

Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

INSTITUTO PROFESIONAL
EN TERAPIAS Y HUMANIDADES
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA



Instituto Profesional en Terapias y Humanidades

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LOS BENEFICIOS TERAPÉUTICOS SOBRE EL RENDIMIENTO FÍSICO DEL EJERCICIO DE ALTO IMPACTO EN PACIENTES DE 20 A 40 AÑOS CON ESCLEROSIS MÚLTIPLE DE TIPO REMITENTE-RECURRENTE

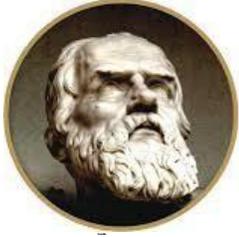


Que Presenta

Josseling Azucena Martínez Rivera

Ponente

Ciudad de Guatemala, Guatemala. 2024.



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

INSTITUTO PROFESIONAL
EN TERAPIAS Y HUMANIDADES
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA



Instituto Profesional en Terapias y Humanidades

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LOS BENEFICIOS TERAPÉUTICOS SOBRE EL RENDIMIENTO FÍSICO DEL EJERCICIO DE ALTO IMPACTO EN PACIENTES DE 20 A 40 AÑOS CON ESCLEROSIS MÚLTIPLE DE TIPO REMITENTE-RECURRENTE



Tesis profesional para obtener el Título de
Licenciado en Fisioterapia

Que Presenta

Josseling Azucena Martínez Rivera

Ponente

LFT. Laura Marcela Fonseca Martínez

Director de Tesis

Mtra. María Isabel Díaz Sabán

Asesor Metodológico

Ciudad de Guatemala, Guatemala. 2024

INVESTIGADORES RESPONSABLES

Ponente	Josseling Azucena Martínez Rivera
Director de Tesis	LFT. Laura Marcela Fonseca Martínez
Asesor Metodológico	Lic. María Isabel Díaz Sabán



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

Guatemala, 09 de marzo 2024

Estimada alumna:
Josseling Azucena Martínez Rivera

Presente.

Respetable:

La comisión designada para evaluar el proyecto **“Revisión bibliográfica de los beneficios terapéuticos sobre el rendimiento físico del ejercicio de alto impacto en pacientes de 20 a 40 años con esclerosis múltiple de tipo remitente-recurrente”** correspondiente al Examen General Privado de la Carrera de Licenciatura en Fisioterapia realizado por usted, ha dictaminado dar por APROBADO el mismo.

Aprovecho la oportunidad para felicitarla y desearle éxito en el desempeño de su profesión.

Atentamente,

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

Lic. Marbella Aracelis
Reyes Valero
Secretario

Lic. Oscar Omar
Hernández González
Presidente

Lic. Jose Carlos
Ochoa Pineda
Examinador



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

Guatemala, 25 de noviembre 2022

Doctora
Vilma Chávez de Pop
Decana
Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad Galileo
Respetable Doctora Chávez:

Tengo el gusto de informarle que he realizado la revisión de trabajo de tesis titulado: **“Revisión bibliográfica de los beneficios terapéuticos sobre el rendimiento físico del ejercicio de alto impacto en pacientes de 20 a 40 años con esclerosis múltiple de tipo remitente-recurrente”** de la alumna **Josseling Azucena Martínez Rivera**

Después de realizar la revisión del trabajo he considerado que cumple con todos los requisitos técnicos solicitados, por lo tanto, la autora y el asesor se hacen responsables del contenido y conclusiones de la misma.

Atentamente

Lic. Jose Carlos Ochoa Pineda
Asesor de tesis
IPETH – Guatemala



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

Guatemala, 28 de noviembre 2022

Doctora
Vilma Chávez de Pop
Decana
Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad Galileo

Respetable Doctora Chávez:

De manera atenta me dirijo a usted para manifestarle que la alumna **Josseling Azucena Martínez Rivera** de la Licenciatura en Fisioterapia, culminó su informe final de tesis titulado: **“Revisión bibliográfica de los beneficios terapéuticos sobre el rendimiento físico del ejercicio de alto impacto en pacientes de 20 a 40 años con esclerosis múltiple de tipo remitente-recurrente”** Ha sido objeto de revisión gramatical y estilística, por lo que puede continuar con el trámite de graduación. Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente



Lic. Emanuel Alexander Vásquez Monzón
Revisor Lingüístico
IPETH- Guatemala



**IPETH, INSTITUTO PROFESIONAL EN TERAPIAS Y HUMANIDADES A.C.
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA
COORDINACIÓN DE TITULACIÓN**

**INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN: LISTA COTEJO DE TESINA
DIRECTOR DE TESINA**

Nombre del Director: LFT. Laura Marcela Fonseca Martínez
Nombre del Estudiante: Josseling Azucena Martínez Rivera.
Nombre de la Tesina/sis: Revisión bibliográfica de los beneficios terapéuticos sobre el rendimiento físico del ejercicio de alto impacto en pacientes de 20 a 40 años con esclerosis múltiple de tipo remitente-recurrente.
Fecha de realización: Otoño 2022

Instrucciones: Verifique que se encuentren los componentes señalados en la Tesina del alumno y marque con una X el registro del cumplimiento correspondiente. En caso de ser necesario hay un espacio de observaciones para correcciones o bien retroalimentación del alumno.

ELEMENTOS BÁSICOS PARA LA APROBACIÓN DE LA TESINA

No.	Aspecto a Evaluar	Registro de Cumplimiento		Observaciones
		Si	No	
1.	El tema es adecuado a sus Estudios de Licenciatura.	✓		
2.	El título es claro, preciso y evidencia claramente la problemática referida.	✓		
3.	La identificación del problema de investigación plasma la importancia de la investigación.	✓		
4.	El problema tiene relevancia y pertinencia social y ha sido adecuadamente explicado junto con sus interrogantes.	✓		
5.	El resumen es pertinente al proceso de investigación.	✓		
6.	Los objetivos tanto generales como específicos han sido expuestos en forma correcta, en base al proceso de investigación realizado.	✓		
7.	Justifica consistentemente su propuesta de estudio.	✓		
8.	El planteamiento es claro y preciso. claramente en qué consiste su problema.	✓		
9.	La pregunta es pertinente a la investigación realizada.	✓		
10.	Los objetivos tanto generales como específicos, evidencia lo que se persigue realizar con la investigación.	✓		
11.	Sus objetivos fueron verificados.	✓		
12.	Los aportes han sido manifestados en forma correcta.	✓		

13.	Los resultados evidencian el proceso de investigación realizado.	✓		
14.	Las perspectivas de investigación son fácilmente verificables.	✓		
15.	Las conclusiones directamente derivan del proceso de investigación realizado	✓		
16.	El capítulo I se encuentra adecuadamente estructurado en base a los antecedentes que debe contener.	✓		
17.	En el capítulo II se explica y evidencia de forma correcta el problema de investigación.	✓		
18.	El capítulo III plasma el proceso metodológico realizado en la investigación.	✓		
19.	El capítulo IV proyecta los resultados, discusión, conclusiones y perspectivas pertinentes en base a la investigación realizada.	✓		
20.	El señalamiento a fuentes de información documentales y empíricas es el correcto.	✓		
21.	Permite al estudiante una proyección a nivel investigativo.	✓		

Revisado de conformidad en cuanto al estilo solicitado por la institución

LAURA M. FONSECA M.

Nombre y Firma Del Director de Tesina



**IPETH INSTITUTO PROFESIONAL EN TERAPIAS Y HUMANIDADES
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA
COORDINACIÓN DE TITULACIÓN**

**INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN: LISTA DE COTEJO TESIS
ASESOR METODOLÓGICO**

Nombre del Asesor: Licenciada María Isabel Díaz Sabán
Nombre del Estudiante: Josseling Azucena Martínez Rivera
Nombre de la Tesina/sis: Revisión bibliográfica de los beneficios terapéuticos sobre el rendimiento físico del ejercicio de alto impacto en pacientes de 20 a 40 años con esclerosis múltiple de tipo remitente-recurrente
Fecha de realización: Otoño 2022

Instrucciones: Verifique que se encuentren los componentes señalados en la Tesis del alumno y marque con una X el registro del cumplimiento correspondiente. En caso de ser necesario hay un espacio de observaciones para correcciones o bien retroalimentación del alumno.

ELEMENTOS BÁSICOS PARA LA APROBACIÓN DE LA TESIS

No.	Aspecto a evaluar	Registro de cumplimiento		Observaciones
		Si	No	
1	Formato de Página			
a.	Hoja tamaño carta.	X		
b.	Margen superior, inferior y derecho a 2.5 cm.	X		
c.	Margen izquierdo a 3.0 cm.	X		
d.	Orientación vertical excepto gráficos.	X		
e.	Paginación correcta.	X		
f.	Números romanos en minúsculas.	X		
g.	Página de cada capítulo sin paginación.	X		
h.	Todos los títulos se encuentran escritos de forma correcta.	X		
i.	Times New Roman (Tamaño 12).	X		
j.	Color fuente negro.	X		
k.	Estilo fuente normal.	X		
l.	Cursivas: Solo en extranjerismos o en locuciones.	X		
m.	Texto alineado a la izquierda.	X		
n.	Sangría de 5 cm. Al iniciar cada párrafo.	X		
o.	Interlineado a 2.0	X		
p.	Resumen sin sangrías.	x		
2.	Formato Redacción			
a.	Sin faltas ortográficas.	X		
b.	Sin uso de pronombres y adjetivos personales.	X		
c.	Extensión de oraciones y párrafos variado y medurado.	X		

d.	Continuidad en los párrafos.	X		
e.	Párrafos con estructura correcta.	X		
f.	Sin uso de gerundios (ando, iendo)	X		
g.	Correcta escritura numérica.	X		
h.	Oraciones completas.	X		
i.	Adecuado uso de oraciones de enlace.	X		
j.	Uso correcto de signos de puntuación.	X		
k.	Uso correcto de tildes.	X		
l.	Empleo mínimo de paréntesis.	X		
m.	Uso del pasado verbal para la descripción del procedimiento y la presentación de resultados.	X		
n.	Uso del tiempo presente en la discusión de resultados y las conclusiones.	X		
3.	Formato de Cita	Si	No	Observaciones
a.	Empleo mínimo de citas.	X		
b.	Citas textuales o directas: menores a 40 palabras, dentro de párrafo u oración y entrecomilladas.	X		
c.	Citas textuales o directas: de 40 palabras o más, en párrafo aparte, sin comillas y con sangría de lado izquierdo de 5 golpes.	X		
d.	Uso de tres puntos suspensivos dentro de la cita para indicar que se ha omitido material de la oración original. Uso de cuatro puntos suspensivos para indicar cualquier omisión entre dos oraciones de la fuente original.	X		
4.	Formato referencias	Si	No	Observaciones
a.	Correcto orden de contenido con referencias.	X		
b.	Referencias ordenadas alfabéticamente.	X		
c.	Correcta aplicación del formato APA 2016.	X		
5.	Marco Metodológico	Si	No	Observaciones
a.	Agrupó, organizó y comunicó adecuadamente sus ideas para su proceso de investigación.	X		
b.	Las fuentes consultadas fueron las correctas y de confianza.	X		
c.	Seleccionó solamente la información que respondiese a su pregunta de investigación.	X		
d.	Pensó acerca de la actualidad de la información.	X		
e.	Tomó en cuenta la diferencia entre hecho y opinión.	X		
f.	Tuvo cuidado con la información sesgada.	X		
g.	Comparó adecuadamente la información que recopiló de varias fuentes.	X		
h.	Utilizó organizadores gráficos para ayudar al lector a comprender información conjunta.	X		
i.	El método utilizado es el pertinente para el proceso de la investigación.	X		
j.	Los materiales utilizados fueron los correctos.	X		
k.	El estudiante conoce la metodología aplicada en su proceso de investigación.	X		

Revisado de conformidad en cuanto al estilo solicitado por la institución



Licenciada María Isabel Díaz Sabán

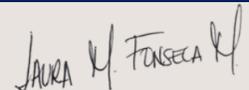
DICTAMEN DE TESINA

Siendo el día 28 del mes de Noviembre del año 2022

Los C.C

Director de Tesina
Función

LFT. Laura Marcela Fonseca Martínez



Asesor Metodológico
Función

Mtra. María Isabel Díaz Sabán



Coordinador de Titulación
Función

Lic. Emanuel Alexander Vásquez Monzón



Autorizan la tesina con el nombre

Revisión bibliográfica de los beneficios terapéuticos sobre el rendimiento físico del ejercicio de alto impacto en pacientes de 20 a 40 años con esclerosis múltiple de tipo remitente-recurrente.

Realizada por el Alumno:

Josseling Azucena Martínez Rivera

Para que pueda realizar la segunda fase de su Examen Privado y de esta forma poder obtener el Título como Licenciado en Fisioterapia.




IPETH®
Titulación Campus Guatemala

Firma y Sello de Coordinación de Titulación

En ejercicio de las atribuciones que le confiere el artículo 171 literal a) de la Constitución Política de la República de Guatemala y con fundamento en los Artículos 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9,13, 15, 17, 18, 19, 21, 24, 43, 49, 63, 64, 65, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 83, 84, 104, 105, 106, 107,108, 112 y demás relativos a la Ley De Derecho De Autor Y Derechos Conexos De Guatemala Decreto Número 33-98 Josseling

Azucena Martínez Rivera

como titular de los derechos morales y patrimoniales de la obra titulada Revisión bibliográfica de los beneficios terapéuticos sobre el rendimiento físico del ejercicio de alto impacto en pacientes de 20 a 40 años con esclerosis múltiple de tipo remitente-recurrente.

; otorgo de manera gratuita y permanente al IPETH, Instituto Profesional en Terapias y divulguen entre sus usuarios, profesores, estudiantes o terceras personas, sin que pueda recibir por tal divulgación una contraprestación.

