. Harenberg S, Onge JS, Robinson J, Eguakun O, Feinstein A, Dorsch K, et al. Effectiveness of Three-Dimensional Multiple-Object Tracking in Patients with Multiple Sclerosis. *Int J MS Care*. 2021;23(4):143–9.
29. Brissart H, Leroy M, Morele E, Baumann C, Spitz E, Debouverie M. Cognitive rehabilitation in Multiple sclerosis. *Neurocase*. 2013;19(6):553–65.

30. Shalmoni N, Kalron A. The immediate effect of stroboscopic visual training on information-processing time in people with multiple sclerosis: an exploratory study. *J Neural Trans.* 2020;127(8):1125–31.
31. Jonsdottir J, Bertoni R, Lawo M, Montesano A, Bowman T, Gabrielli S. Serious games for arm rehabilitation of persons with multiple sclerosis. A randomized controlled pilot study. *Mult Scler Relat Disord.* 2018;19(August 2017):25–9.
32. Gutiérrez RO, Galán Del Río F, Cano-De La Cuerda R, Alguacil Diego IM, Diego A, González RA, et al. A telerehabilitation program by virtual reality-video games improves balance and postural control in multiple sclerosis patients. *NeuroRehabilitation.* 2013;33(4):545–54.
33. Peruzzi A, Cereatti A, Della Croce U, Mirelman A. Effects of a virtual reality and treadmill training on gait of subjects with multiple sclerosis: A pilot study. *Mult Scler Relat Disord.* 2016;5:91–6.
34. Nij Bijvank JA, Petzold A, Coric D, Stevie Tan H, Uitdehaag BMJ, Balk LJ, et al. Quantification of visual fixation in multiple sclerosis. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2019;60(5):1372–83.
35. Gil-Casas A, Piñero DP, Molina-Martin A. Are near visual signs and symptoms in multiple sclerosis compatible with convergence insufficiency? *Clin Exp Optom.* 2022;105(6):631–6.
36. Trieu LH, Lavrich JB. Current concepts in convergence insufficiency. *Curr Opin Ophthalmol.* 2018;29(5):401–6.
37. Piano MEF, Tidbury LP, O'Connor AR. Normative Values for Near and Distance Clinical Tests of Stereoacuity. *Strabismus.* 2016;24(4):169–72.
38. Stellmann JP, Young KL, Pöttgen J, Dorr M, Heesen C. Introducing a new method to assess vision: Computer-adaptive contrast-sensitivity testing predicts visual functioning better than charts in multiple sclerosis patients. *Mult Scler J - Exp Transl Clin.* 2015;1.



39. Kergoat H, Law C, Chriqui E, Kergoat M-J, Leclerc B-S, Panisset M, et al. Orthoptic Treatment of Convergence Insufficiency in Parkinson's Disease: A Case Series. *Gerontol Geriatr Med.* 2017;3:233372141770373.
40. Gallaway M, Scheiman M, Malhotra K. The effectiveness of pencil pushups treatment for convergence insufficiency: A pilot study. *Optom Vis Sci.* 2002;79(4):265–7.