Fecha 30 de noviembre de 2022

Josseling Azucena Martínez Rivera
Nombre completo



Firma de cesión de derechos

Dedicatoria

La presente tesis quiero dedicarla principalmente a Dios, quien me ha permitido concluir mi carrera. A mis padres, Luis Rejopachí y Lourdes Zavala, quienes me han brindado todas las herramientas necesarias para desenvolverme en la vida, por su amor incondicional y ser un constante apoyo en cada decisión que he tomado. Especialmente quiero dedicarles este trabajo a mis abuelitos Carmen y Carlos, quienes me apoyaron en todo momento y se alegraron por cada logro obtenido; a Wicho, quien ha sido mi amigo incondicional durante estos 11 años, de igual forma a mis transmisores de serotonina, Valentina y Abril, quienes me han sacado una sonrisa cada día y me han motivado a querer ser alguien mejor en la vida. Por último, pero no menos importante, quiero dedicar esta tesis a mi persona, porque sé lo difícil que ha sido todo y pese a ello, hoy puedo decir que lo he logrado.

María Belen Rejopachí Zavala

Con todo el orgullo por haber culminado este proceso, dedico mi tesis a Dios por las bendiciones constantes en mi vida, a mis padres, Hamilton Martínez y Azucena Rivera, que en todo momento me han demostrado su amor, comprensión, me han apoyado en cada decisión y por sus consejos para ser mi mejor versión a lo largo de mi vida. David, por ser el mejor hermano que la vida pudo darme y por ser mi mejor amigo incondicional. A ti Fabiola, que has sido la mejor hermana y amiga desde todo momento. Dedico mi tesis a mis pacientes, que a lo largo de mi formación universitaria han confiado en mí y en mis conocimientos a lo largo de su rehabilitación, y por último, me dedico mi tesis a mí misma, por jamás haberme dado por vencida a lo largo del camino y por haber llegado hasta aquí.

Josseling Azucena Martínez Rivera.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por mi vida y por darme la fortaleza de continuar adelante, a mis padres por ser un soporte constante, por su apoyo incondicional desde el primer momento en mi carrera y por motivarme a jamás darme por vencida, a mis hermanos por confiar siempre en mí, a mi psicóloga Diana Cardona, por ser un pilar en mi proceso y haberme dado las herramientas, consejos y motivaciones para seguir cada día. Agradezco a las Licdas. Laura Fonseca e Isabel Díaz por su apoyo en la realización de la tesis. A todos los licenciados que participaron en mi formación universitaria y mis compañeros de las diferentes clínicas por compartir sus experiencias y conocimientos, por último, a Belen, por brindarme su amistad desde el inicio, por ser el equipo perfecto desde hace 4 años, por ser incondicional y haberme brindado su confianza para culminar este proceso juntas.

Josseling Azucena Martínez Rivera

Agradezco a Dios por la vida y el haberme permitido llegar a este momento, a mis padres por apoyarme incondicionalmente en cada etapa y motivarme a ser mejor cada día, a mis hermanas, quienes han sido mis mejores amigas toda la vida y un soporte importante en cada momento. Quiero agradecer especialmente a mi psicóloga Karla Díaz, por haberme ayudado en los momentos más difíciles e impulsarme a seguir adelante. De igual forma, me gustaría poder agradecerle a las Licdas. Laura Fonseca e Isabel Díaz y a cada uno de los pacientes con los que he podido compartir y han confiado en mí a lo largo de la carrera, pues he aprendido mucho de cada uno de ellos. Finalmente, me gustaría poder agradecerle a Josseling, quien ha sido incondicional desde hace 4 años, por su amistad y confianza en poder realizar este proceso que hoy estamos culminado.

María Belen Rejopachí Zavala

Palabras clave

Esclerosis múltiple

Remitente - Recurrente

Ejercicio de alto impacto

Fatiga

HIIT

Índice

Portadilla	i
Investigador responsable.....	ii
Aprobación de examen privado	iii
Aprobación asesor de tesis.....	iv
Aprobación revisor lingüístico.....	v
Listas de cotejo	v
Dictamen de tesis	x
Titular de derechos.....	xi
Dedicatoria.....	xii
Agradecimientos	xiii
Palabras clave	xiv
Índice	xv
Índice de Tablas	xix
Índice de Figuras.....	xx
Resumen.....	1
Capítulo I.....	2
Marco teórico.....	2
1.1 Antecedentes Generales	2
1.1.1 Descripción de la problemática.....	2

1.1.2 Anatomía del sistema nervioso	3
1.1.3 Anatomía de otros sistemas implicados	16
1.1.4 Padecimiento	27
1.1.5 Definición	29
1.1.6 Epidemiología	29
1.1.7 Características clínicas.....	31
1.1.8 Clasificación.....	33
1.1.9 Etiología.....	35
1.1.10 Fisiopatología.....	36
1.1.11 Factores de riesgo	38
1.1.12 Mortalidad.....	42
1.1.13 Comorbilidades	43
1.1.14 Diagnóstico médico	45
1.1.15 Evaluación fisioterapéutica	49
1.1.16 Tratamiento fisioterapéutico	79
1.2 Antecedentes Específicos.....	90
1.2.1 Ejercicio.	90
1.2.3 Clasificación del ejercicio.....	100
Capítulo II.....	111
Planteamiento Del Problema.....	111
2.1 Planteamiento del Problema	111
2.3 Objetivos	117
2.3.1 Objetivo general.....	117

2.3.2 Objetivos específicos	117
Capítulo III.....	118
Marco metodológico	118
3.1 Materiales.....	118
3.2 Métodos	120
3.2.1 Enfoque de investigación.....	120
3.2.2 Tipo de estudio.....	120
3.2.3 Método de estudio.....	121
3.2.4 Diseño de investigación	121
3.2.5 Criterios de selección.....	122
3.3 Variables	123
3.3.1 Variable independiente	123
3.3.2 Variable dependiente	123
3.3.3 Operacionalización de variables	123
Capítulo IV	125
Resultados.....	125
4.2 Discusión	135
4.3 Conclusiones	136
Referencias.....	139

Índice de Tablas

Tabla 1 Síntomas asociados a la esclerosis múltiple	27
Tabla 2 Factor de riesgo según parentesco.....	42
Tabla 3 Datos de mortalidad según país de procedencia.....	42
Tabla 4 Comorbilidades asociadas a la esclerosis múltiple.....	44
Tabla 5 Criterios McDonald 2017 para el diagnóstico de EM.....	46
Tabla 6 Escalas más utilizadas para valorar el dolor.....	56
Tabla 7 Escala de Daniels	58
Tabla 8 Musculatura afectada por la espasticidad.....	60
Tabla 9 Escala de Ashworth.....	62
Tabla 10 Escala funcional de Kurtzke.....	64
Tabla 11 Escala de estado de incapacidad ampliada de Kurtzke (EDSS).....	67
Tabla 12 Índice ambulatorio de Hauser	69
Tabla 13 Índice de Barthel	70
Tabla 14 Escala de equilibrio de Berg	73
Tabla 15 Escala de Borg del esfuerzo percibido	96
Tabla 16 Clasificación de la intensidad del ejercicio	97
Tabla 17 Actividades y equivalentes metabólicos.....	99
Tabla 18 Clasificación de las actividades físicas de acuerdo con el gasto energético ...	100
Tabla 19 Clasificación del ejercicio según su intensidad.....	110
Tabla 20 Criterios de selección	122
Tabla 21 Operacionalización de las variables	124

Índice de Figuras

Figura 1 Partes de la neurona.....	5
Figura 2 Neuroglia del sistema nervioso central.....	7
Figura 3 Neuroglías del sistema nervioso periférico.....	8
Figura 4 Sistema nervioso central y periférico.....	11
Figura 5 Nervios craneales.....	12
Figura 6 Nervios espinales.....	12
Figura 7 Sistema nervioso simpático.....	14
Figura 8 Sistema nervioso parasimpático.....	15
Figura 9 Elementos de la sangre.....	18
Figura 10 Vista anterior del corazón en la cavidad torácica.....	19
Figura 11 Arteriolas, capilares y vénulas.....	21
Figura 12 Sistema respiratorio.....	22
Figura 13 Aparato respiratorio superior.....	23
Figura 14 Aparato respiratorio inferior.....	25
Figura 15 Pasos básicos de la respiración.....	26
Figura 16 Mapa epidemiológico de la EM.....	31
Figura 17 Desmielinización de la fibra nerviosa en EM.....	36
Figura 18 Placas, degradación aguda de la mielina.....	38
Figura 19 Postura.....	51
Figura 20 Alineación postural ideal.....	52
Figura 21 Pruebas de flexibilidad.....	53
Figura 22 Prueba de fuerza muscular.....	54
Figura 23 Dermatomas del cuerpo humano.....	55

Figura 24 Escala numérica del dolor.....	57
Figura 25 Musculatura afectada de la EM	61
Figura 26 EDSS.....	63
Figura 27 Escala de la severidad de la fatiga	69
Figura 28 Respiración abdominal	80
Figura 29 Respiración costal.....	80
Figura 30 Respiración apical.....	81
Figura 31 Respiración combinada.....	82
Figura 32 Aplicación de crioterapia	83
Figura 33 Autoestiramiento de cuello	84
Figura 34 Autoestiramiento de tronco.....	85
Figura 35 Autoestiramiento de hombro	86
Figura 36 Autoestiramiento de muñeca	87
Figura 37 Autoestiramiento de glúteos	88
Figura 38 Beneficios del ejercicio en los diferentes sistemas del cuerpo	92
Figura 39 Respiración celular aeróbica.....	103
Figura 40 Respiración celular anaeróbica	108
Figura 41 Gráfica de fuentes recolectadas	119

Resumen

La presente investigación tiene como objeto de estudio la esclerosis múltiple, comúnmente llamada EM, es una enfermedad neurológica que afecta al sistema nervioso central y progresivamente puede provocar discapacidad. Se dice que el sistema inmune normalmente protege al cuerpo, pero en la esclerosis múltiple, el propio sistema inmunitario ataca la mielina protectora que recubre las fibras nerviosas, causando así problemas de comunicación entre el cerebro, los músculos efectores y diferentes órganos.

Alrededor de 2 millones de personas en el mundo padecen de esclerosis múltiple de algún tipo, siendo la esclerosis múltiple remitente la más común, en donde cerca del 85% de los pacientes comienzan, la cual se caracteriza por cuadros agudos de síntomas neurológicos con o sin periodos de remisión. La prevalencia en zonas de Norteamérica, Europa, Australia y Nueva Zelanda es mayor a comparación de Asia, India, África y Sudamérica.

La metodología usada fue por medio de un enfoque cualitativo de tipo descriptivo, con un diseño no experimental, en donde a través de diferentes revisiones bibliográficas se buscaba conocer los beneficios terapéuticos sobre el rendimiento físico del ejercicio de alto impacto en paciente con esclerosis múltiple de tipo remitente-recurrente.

Los resultados obtenidos nos demuestran la eficacia de los ejercicios de alto impacto en los pacientes con esclerosis múltiple con una dosificación de entrenamiento con un protocolo de rehabilitación de 6 – 12 semanas, a su vez, nos muestran el impacto que posee la esclerosis múltiple en el rendimiento físico de los pacientes y su afectación en el organismo, exponen el origen de la fatiga y cómo el sistema nervioso central se adapta a las lesiones constantes que sufre por la desmielinización para desempeñar las funciones corticales y motoras del paciente.

Capítulo I

Marco teórico

En el siguiente capítulo se presenta el marco teórico, el cual consiste en una recopilación de la información sobre el objeto de estudio, en donde se describen los antecedentes generales y específicos de la investigación, se incluye la descripción, anatomía, fisiopatología, epidemiología, clasificación, entre otros, de la esclerosis múltiple. Se incluye el tratamiento médico y fisioterapéutico, se explican las diferentes intervenciones que existen, donde se resalta la variable dependiente de la investigación, se define el ejercicio de alto impacto y como actúa en el cuerpo humano con el fin de obtener una mejor comprensión del estudio.

1.1 Antecedentes Generales

1.1.1 Descripción de la problemática. Se cree que la esclerosis múltiple fue descubierta hace siglos y desde entonces se han planteado cuestiones sobre sus síntomas y efectos en las personas que lo padecen. A través de diferentes resultados y análisis se ha afirmado que se trata de una patología propia del sistema nervioso, una de las más comunes diagnosticadas especialmente en adultos jóvenes (Gómez y Navarro, 2020).

Jean-Martín Charcot fue quien descubrió más acerca de esta patología. En su primer caso, Charcot observó a una mujer que padecía de temblores, movimientos y visión

anormal. La cual, al morir y realizarle la autopsia, descubrió que en su cerebro había ciertas placas o cicatrices, marcas significativas de la enfermedad. Tiempo después, detalló los hallazgos clínicos y patológicos, hizo énfasis en el concepto de desmielinización, determinó la forma de recaída-remisión y expresó que la fibra desmielinizada es capaz de tener conducción nerviosa, fue reconocida como enfermedad en 1868 y denominada esclerosis en placas (Covo, 2015).

Gómez y Navarro en 2020, mencionan que a través del avance tecnológico y mejor conocimiento de la enfermedad, a partir del siglo XXI, se han propuesto nuevos criterios diagnósticos y se utilizan diferentes alternativas terapéuticas.

1.1.2 Anatomía del sistema nervioso. Existen dos ramas de la ciencia que nos proveen las bases esenciales para poder comprender las estructuras y funciones del cuerpo humano, la anatomía y fisiología. Siendo la anatomía la ciencia que se encarga de estudiar las estructuras corporales y la relación entre ellas. Por otro lado, la fisiología es la ciencia que estudia las funciones corporales, es decir, cómo funcionan las distintas partes del cuerpo (Tortora y Derrickson, 2018).

1.1.2.1 Sistema nervioso. El sistema nervioso es el responsable de regular las actividades corporales al responder rápidamente mediante impulsos nerviosos. Cuenta con un peso de solo 2 kg, alrededor del 3% del peso corporal, siendo este sistema uno de los más pequeños, sin embargo, el más complejo (Tortora y Derrickson, 2018).

El sistema nervioso lleva a cabo complejas tareas, permitiendo percibir diversos olores, hablar, recordar hechos pasados, así como también proporciona señales para controlar los movimientos del cuerpo y regular el correcto funcionamiento de órganos internos. Posee 3 funciones básicas, las cuales son las siguientes:

- Función sensitiva: a través de los receptores sensitivos se detectan estímulos internos y son transportados hacia el encéfalo y la médula espinal por medio de los nervios craneales y espinales.
- Función integradora: la información sensitiva es procesada por el sistema nervioso en donde éste la analiza y toma decisiones para responder adecuadamente.
- Función motora: una vez la información sensorial ha sido integrada, el sistema nervioso genera una respuesta motora mediante la activación de efectores a través de los nervios craneales y espinales.

1.1.2.2 Histología del sistema nervioso. Entre la histología del tejido nervioso podemos encontrar dos tipos de células: neuronas y neuroglías, las cuales se combinan de diferentes formas en distintas regiones del sistema nervioso (Tortora y Derrickson, 2018).

Las neuronas poseen excitabilidad eléctrica, es decir, cuentan con la capacidad de responder a un estímulo y convertirlo en un potencial de acción. Siendo un estímulo cualquier cambio en el medio que pueda iniciar un potencial de acción. Un potencial de acción [impulso nervioso] es una señal eléctrica que viaja a lo largo de la superficie de la membrana citoplasmática de una neurona. El potencial de acción se desplaza por el movimiento de iones entre el líquido intersticial y el interior de la neurona por medio de canales iónicos específicos en su membrana citoplasmática.

Casi todas las neuronas poseen 3 partes constitutivas (ver fig. 1):

- Cuerpo celular: también conocido como soma, contiene el núcleo el cual está rodeado por el citoplasma, en donde se encuentran los orgánulos celulares como los lisosomas, mitocondrias y el complejo de Golgi.

- Dendritas: conforman la parte receptora o aferente de una neurona, las membranas citoplasmáticas contienen sitios receptores para la fijación de mensajeros químicos que provienen de diferentes células. Generalmente, las dendritas son cortas, con forma aguda y con múltiples ramificaciones. Su citoplasma contiene cuerpos de Nissl, mitocondrias y otros orgánulos.
- Axón: el único axón se encarga de propagar los impulsos nerviosos hacia otra neurona, una fibra muscular o célula glandular.

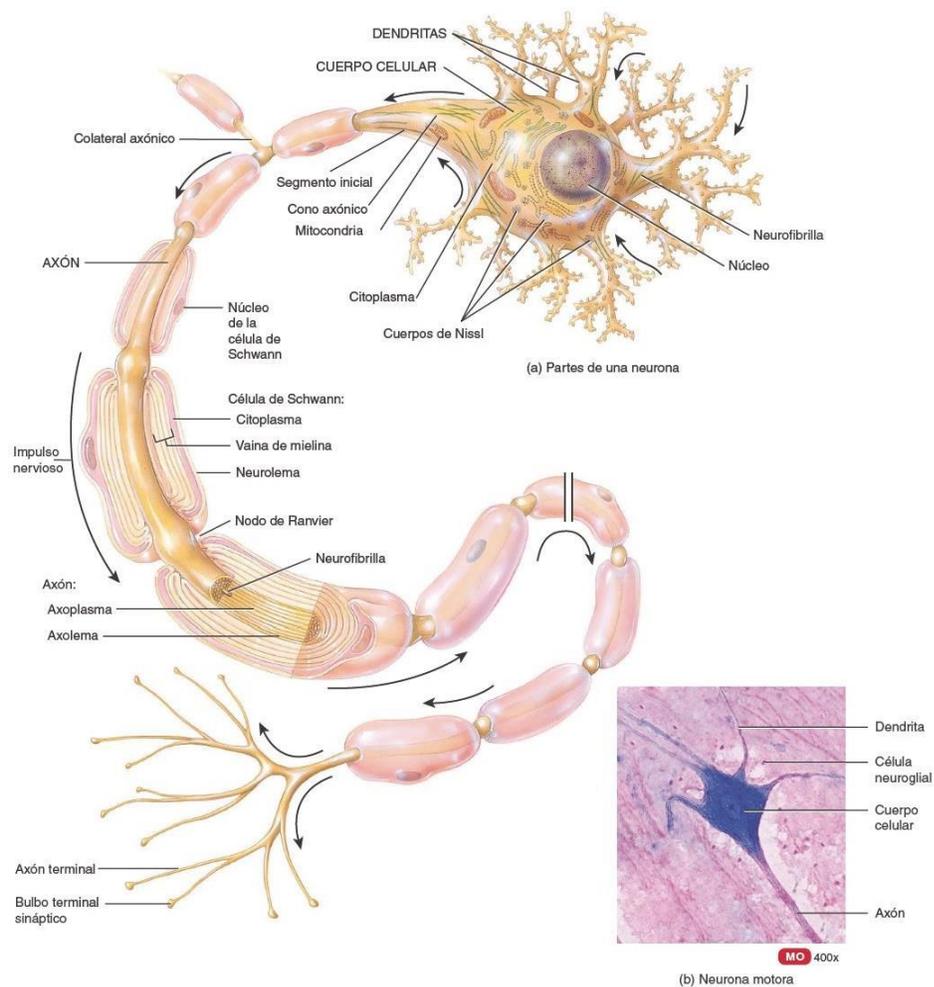


Figura 1 Partes de la neurona

Fuente: Tortora y Derrickson, 2018

De acuerdo con Tortora y Derrickson en 2018, la neuroglia o glía representa alrededor de la mitad del volumen del SNC y participa activamente en las actividades del sistema nervioso. Estas células tienen menor tamaño que las neuronas, pero son entre 5 y 25 veces más numerosas, a diferencia de las neuronas, éstas no generan ni propagan potenciales de acción. De los seis tipos de neuroglías (ver fig. 2), cuatro se encuentran en el sistema nervioso central y los dos restantes en el sistema nervioso periférico.

- Astrocitos: tienen forma de estrella, poseen muchas prolongaciones celulares, son las más largas y numerosas de la neuroglia. Existen dos tipos
 - Astrocitos protoplasmáticos: poseen gran cantidad de prolongaciones cortas, ramificadas y se encuentran dentro de la sustancia gris.
 - Astrocitos fibrosos: a diferencia de los protoplasmáticos, estos poseen gran cantidad de largas prolongaciones no ramificadas y se localizan principalmente dentro de la sustancia blanca.

Las funciones de los astrocitos se dividen en dar una resistencia considerable y sostén a las neuronas, aíslan a las neuronas del SNC de las diferentes sustancias nocivas de la sangre y contribuyen a mantener las condiciones químicas propicias para la generación de impulsos nerviosos.

- Oligodendrocitos: similares a los astrocitos, de menor tamaño y contienen menor cantidad de prolongaciones, las cuales determinan la formación y el mantenimiento de la vaina de mielina ubicada alrededor de los axones del SNC. Cabe destacar que un solo oligodendrocito mieliniza varios axones.

- Microglía: son pequeñas y poseen prolongaciones delgadas que emiten proyecciones con forma de espinas. Estas células cumplen funciones fagocíticas.
- Ependimocitos: también llamadas células ependimarias, tienen forma cuboide o cilíndrica, están distribuidos en una monocapa que contiene microvellosidades y cilios. Controlan y contribuyen a la circulación del líquido cefalorraquídeo.

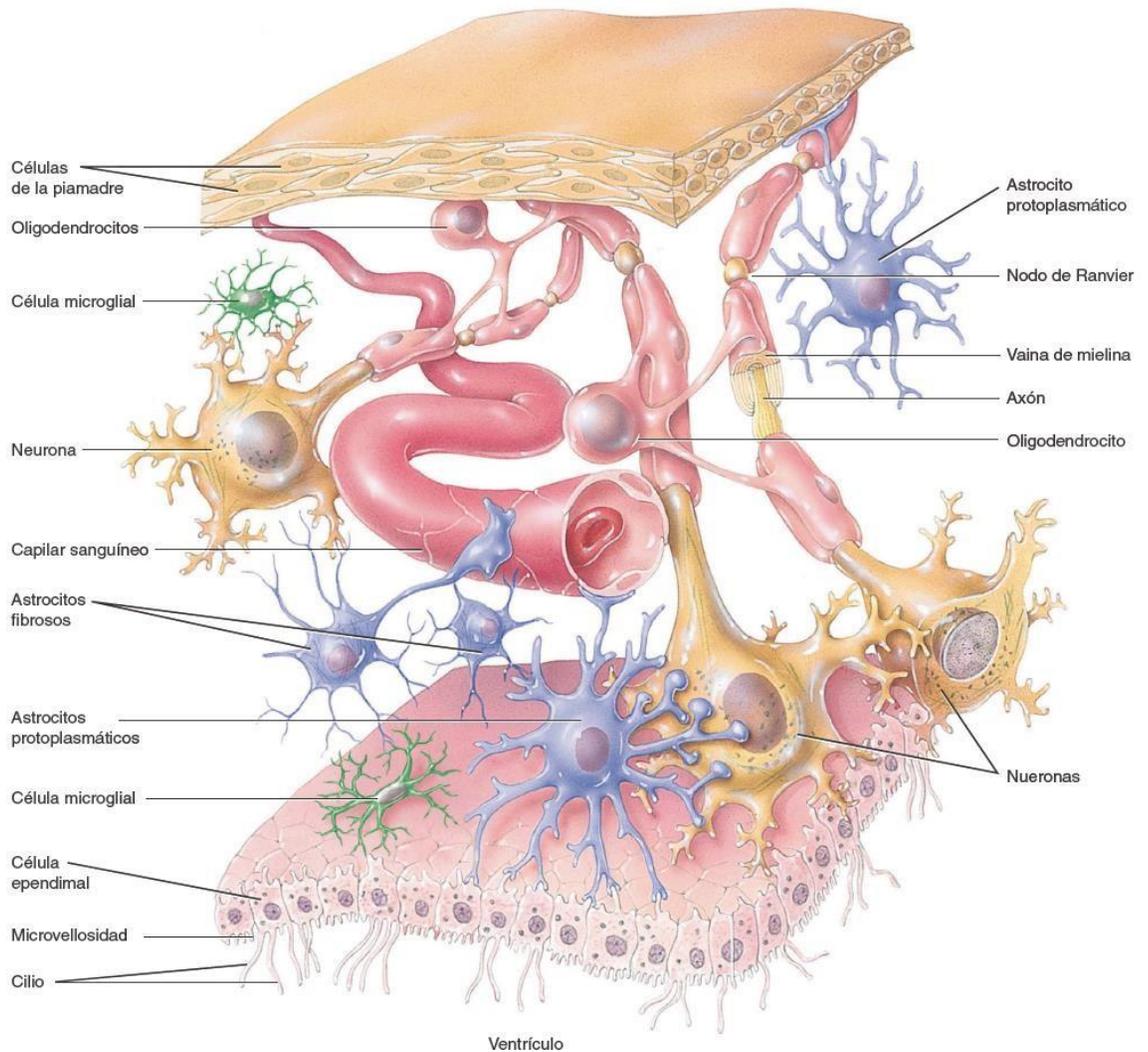


Figura 2 Neuroglia del sistema nervioso central

Fuente: Tortora y Derrickson, 2018

Según Tortora y Derrickson en 2018, la neuroglia del sistema nervioso periférico [SNP] rodea los axones y cuerpos celulares, dentro del SNP se encuentran dos tipos de células gliales (ver fig. 3) las cuales son:

- Células de Schwann: rodean los axones del SNP, se encargan de formar la vaina de mielina que envuelve a los axones. A diferencia de los oligodendrocitos, cada Célula de Schwann mieliniza un único axón. De igual forma, participan en la regeneración axónica, que se alcanza con mayor facilidad en el SNP que en el SNC.
- Células satélites: son células aplanadas que rodean los cuerpos celulares de las neuronas de los ganglios del SNP, además de brindar soporte estructural, también regulan el intercambio de sustancias entre los cuerpos de las neuronas y el líquido intersticial.

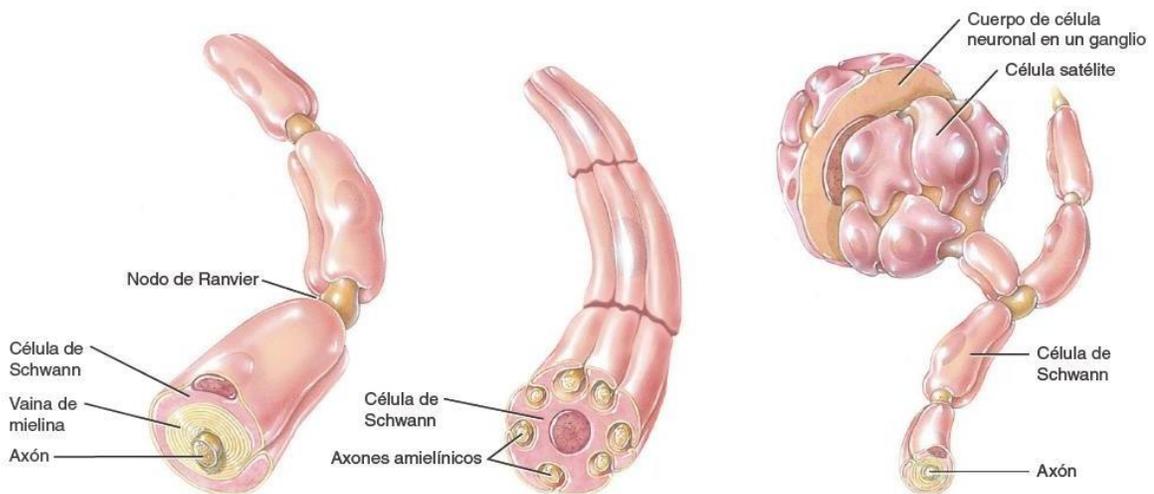


Figura 3 Neuroglia del sistema nervioso periférico

Fuente: Tortora y Derrickson, 2018

Según Tortora y Derrickson en 2018, los axones que tienen una vaina de mielina, formada por múltiples capas de lípidos y proteínas, están mielinizados. Su función es actuar como aislantes eléctricos del axón de una neurona y aumentar la velocidad de conducción de los impulsos nerviosos. Se denominan amielínicos aquellos axones que carecen de esa cubierta. Existen dos tipos de células gliales que producen vainas de mielina: las células de Schwann en el SNP y los oligodendrocitos en el SNC.

1.1.2.3 Sistema nervioso central. De acuerdo con Splittgerber en 2019, el sistema nervioso central [SNC] está compuesto por células especializadas cuya función es recibir los estímulos y transmitirlos a los órganos efectores, ya sean musculares o glandulares. Dentro de esta subdivisión del sistema nervioso, el encéfalo y la médula espinal (ver fig. 4) son los principales centros en los que se produce la correlación y la integración de la información nerviosa. Ambos están cubiertos por un sistema de membranas, denominadas meninges, y están suspendidos en el líquido cefalorraquídeo; los cuales están protegidos, además, por los huesos del cráneo y de la columna vertebral.

- Médula espinal: se encuentra situada dentro del canal vertebral y está rodeada por tres meninges: la duramadre, la aracnoides y la piamadre. Se considera que la médula espinal es de forma cilíndrica y comienza a nivel del agujero occipital del cráneo, donde se continúa con la médula oblongada [o bulbo raquídeo] del encéfalo y termina por la parte inferior en la zona lumbar. Está compuesta de una parte central de sustancia gris, que a su vez está rodeada de sustancia blanca.
- Encéfalo: se sitúa en la cavidad craneal y se continúa con la médula espinal a través del agujero occipital. Se encuentra rodeado por las meninges: la duramadre, la aracnoides y la piamadre; las cuales se continúan con las

correspondientes meninges de la médula espinal. El encéfalo es rodeado en el espacio subaracnoideo por el líquido cefalorraquídeo (Splittgerber, 2019). Se divide en tres divisiones principales, en orden ascendente a partir de la médula espinal son, el rombencéfalo, mesencéfalo y prosencéfalo.

- Rombencéfalo: conformada por la médula oblongada, la cual tiene forma cónica y conecta el puente por arriba con la médula espinal por abajo. El puente está situado en la parte anterior del cerebro, por debajo del mesencéfalo y por encima de la médula oblongada. El cerebelo se encuentra en el interior de la fosa craneal posterior, detrás del puente y la médula oblongada.
- Mesencéfalo: es conocido como la parte estrecha del encéfalo que conecta el prosencéfalo con el rombencéfalo, en su cavidad estrecha se encuentra el acueducto cerebral, el cual conecta el tercer y cuarto ventrículo. Este contiene muchos núcleos y fascículos de fibras nerviosas tanto ascendentes como descendentes (Splittgerber, 2019).
- Prosencéfalo: está conformado por el diencéfalo, el cual está casi completamente oculto por la superficie del encéfalo y consta de un tálamo dorsal y de un hipotálamo ventral. Por otro lado, el cerebro, el cual forma la mayor parte del encéfalo, consta de dos hemisferios cerebrales, que se conectan por una masa de sustancia blanca denominada cuerpo calloso.

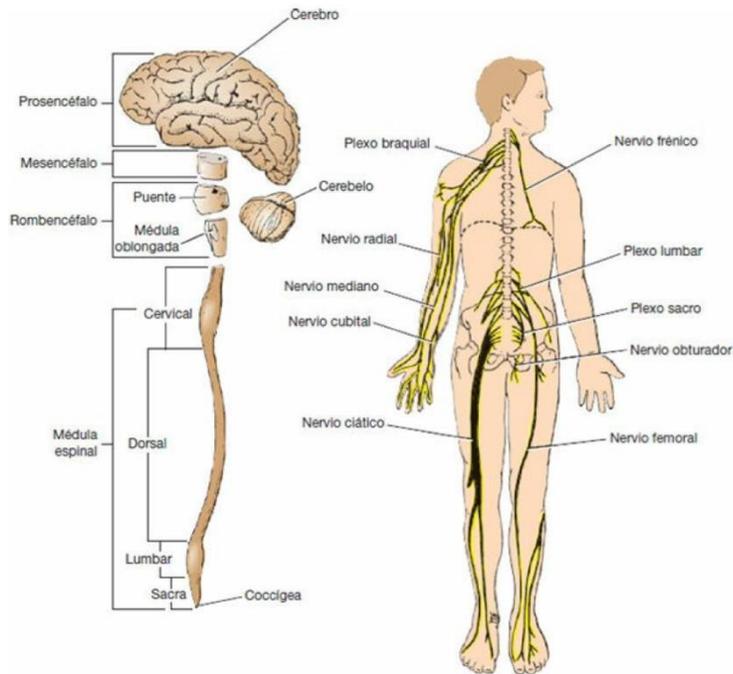


Figura 4 Sistema nervioso central y periférico

Fuente: Splittgerber, 2019

1.1.2.4 Sistema nervioso periférico. De acuerdo con Tortora y Derrickson en 2018, está formado por los nervios y ganglios nerviosos que se extienden fuera del SNC, su función principal es conectar el sistema nervioso central con los miembros y órganos.

Un nervio es un haz de cientos a miles de axones que se encuentran por fuera del encéfalo y médula espinal, doce pares de nervios craneales (ver fig. 5) emergen del encéfalo y 31 pares de nervios espinales emergen de la médula espinal (ver fig. 6). Cada nervio sigue un camino diferente e inerva una región específica del cuerpo.

- 1 nervio patético (IV)
- 2 nervio olfatorio
- 3 nervio óptico (II)
- 4 nervio motor ocular común (III)
- 5 nervio motor ocular externo (VI)
- 6 nervio facial (VII)
- 7 nervio auditivo (VIII)
- 8 nervio vago (X)
- 9 nervio trigémino (V)
- 10 nervio glosofaríngeo (IX)
- 11 nervio hipogloso (XII)
- 12 nervio espinal (XI)

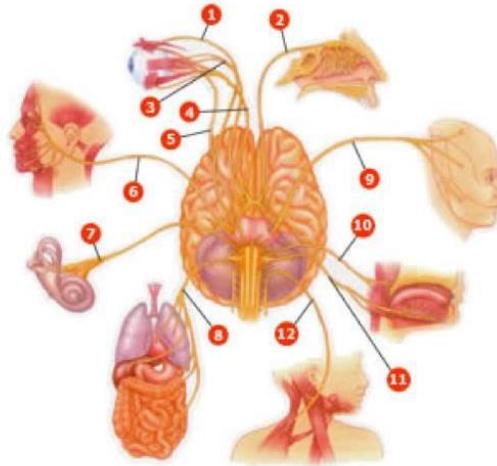


Figura 5 Nervios craneales

Fuente: Thibodeau, 2007

- A vértebras cervicales (1 - 7)
- B plexo branquial
- C vértebras dorsales (1 - 12)
- D vértebras lumbares (1 - 5)
- E nervios cervicales plexo cervical (1 - 8)
- F nervios dorsales (1 - 12)
- G duramadre
- H cola de caballo
- I nervios lumbares plexo lumbar (1 - 5)
- J nervios sacros plexo sacro (1 - 5)
- K nervio cóccigeo
- L filum terminate
- M cóccix
- N sacro

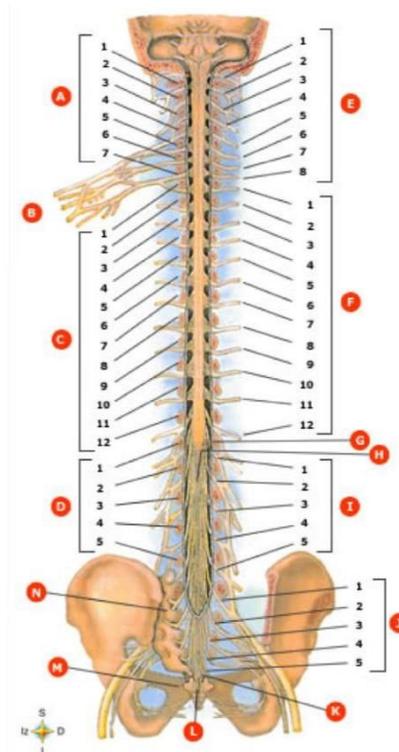


Figura 6 Nervios espinales

Fuente: Thibodeau, 2007

El SNP puede subdividirse en la división sensitiva o aferente, la cual conduce señales aferentes hacia el SNC desde los receptores sensitivos del organismo y división motora o eferente, la cual conduce señales eferentes desde el SNC hacia los efectores (músculos y glándulas (Tortora y Derrickson, 2018).

Estas divisiones pueden subdividirse aún más en:

- Sistema nervioso somático [SNS]: este conduce señales eferentes desde el SNC solamente hacia los músculos esqueléticos, en donde, las respuestas motoras pueden ser controladas de forma consciente, realizando acciones voluntarias.
- Sistema nervioso autónomo [SNA]: conduce señales eferentes al músculo liso, músculo cardíaco y glándulas. Sus respuestas motoras no están normalmente bajo control consciente, por lo tanto, su acción es involuntaria. Está constituido por:
 - Sistema nervioso simpático: en conjunto, preparan al cuerpo para una respuesta ante una situación de estrés (ver fig. 7).
 - Sistema nervioso parasimpático: es responsable del control de funciones internas en condiciones de reposo y normalidad (ver fig. 8).

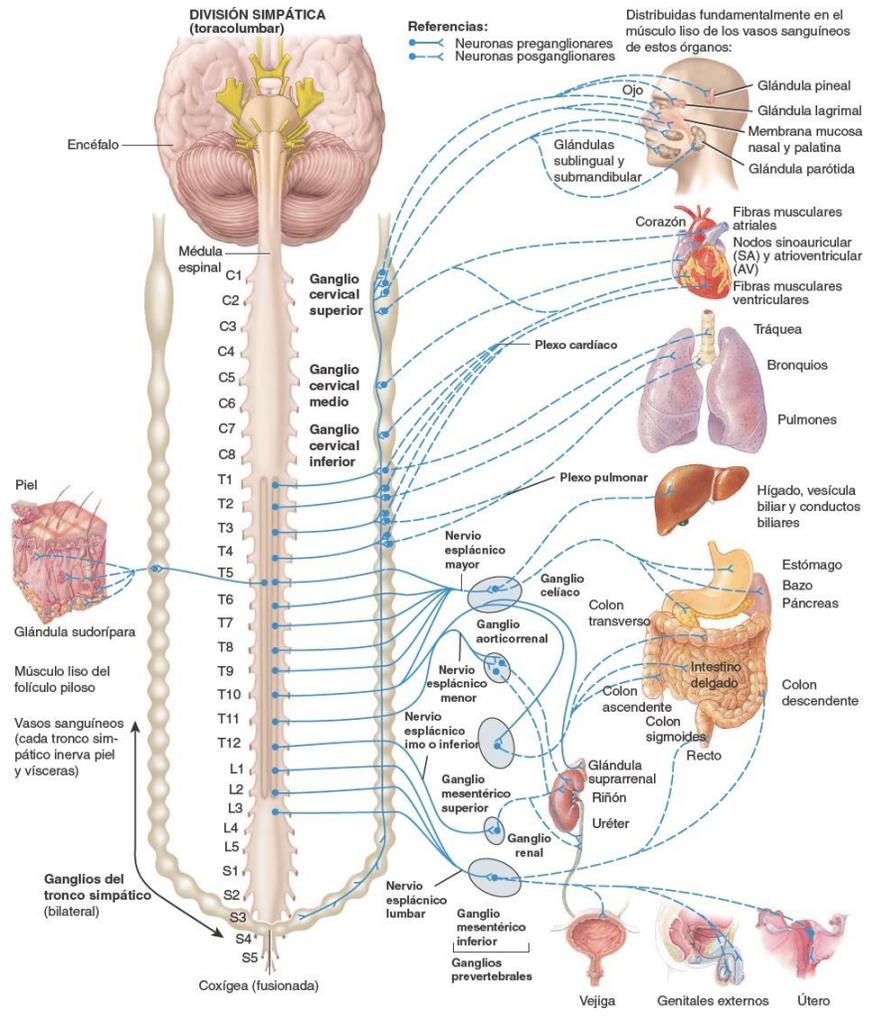


Figura 7 Sistema nervioso simpático

Fuente: Tortora y Derrickson, 2018

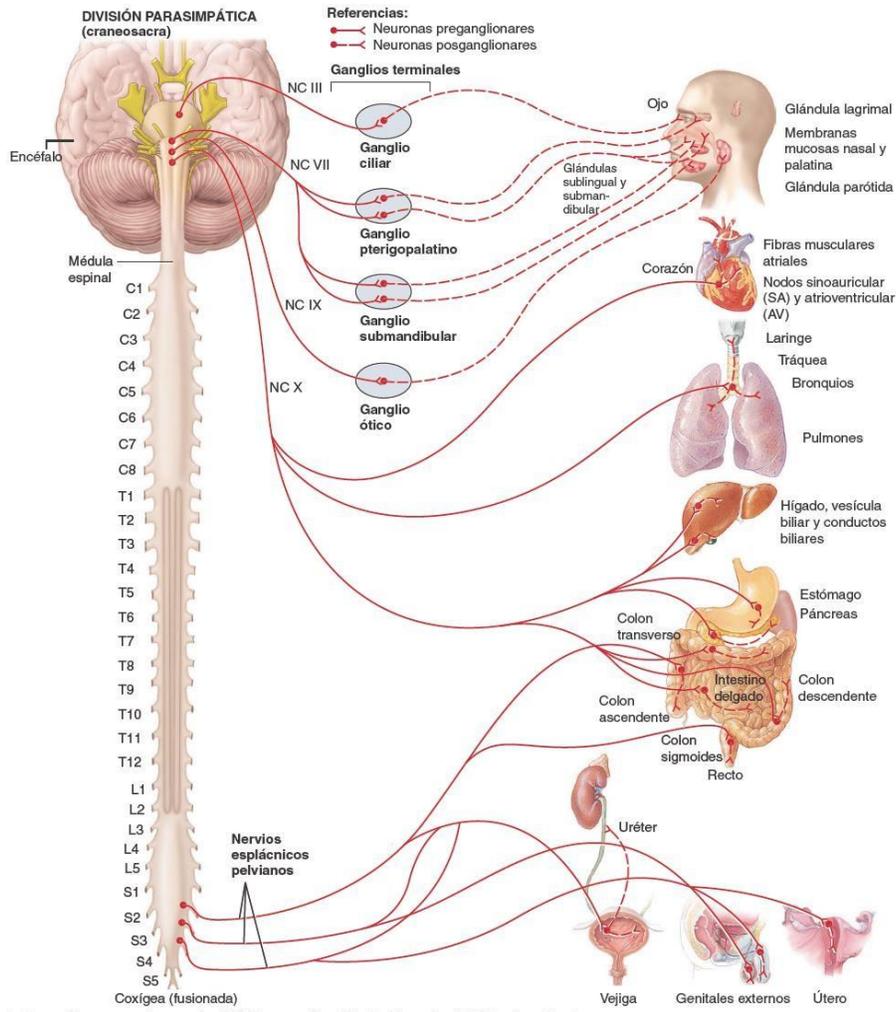


Figura 8 Sistema nervioso parasimpático

Fuente: Tortora y Derrickson, 2018

1.1.2.5 Potencial de acción. Denominado también impulso nervioso, es un proceso que consiste en una secuencia de fases que suceden con rapidez y disminuyen o revierten el potencial de membrana y lo restablecen al estado de reposo (Tortora y Derrickson, 2018).

- Despolarización: cuando alcanza el +30mV se abren los canales de sodio, existe una entrada neta y el interior de la célula se vuelve menos negativo, es decir el

potencial de membrana se vuelve más positivo que el potencial de reposo, se dice que la membrana se despolariza.

- Repolarización: cuando desciende de +30mV y llega a -70mV y pasa a negativo otra vez cuando se cierran los canales de sodio y se abren de los de potasio, es decir si el potencial de membrana se vuelve más negativo que el potencial de reposo, se dice que la membrana se hiperpolariza.
- Hiperpolarización: esta fase sucede cuando llega a -90mV. Los canales de sodio se mantienen abiertos más de lo habitual, permitiendo así la salida excesiva de este ion, por lo tanto, el interior de la membrana se torna más negativo que su estado de reposo.
- Periodo refractario: se refiere al tiempo transcurrido posterior al inicio de un potencial de acción durante el cual una célula no es capaz de generar otro potencial de acción.

1.1.3 Anatomía de otros sistemas implicados. Por otro lado, en esta patología también se ve afectado otro sistema, el cual es importante mencionar anatómicamente.

1.1.3.1 Sistema cardiorrespiratorio. Está integrado por dos aparatos diferenciados: el sistema circulatorio, encargado de la circulación de la sangre por todo el organismo, y el aparato respiratorio, cuya función principal es aportar oxígeno [O₂] para que sea distribuido a todo el organismo junto con las sustancias nutritivas y eliminar el bióxido de carbono [CO₂]. Ambos aparatos funcionan en conjunto desarrollando una función vital: aportar a las células el oxígeno y nutrientes necesarios, y a su vez, eliminar los elementos de desecho junto con el dióxido de carbono.

- Aparato Cardiovascular: De acuerdo con Tortora y Derrickson en 2018, el aparato cardiovascular está formado por tres componentes relacionados: la sangre, el corazón y los vasos sanguíneos.
 - Sangre: posee dos componentes (ver fig. 9), el plasma [matriz líquida extracelular acuosa que contiene sustancias disueltas], células y fragmentos celulares. La sangre contiene 45% de elementos formes y 55% de plasma, generalmente, más del 99% de los elementos formes son glóbulos rojos [GR]. Por otro lado, los glóbulos blancos [GB] son pálidos y sin color, y junto con las plaquetas, constituyen menos del 1% de los elementos formes. A su cargo tiene tres funciones generales:
 - Transporte: se encarga de transportar el O₂ desde los pulmones hacia las células corporales y el CO₂ desde las células corporales hacia los pulmones para luego exhalarlo.
 - Regulación: la sangre ayuda a mantener la homeostasis de todos los líquidos corporales. De igual forma, contribuye a la regulación del pH y a regular la temperatura corporal por medio de las propiedades del agua contenida en el plasma.
 - Protección: la sangre se puede coagular, lo cual ayuda en la protección contra la pérdida excesiva cardiovascular después de una herida, además, los glóbulos blancos protegen contra la enfermedad al llevar a cabo la fagocitosis.

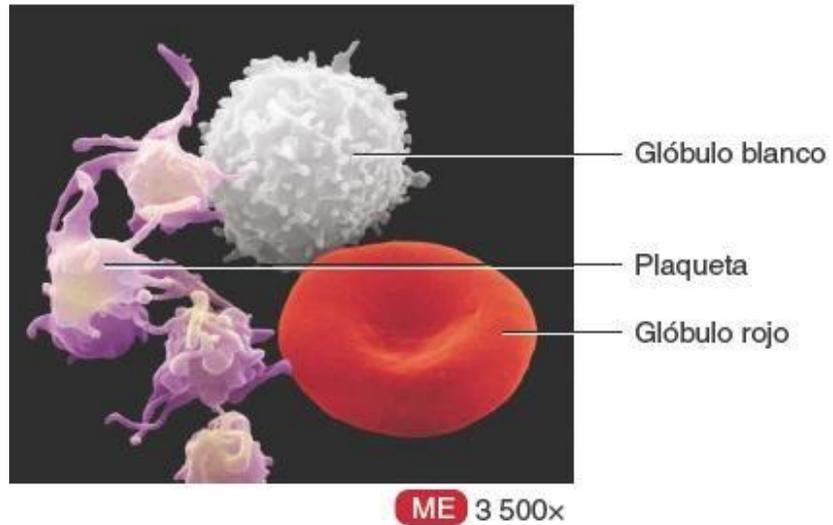


Figura 9 Elementos de la sangre

Fuente: Tortora y Derrickson, 2018

- Corazón: es un órgano relativamente pequeño, con tamaño similar al de un puño, el cual mide alrededor de 12 cm de largo, 9 cm en su punto más ancho y 6 cm de espesor, con un peso promedio de 250 g en mujeres adultas y de 300 g en varones adultos. El corazón se encuentra apoyado en el diafragma, cerca de la línea media de la cavidad torácica y se encuentra en el mediastino (ver fig. 10). El vértice o ápice está formado por el ventrículo izquierdo apoyado sobre el diafragma, la base es su superficie posterior y está conformado por las aurículas, sobre todo la izquierda (Tortora y Derrickson, 2018).

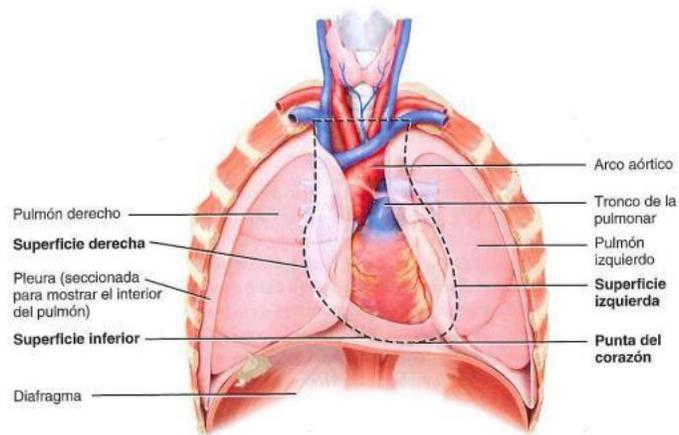


Figura 10 Vista anterior del corazón en la cavidad torácica

Fuente: Tortora y Derrickson, 2018

- Vasos sanguíneos: poseen tres capas o tunicas de diferentes tejidos, un revestimiento interno epitelial, una capa media formada por músculo liso y tejido conjuntivo elástico, y una cubierta externa de tejido conjuntivo. La más interna se denomina íntima, la media y externa, adventicia (Tortora y Derrickson, 2018).

Existen cinco tipos principales de vasos sanguíneos los cuales son (ver fig. 11):

- Arterias: se encargan de llevar la sangre desde el corazón hacia otros órganos. Poseen muchas fibras elásticas y, por lo tanto, suelen tener gran distensibilidad, sus paredes se estrechan con facilidad o se expanden sin desgarrarse en respuesta a un pequeño aumento en la presión.

- Arteriolas: se considera una arteria muy pequeña que regula el flujo de sangre en las redes capilares de los tejidos. Sus paredes representan la mitad del diámetro total del vaso.
- Capilares: son los vasos más pequeños y su función principal es el intercambio de sustancias entre la sangre y el líquido intersticial, por lo cual, se denominan vasos sanguíneos de intercambio. La sangre fluye desde una arteriola hacia los capilares y después, hacia las vénulas.
- Vénulas: poseen paredes delgadas que no mantienen su forma, se encargan de drenar la sangre de los capilares y comienzan el retorno de la sangre hacia el corazón.
- Venas: generalmente, poseen paredes muy delgadas en relación con su diámetro total y no están preparadas para soportar grandes presiones. Son más numerosas que las arterias y su función es la del retorno sanguíneo, conducen la sangre de regreso al corazón.

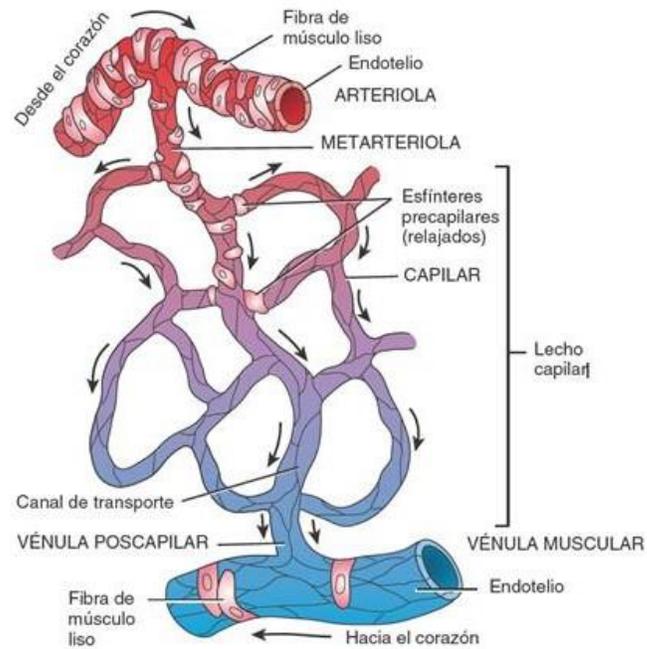


Figura 11 Arteriolas, capilares y vénulas

Fuente: Tortora y Derrickson, 2018

- Aparato respiratorio: de acuerdo con Tortora y Derrickson en 2018, está conformado por la nariz, la faringe, la laringe, la tráquea, los bronquios y los pulmones (ver fig. 12).

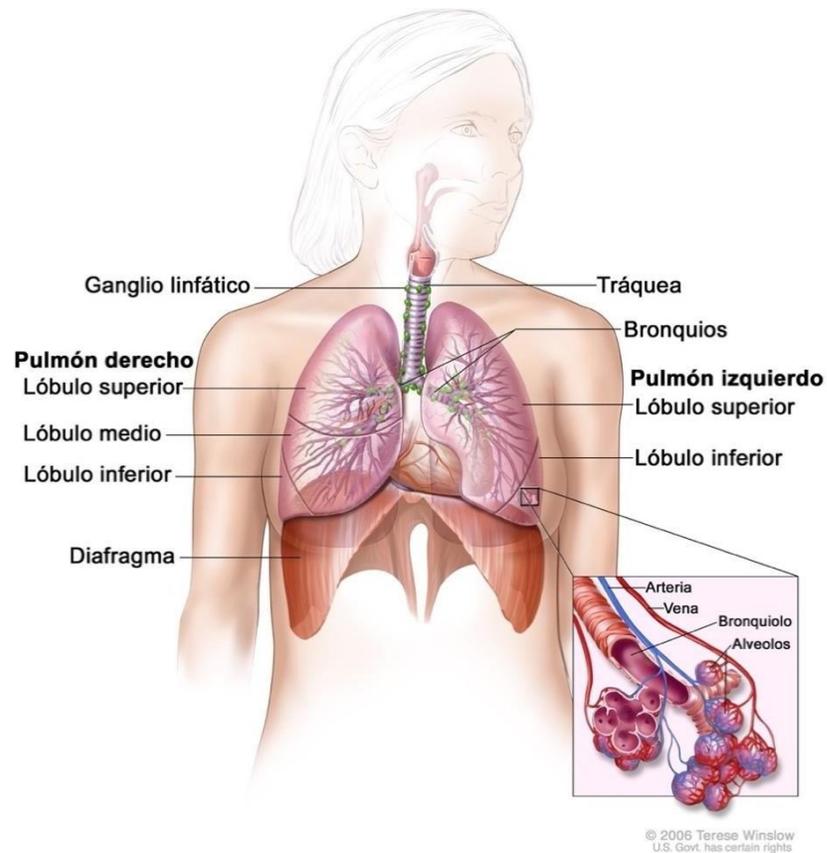


Figura 12 Sistema respiratorio

Fuente: <https://acortar.link/4raCWM>

De acuerdo con su estructura, este aparato está formado por dos partes:

- Aparato respiratorio superior (ver fig. 13):
 - Nariz: es un órgano especializado que se encuentra en la entrada del aparato respiratorio, está formado por una parte externa visible y una parte interna ubicada dentro del cráneo denominada cavidad nasal. Sus estructuras interiores cumplen funciones como calentar, humedecer y filtrar el aire que ingresa, detectar

estímulos olfatorios y modificar las vibraciones del sonido por medio de la cámara de resonancia hueca.

- Faringe: coloquialmente conocida como garganta, es un tubo de aproximadamente 13 cm de largo que se extiende desde las narinas hasta el nivel del cartílago cricoides, funciona como un pasaje para el aire y el alimento, además, brinda una caja de resonancia para los sonidos de la voz y alberga las amígdalas (Tortora y Derrickson, 2018).

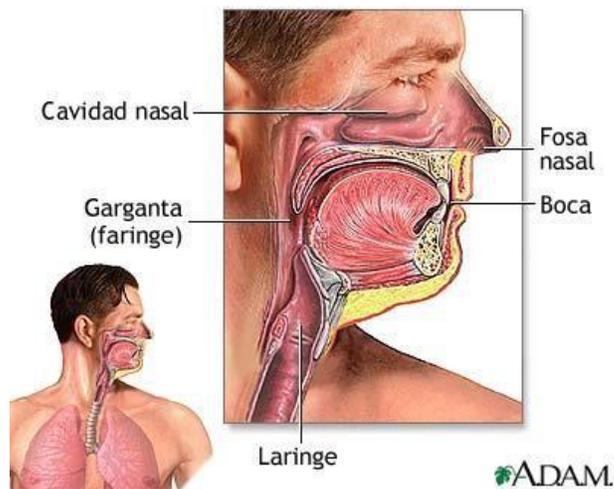


Figura 13 Aparato respiratorio superior

Fuente: <https://tinyurl.com/3m5rbym4>

- Aparato respiratorio inferior (ver fig. 14):
 - Laringe: es un corto tramo que comunica la laringofaringe con la tráquea, se encuentra localizado en la línea media del cuello, por delante del esófago y de las vértebras cervicales de la cuarta a la sexta.

- Tráquea: se describe como un conducto por el que transcurre el aire, se encuentra por delante del esófago y se extiende desde la laringe hasta el borde superior de la quinta vértebra torácica, donde se divide en bronquios primarios izquierdo y derecho (Tortora y Derrickson, 2018).
- Bronquios: el bronquio derecho es más vertical, corto y ancho en comparación del izquierdo, funciona como un pasaje de aire y contienen placas de cartílago para mantener la permeabilidad.
- Pulmones: son órganos en forma de cono localizados en la cavidad torácica, se encuentran separados entre sí por el corazón y otras estructuras del mediastino, se extienden desde el diafragma hasta por encima del borde superior de las clavículas y se encuentran apoyados contra las costillas en su parte anterior y posterior, en ellos se da un intercambio de gases y se produce surfactante.

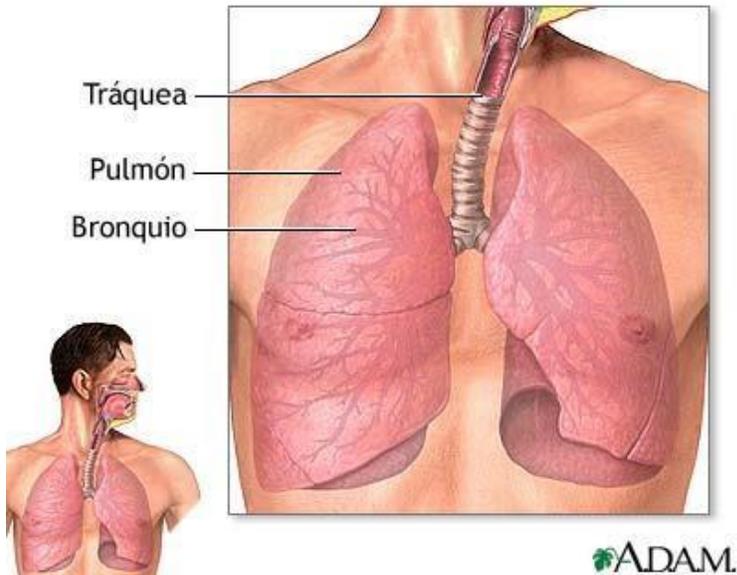


Figura 14 Aparato respiratorio inferior

Fuente: <https://tinyurl.com/yv5jpbdm>

Por otro lado, también puede dividirse en:

- Zona de conducción: está conformado por una serie de cavidades y tubos interconectados que se encuentran tanto fuera como dentro de los pulmones, tales como la nariz, la cavidad nasal, la faringe, la laringe, la tráquea, los bronquios, los bronquiolos y los bronquiolos terminales. Tienen como función principal filtrar, calentar, humedecer el aire y dirigirlo hacia los pulmones (Tortora y Derrickson, 2018).
- Zona respiratoria: se encuentra formada por tubos y tejidos ubicados dentro de los pulmones, zona donde se produce el intercambio de gases, incluye bronquiolos respiratorios, conductos y sacos alveolares, y los alvéolos. Esta zona se considera el sitio principal de intercambio de gases entre el aire y la sangre.

La respiración se describe como un proceso que permite obtener O_2 y eliminar el CO_2 , a través de tres pasos básicos (ver fig. 15)

- Ventilación pulmonar: es la entrada [inhalación] de O_2 y salida [exhalación] de CO_2 , implica el intercambio de aire entre la atmósfera y los alvéolos pulmonares.
- Respiración pulmonar: consiste en el intercambio de gases entre los alvéolos pulmonares y la sangre de los capilares pulmonares a través de la membrana. Es un proceso donde la sangre de los capilares pulmonares gana O_2 y pierde CO_2 .
- Respiración tisular: proceso donde se da el intercambio de gases entre la sangre de los capilares sistémicos y las células de los tejidos, la sangre pierde O_2 y adquiere CO_2 , en este paso se produce la respiración celular.

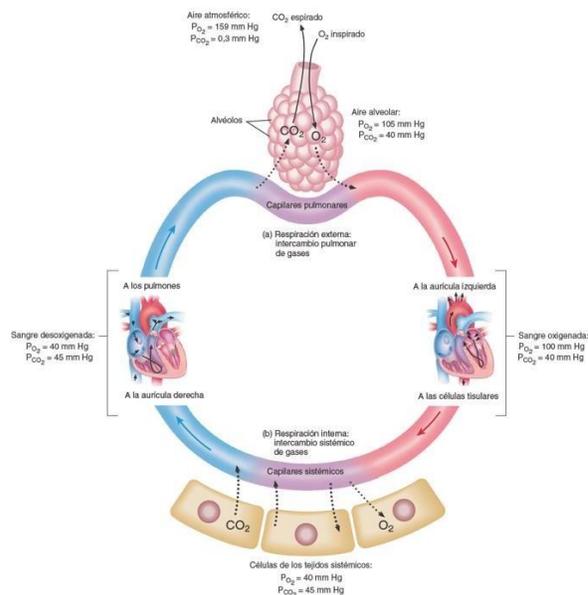


Figura 15 Pasos básicos de la respiración

Fuente: Tortora y Derrickson, 2018

1.1.4 Padecimiento. De acuerdo con Arteaga et al., 2020, los síntomas asociados a la esclerosis múltiple se pueden clasificar en primarios, secundarios y terciarios.

- **Síntomas primarios:** Son aquellos que ocurren como consecuencia de la desmielinización aguda del sistema nervioso central como la ataxia, parestesias, fatiga, déficit cognitivo, disfunción vesical e intestinal, entre otros.
- **Síntomas secundarios:** Es el resultado de las secuelas de las alteraciones condicionadas por las lesiones primarias donde está el dolor asociado a la espasticidad, infecciones del tracto urinario como resultado de una disfunción vesical.
- **Síntomas terciarios:** Son los ocasionados como consecuencia de las reacciones psicológicas a condiciones de tensiones laborales, personales o afectivas, asociado con una condición crónica de la enfermedad.

Corredor y colaboradores en 2016 menciona que los síntomas primarios obedecen directamente a la neurodegeneración axonal o desmielinización del sistema nervioso central. Los síntomas secundarios son consecuencia del compromiso axonal antes mencionado. Por otro lado, los síntomas terciarios están asociados a la depresión reactiva y a la restricción en la participación social, como consecuencia de la patología (Tabla 1).

Tabla 1 Síntomas asociados a la esclerosis múltiple

Síntoma	Primario	Secundario	Terciario
Debilidad	X	X	
Alteración sensitiva	X		
Alteración visual	X		
Diplopía	X		

Síntoma	Primario	Secundario	Terciario
Alteración en la marcha	X	X	
Incoordinación	X		
Disfunción sexual	X	X	X
Alteración vesical	X	X	
Alteración intestinal	X	X	
Disfunción cognitiva	X	X	X
Fatiga	X	X	X
Depresión	X	X	X
Ansiedad	X	X	X
Aislamiento social		X	X
Oftalmoplejía internuclear	X		
Nistagmo	X		
Contracturas		X	
Vértigo	X		
Lenguaje	X		
Deglución	X		
Dolor	X	X	X
Espasticidad	X	X	

Información extraída de (Corredor et al., 2016).

Es recomendable priorizar los síntomas, siendo importante tomar en cuenta aquellos de presentación aguda, para poder intervenir inicialmente y evitar ciertas complicaciones o secuelas irreversibles. Existen algunos síntomas que debido al significativo impacto sobre la independencia funcional terminan afectando el desempeño tanto funcional, como laboral y/o familiar. Siendo este el caso de la fatiga, alteraciones de la marcha, el dolor y la espasticidad, comprometiendo así, la movilidad, los traslados y la independencia del paciente.

Corredor et al., en 2016 menciona que la fatiga es el síntoma que prevalece con mayor frecuencia en la esclerosis múltiple. Se estima que su prevalencia va entre el 70 y el 92%, siendo catalogado por los mismos pacientes como el síntoma que más los impacta negativamente. Suele aparecer en cualquier momento del curso de la enfermedad y en todos los subtipos puede ser el primer o único síntoma de recaída.

1.1.5 Definición. Se describe la esclerosis múltiple como una enfermedad crónica inflamatoria que afecta principalmente al sistema nervioso central [SNC]. De acuerdo con el Diccionario de la Lengua Española, la palabra “esclerosis” significa “Endurecimiento patológico de un órgano o tejido”. Según los estudios anatomopatológicos de las personas que padecen de esclerosis múltiple se han encontrado diversas zonas endurecidas o escleróticas en el cerebro y médula espinal. Estas zonas son llamadas placas de desmielinización y pueden ser agudas o crónicas dependiendo de su estadio evolutivo (Sempere, 2017).

1.1.6 Epidemiología. Cuevas-García en 2017 menciona que la esclerosis múltiple es una enfermedad que suele ser más frecuente en mujeres, con una relación de 2:1, el pico máximo en donde se presenta la enfermedad es alrededor de los 25 años cuando se realiza el diagnóstico. Alrededor del mundo afecta a más de 2 millones de personas en etapa productiva, generando así un gran impacto socioeconómico (ver fig. 16).

1.1.6.1 Asia. En los países asiáticos se considera que la prevalencia de la esclerosis múltiple es más baja que en los países occidentales, la población asiática tiene un 80% menos de riesgo de padecer EM que las caucásicas. La prevalencia en los países de Asia Oriental es menor y se estima que oscila entre 0,8 – 2 por cada 100,000 habitantes. Por otro lado, la prevalencia en Asia Occidental se considera mayor en comparación con Asia Oriental y Meridional (Zhang et al, 2020).

1.1.6.2 Oceanía. De acuerdo con la federación de esclerosis múltiple en Australia [FMS, 2020] se ha reportado que más de 25,600 padecen de esclerosis múltiple, en donde $\frac{3}{4}$ de las pacientes afectadas son del sexo femenino. Su prevalencia en el continente según datos obtenidos del 2017 era de 103.7 pacientes por cada 100,000 habitantes en comparación con los datos del 2010 en donde se reportaba 95.5 por cada 100,000.

1.1.6.3 Europa y Norte América. Según Correa et al, en 2018 la prevalencia de esta enfermedad es heterogénea alrededor del mundo, siendo más alta en Europa y Norte América, prevalencia que va más allá de los 100 casos por cada 100,000 habitantes, mientras que en países de América Latina es más baja o intermedia, se mantiene entre 1.5 - 38 casos por cada 100,000 habitantes.

1.1.6.4 Latinoamérica. Se estima que el 65.5% de los casos corresponde a esclerosis de tipo remitente-recurrente [EMRR], 21.5% a esclerosis múltiple secundariamente progresiva y 13% a primaria recurrente y primaria progresiva (Cuevas-García, 2017).

1.1.6.5 Centroamérica. Se evidencia que 5.4 pacientes padecen de esclerosis múltiple por cada 100,000 habitantes en Costa Rica, 2 de cada 100,000 habitantes en Nicaragua en el 2013, considerando que en el año 2008 las cifras que se reportaban eran de 4.2 y 1.8 por cada 100,000 habitantes en dichos países. En Panamá se ha evidenciado una prevalencia de 5.24 pacientes diagnosticados por 100,000 habitantes con una proporción de 8.94 mujeres a comparación de 1.60 en hombres. En Honduras se ha registrado una prevalencia de 3.0 pacientes por cada 100,000 habitantes.

En Guatemala se han mantenido casi las mismas cifras desde el 2008, en donde se ha reportado una prevalencia de 3.3 pacientes por cada 100,000 habitantes, actualmente existen alrededor de 500 pacientes diagnosticados con esclerosis múltiple, siendo está clasificada como una enfermedad rara (Garner et al., 2015).

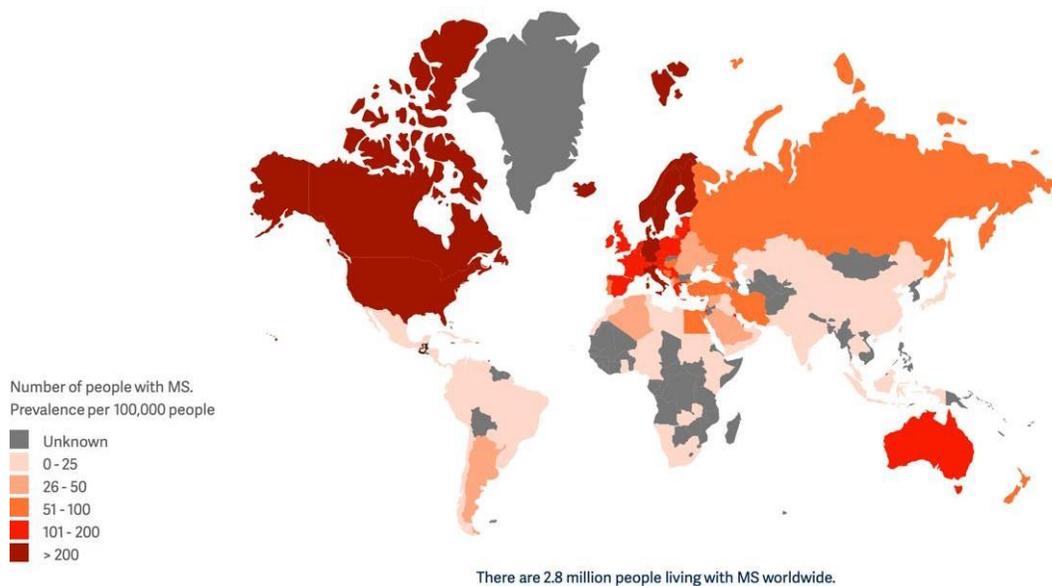


Figura 16 Mapa epidemiológico de la EM

Fuente: *MS International Federation, 2020.*

1.1.7 Características clínicas. Correa et al., en 2018 afirma que la EM, en el 85% de los casos se presenta como un síndrome clínico aislado [SCA], en donde se pueden manifestar de la siguiente manera:

- El 37% de los pacientes presenta una neuritis óptica típica.
- El 32% de los pacientes manifiesta una oftalmoplejía internuclear.
- El 44% de los pacientes posee una mielitis parcial.

Una vez que el paciente manifiesta una de las sintomatologías anteriormente mencionadas, se debe de determinar el riesgo de desarrollar EM y el grado de discapacidad se puede presentar.

Existen múltiples factores clínicos que determinan un mayor riesgo de recaídas tempranas en pacientes con un SCA, lo que da indicios a una mayor probabilidad de un

segundo evento desmielinizante, provocando así un riesgo mayor de padecer EM durante el primer año, donde se condiciona una mayor discapacidad en el paciente.

De acuerdo con Norris y Lalchandani en 2019 las áreas generalmente afectadas en la esclerosis múltiple son el nervio óptico, áreas corticobulbares, tractos corticoespinales, tractos cerebelosos, tractos espinocerebelosos, fascículos longitudinales mediales y columnas celulares posteriores de la médula espinal.

Entre las manifestaciones oculares podemos encontrar la neuritis óptica [NO], siendo uno de los síntomas más frecuentes de la esclerosis múltiple, especialmente en su fase inicial. Esta se caracteriza por la pérdida de la agudeza visual, en donde el paciente refiere “visión borrosa”, raramente se da una pérdida completa de visión, a su vez es acompañada de dolor ocular que se agrava con la movilización del ojo. Los trastornos oculomotores se manifiestan como diplopía y oscilopsia, los cuales se deben a lesiones en el tronco encefálico. A través de la exploración se puede apreciar combinaciones de paresia de los pares III, IV y VI, a veces suele ser asintomática (Moral et al., 2014).

Por otro lado, también se presentan síntomas motores, como la debilidad y/o espasticidad debido a la afectación a cualquier nivel de la vía piramidal, siendo la debilidad la causa más común de discapacidad de la esclerosis múltiple. La espasticidad puede causar espasmos y anquilosis en flexión de las extremidades. En pacientes que no presentan debilidad es habitual encontrar en la exploración signos piramidales como el signo de Babinski, hiperreflexia, entre otros.

Entre los síntomas sensitivos se encuentran las parestesias y/o hipoestusias de la sensibilidad profunda o superficial debido a una topografía medular. Suele presentarse con mayor frecuencia la afectación de la sensibilidad profunda, con defectos de la sensibilidad vibratoria posicional (Moral et al., 2014).

La manifestación de los síntomas cerebelosos suele presentarse en inestabilidad con ataxia de la marcha y disartria. En algún momento de la evolución de la esclerosis múltiple se pueden presentar síntomas esfinterianos, tales como trastornos de la micción, principalmente en las mujeres.

Los síntomas cognitivos más frecuentes son trastornos de la atención, dismnesia y lentitud en el procesamiento mental con dificultad para el razonamiento de tipo abstracto. Moral et al, en 2014 menciona que otros síntomas que pueden presentar las personas que padecen de esta enfermedad son los siguientes:

- La depresión, siendo una de las más frecuentes.
- La fatiga, la cual está presente en un 65 – 70 % de los pacientes.
- Los síntomas paroxísticos, con una corta duración y suelen presentarse tras estímulos sensitivos y motores. Siendo el signo de Lhermitte y la neuralgia del trigémino los más frecuentes. Y menos frecuentes la ataxia paroxística, diplopía, prurito, discinesias y los espasmos tónicos.

1.1.8 Clasificación. Actualmente la esclerosis múltiple se clasifica en función del curso clínico en tres divisiones:

1.1.8.1 Síndrome clínico aislado. Olek y Howard en 2020 mencionan que este constituye el primer episodio clínico de esclerosis múltiple, se presenta monofásico con signos y síntomas que evidencian un evento desmielinizante inflamatorio en el sistema nervioso central el cual puede ser focal o multifocal. Se desarrolla de forma aguda o subaguda y dura al menos 24 horas, con o sin recuperación, no presenta fiebre o alguna infección.

En el síndrome clínico aislado no hay evidencia de episodios de desmielinización en el historial clínico del paciente o en estudios de imágenes. Incluye lo siguiente:

- Neuritis óptica unilateral, la cual se manifiesta con pérdida visual monocular que consiste en visión borrosa o escotoma.
- Diplopía indolora debido oftalmoplejía internuclear o, poco frecuente, parálisis del sexto par craneal.
- Síndrome del tronco encefálico, ataxia con nistagmo, vértigo, entumecimiento facial o episodios paroxísticos de disartria o vértigo.
- Mielitis transversa parcial, generalmente con síntomas sensoriales predominantes, incluido el síndrome de Brown Séquard parcial o signo de Lhermitte.

Generalmente los síntomas se desarrollan en el transcurso de algunas horas o días y luego remiten gradualmente durante las semanas posteriores o meses, aunque la remisión puede no ser completa. Los signos y síntomas pueden ser monofocales o multifocales (Olek y Howard, 2020).

1.1.8.2 Esclerosis múltiple recidivante (remitente-recurrente). De acuerdo con Olek y Howard en 2020, es la forma más frecuente de esclerosis múltiple, sobre todo en personas jóvenes, se considera que representa aproximadamente del 85 al 90% de los casos al inicio. Es caracterizado por ataques claramente definidos, conocidos también como recaídas, brotes o exacerbaciones, los cuales pueden recuperarse por completo o dejar secuelas.

Los signos y síntomas asociados a una recaída generalmente alcanzan su pico máximo en días o semanas, seguidos posteriormente de una remisión durante la cual los signos y síntomas se resuelven en grado variable. La duración mínima de una recaída es de 24 horas, aunque la mayoría cuentan con una duración mucho más larga (Olek y Howard, 2020).

La esclerosis múltiple de tipo remitente-recurrente se puede caracterizar como activa, con recaídas y/o nueva actividad en las resonancias magnéticas, o no activa, en donde el paciente no presenta brotes y la resonancia magnética no demuestra nuevas lesiones (Sempere., 2017).

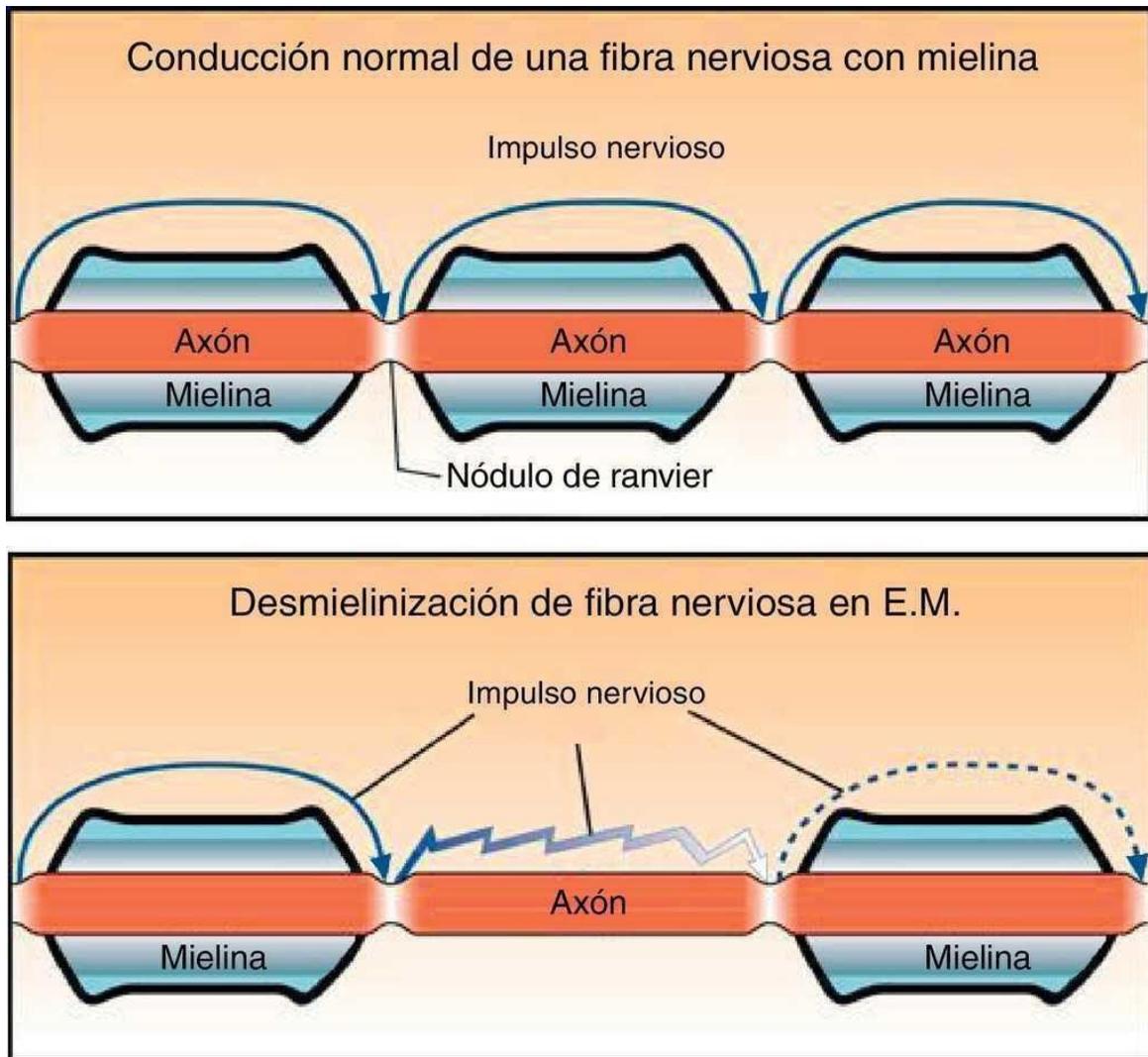
1.1.8.3 Esclerosis múltiple progresiva. De acuerdo con Olek y Howard en 2020 la esclerosis múltiple progresiva secundaria se caracteriza por un curso inicial de tipo remitente-recurrente seguido de un empeoramiento gradual con o sin recaídas, remisiones menores y mesetas. La transición de remitente-recurrente a progresiva secundaria suele ocurrir de 10 a 20 años después del inicio de la enfermedad, de acuerdo con algunos estudios, la mediana de tiempo desde los primeros síntomas de esclerosis múltiple hasta el desarrollo de EM progresiva secundaria fue de 19 años.

1.1.9 Etiología. Según diversas investigaciones científicas, se dice que la esclerosis múltiple se presenta con mayor frecuencia en personas que poseen ascendencia europea y es poco habitual en los asiáticos (Norris y Lalchandani, 2019).

Conforme a la información recolectada por Bertado et al., en 2016 en su estudio de muestra, el 16% de los pacientes contaba con ascendencia familiar extranjera y en el principal origen de los familiares extranjeros se evidenció que el 82% provenía de Europa, en su mayoría españoles. Del continente americano provenía el 6% y del continente asiático el 7%.

Su causa es desconocida, se piensa que es debido a la combinación de factores genéticos y ambientales que hacen que las células inmunitarias ataquen al sistema nervioso. En la esclerosis múltiple coexisten la inflamación y neurodegeneración, existe un proceso inflamatorio que afecta al sistema nervioso central y produce una desmielinización (ver fig. 17), de igual forma, un daño axonal variable. Un aspecto clave en la patogenia de la

esclerosis múltiple es la neurodegeneración axonal, la cual es uno de los determinantes de la discapacidad progresiva. (Sempere, 2017)



Semergen. 2015;41:261-5

Figura 17 Desmielinización de la fibra nerviosa en EM.

Fuente: Martínez-Altarriba et al., 2015

1.1.10 Fisiopatología. La esclerosis múltiple se caracteriza principalmente por la inflamación y destrucción de la mielina de la sustancia blanca del sistema nervioso central. En esta enfermedad, el sistema nervioso periférico se mantiene intacto, y generalmente no hay evidencia de una enfermedad sistémica relacionada (Norris y Lalchandani, 2019).

A través del tiempo, se ha pensado que la esclerosis múltiple es una alteración mediada por la inmunidad que poseen personas genéticamente susceptibles. Hasta la fecha, no se ha identificado el antígeno, sin embargo, los datos sugieren que se debe a una respuesta inmunitaria a una proteína en el sistema nervioso central.

Las lesiones de la EM consisten en parches desmielinizantes duros, de bordes agudos, que pueden observarse a través de la sustancia blanca y, algunas veces, de la sustancia gris del sistema nervioso central. Estas lesiones son el resultado final de la degradación aguda de la mielina, las cuales se denominan *placas*. Las lesiones parecen tener una predilección por los nervios ópticos, la sustancia blanca periventricular, el tronco encefálico, el cerebelo y la sustancia blanca de la médula espinal (Norris y Lalchandani, 2019).

Mediante las lesiones activas se puede observar evidencia de la degradación continua de la mielina. La secuencia por la cual la mielina se va degradando no está del todo clara, aunque se conoce que las lesiones contienen cantidades pequeñas de proteínas básicas de mielina y aumento de enzimas proteolíticas, macrófagos, linfocitos y células plasmáticas.

Norris y Lalchandani en 2019 mencionan que en la esclerosis múltiple se presenta una disminución de oligodendrocitos, o pueden estar ausentes, sobre todo en las lesiones más antiguas. Las lesiones agudas, subagudas y crónicas suelen observarse a menudo en numerosos sitios a lo largo del sistema nervioso central (ver fig. 18).

La resonancia magnética [RM] ha demostrado que las lesiones de la esclerosis múltiple se presentan en dos etapas:

- La primera etapa incluye el desarrollo secuencial de pequeñas lesiones inflamatorias.
- La segunda etapa consiste en la expansión y la consolidación de las lesiones, así como en la desmielinización y la gliosis [formación de cicatriz].



Figura 18 Placas, degradación aguda de la mielina

Fuente: Norris y Lalchandani, 2019

1.1.11 Factores de riesgo. En la EM se han identificado varios factores de riesgo que contribuyen y desempeñan una función coadyuvante como lo es la genética, infecciones y otras exposiciones ambientales, las cuales desencadenan un proceso autoinmune que conduce a la enfermedad, de acuerdo con Domínguez et al., en 2012 se han identificado los siguientes factores de riesgo para el desarrollo de EM.

1.1.11.1 Infecciones virales. Se ha relacionado con la etiología de la EM la enfermedad por el virus del sarampión, moquillo canino, varicela zóster, encefalitis por garrapatas, así como la infección por HTVL-1, LM-7, virus del herpes 6 y virus de Epstein-Barr [EB], esta última se asocia que el 19% de los pacientes que fueron diagnosticados con EM son

seropositivos para el virus del EB a comparación con el 90% de los controles, teniendo más prevalencia en niños.

1.1.11.2 Sexo femenino. Domínguez et al, en 2012 refiere que la EM se presenta con mayor frecuencia en mujeres que en hombres, sin embargo, las mujeres tienen un curso clínico diferente en la EM de tipo remitente-recurrente, los hombres a su vez tienden a presentar de formas progresivas y con un peor diagnóstico.

Correa et., al en 2019 manifiesta que el sexo juega un rol fundamental en la evolución de la enfermedad, existe una proporción de hombre/mujer de 2:1, un efecto que se ha mantenido a través de los años. Sin embargo, desde los inicios de la enfermedad es más rápida en el sexo masculino en comparación con el sexo femenino (38% CI 95%: 19% - 60%, p_0.0005).

1.1.11.3 Latitudes altas. Se ha demostrado que vivir en latitud altas como lo es el norte y sur del ecuador está altamente asociado con el riesgo de padecer EM.

1.1.11.4 Poca exposición solar. En varios estudios observacionales se ha sugerido que los niveles séricos bajos de vitamina D o 25(OH)D como un contribuyente ambiental que desarrolla EM, a su vez, se menciona la relación inversa entre la exposición solar, la radiación ultravioleta con el riesgo e inicio de la enfermedad, el grado de modulación de la actividad y la prevalencia de EM (Correa et al., 2018).

Los niveles inferiores de 25 (OH)D están asociados con una probabilidad de 2.0 veces que se produzca EM en pacientes con SCA, su asociación a un antecedente familiar en primer grado incrementa el riesgo de hasta 15 veces mayor. En la esclerosis múltiple remitente-recurrente [EMRR] se ha evidenciado que los niveles más bajos de 25(OH)D se asocian de gran manera con un peor pronóstico de la enfermedad y un mayor número de

recaídas, independientemente de otros factores asociados como las infecciones, sexo, discapacidad, género y uso de terapia inmunomoduladora.

La evidencia sugiere que en las diferentes células inmunitarias y nerviosas se demuestra una primera indicación de las posibles acciones de la vitamina D en la EM, de igual modo, al establecer una mejor relación entre las células Th2 [protectoras] y Th1 [agresivas] con el efecto global de una disminución de la inflamación, por lo cual, se sugiere que la vitamina D influye en el riesgo y el curso de la EM, al tener efectos inmunomoduladores y antiinflamatorios que generan un beneficio en los pacientes (Correa et al., 2018).

1.1.11.5 Neurofilamentos de cadena ligera (NFL). Los NFL son liberados en el líquido cefalorraquídeo (LCR) después de una lesión axonal ya sea por una enfermedad neurológica degenerativa o traumática. La concentración de NFL en el LCR indica un factor de riesgo en donde se predice la severidad de la EM, se ha demostrado que en los pacientes con EMRR los niveles de NFL en LCR son los mejores marcadores predictivos de la presencia y actividad de la enfermedad a un 93% de los pacientes.

1.1.11.5 Bandas oligoclonales. Las BOC representan una clase limitada de antígenos que se ven representadas como bandas discretas en gel de agarosa, en pacientes sin ninguna patología neurológica degenerativa la inmunoglobulina G (IgG) presente en el LCR proviene principalmente de la difusión pasiva desde el plasma. El aumento de la síntesis intratecal de IgG evidencia una alteración inmunológica y un proceso inflamatorio en el SNC, el cual, puede medirse de forma cuantitativa, principalmente a través del índice IgG o de forma cualitativa a través de la presencia de bandas oligoclonales. La presencia de BOC en LCR indica una actividad inflamatoria crónica dentro del SNC, que es positiva en alrededor del 87.7% de pacientes con EM (Correa et al., 2018).

1.1.11.7 Tabaquismo. En la EM se han hechos diversos estudios en donde se relaciona el hábito de fumar y el incremento en el riesgo del desarrollo y la progresión de la enfermedad, es así que se sugiere que la duración e intensidad del consumo del tabaco tiene una relación inversa con el incremento del riesgo, y una asociación más predominante en hombres que en mujeres. Estudios de asociación del genoma han identificado varios genes de riesgo como el HLA-DRB1* 15:01, que tiene una relación muy fuerte con el riesgo de desarrollar EM en fumadores y el HLA-A2*02:01, donde se cataloga como gen protector, explicando que el hábito de fumar ocasiona que múltiples partículas y gases que ingresan al organismo donde se estimulan una serie de mecanismos inflamatorios principalmente mediados por los macrófagos y las células epiteliales, posteriormente se liberan citoquinas para el reclutamiento de células inmunes circulantes, planteado esto, la presencia de este factor previo al inicio de alguna sintomatología neurológica, incrementa el riesgo de susceptibilidad a desarrollar EM.

En la exposición de una manera constante al humo del tabaco se produce de una manera progresiva un agotamiento y disfunción de mecanismos de defensa inmune innata, con el consecuente desarrollo de estructuras linfoides terciarias y desregulación en la homeostasis de linfocitos T, ocasionando una inflamación sistémica que se caracteriza por el aumento de leucocitosis, linfocitosis, entre otros; dentro de la exposición pasiva al humo de cigarrillo la identificación del gen HLA-DRB1*15 se asocia a un aumento en la probabilidad de desarrollar EM (Correa et al., 2018).

1.1.11.8 Historia familiar con antecedentes genéticos. El 10% de los pacientes con EM cuentan con un familiar de primer, segundo o tercer grado que fueron diagnosticados con esclerosis múltiple, un porcentaje menor a lo descrito, esto debido a que el riesgo varía

según la raza y la región geográfica; a su vez, cerca del 20% de los pacientes con EM en Europa tienen un familiar de primer grado con el mismo diagnóstico (Bertado et al., 2016).

De acuerdo con el estudio de Bertado et al., en 2016 se puede observar una relación de acuerdo con la genética, nivel de parentesco y tasa de recurrencia, la cual se describe de la siguiente manera. (Tabla 2)

Tabla 2 Factor de riesgo según parentesco

Parentesco	Datos previos	Datos del estudio
Padres	TRR – 3.0%	TRR – 1.1%
Hermanos	TRR – 4.0%	TRR – 3.4%
Tíos	TRR – 2.0%	TRR – 1.5%
Sobrinos	TRR – 2.0%	TRR – 0.8%
Primos	TRR – 1.0%	TRR – 3.7%

Elaboración propia con información extraída de (Bertado et al., 2016)

1.1.12 Mortalidad. La mortalidad causada por la esclerosis múltiple no ha sido documentada de una manera frecuente, sobre todo en América latina, en donde actualmente se cuentan con los siguientes datos (Tabla 3)

Tabla 3 Datos de mortalidad según país de procedencia

País	Datos registrados
Dinamarca	1,80 muertes registradas por cada 100,000 personas
Suecia	2,08 muertes registradas por cada 100,000 personas

País	Datos registrados
Cuba	0.5 muertes registradas por cada 100,000 personas
Colombia	0.27 muertes registradas por cada 100,000 personas.

Elaboración propia con información recolectada de (Misnaza-Castrillón et al., 2018).

De acuerdo a un estudio realizado por Bártulos., et al en el 2013 en la Rioja, una comunidad autónoma situada al norte de España, se evidenció que, en un periodo de 10 años analizados, la mortalidad global en los pacientes diagnosticados con EM fue de 8 pacientes, en donde ellos equivaldrían a un total de 0.26 pacientes fallecidos de 100,000 habitantes.

Se ha establecido que las morbilidades más recurrentes en pacientes con EM son variadas en donde se pueden dividir de la siguiente manera:

- Trastorno de ansiedad y depresión con un porcentaje de 21.9% y 23.7%
- Hipertensión arterial con un 18.6%
- Dislipidemia con 10.9%
- Enfermedad pulmonar crónica al 10%
- Enfermedades autoinmunes relacionadas al 6%

1.1.13 Comorbilidades. La presencia de las comorbilidades se ha asociado principalmente a la edad, sexo y factores socioculturales de los pacientes, a su vez, se hace énfasis de que la frecuencia y tipo de comorbilidad varía según la evolución de la esclerosis múltiple, en donde al inicio sintomático de la enfermedad al ser entre los 20 a 40 años, el 24% de los pacientes presenta al menos una morbilidad física, el otro 12% dos o más

comorbilidades asociadas y el 8.4% tiene una morbilidad psiquiátrica (Cárdenas Robledo et al., 2020).

Con referencia al sexo, se evidencia que, en el momento del diagnóstico de la esclerosis múltiple, las comorbilidades psiquiátricas y la fibromialgia se presentan con mayor frecuencia en las mujeres, mientras que las enfermedades cardiovasculares como la hipertensión dislipidemia, diabetes, enfermedad coronaria es más común en hombres, en donde se detalla a continuación la frecuencia descrita para las comorbilidades asociadas con los pacientes diagnosticados con esclerosis múltiple. (Tabla 4)

Tabla 4 Comorbilidades asociadas a la esclerosis múltiple

Sistema afectado	Tipo	Prevalencia
Sistema cardiovascular	Hipertensión arterial	16 – 21%
	Dislipidemia	11%
	Diabetes mellitus de tipo II	8.5%
	Enfermedad coronaria	2.5%
	ECV	0.4 – 6.2%
Sistema gastrointestinal	Enfermedad inflamatoria intestinal	3%
	Enfermedad celíaca	11%
	Cáncer de estomago	0.02%
	Cáncer colorrectal	0.17%
Sistema respiratorio	Asma	7.5%
	Enfermedad pulmonar crónica	10%
	Cáncer de pulmón	0.5%
Sistema inmune	Diabetes mellitus de tipo I	1.6 %
	Lupus eritematoso sistémico	0.4-3%

Sistema afectado	Tipo	Prevalencia
	Psoriasis	7.7%
	Artritis reumatoide	2.9%
	Vitiligo	0.1%
Sistema endocrino	Enfermedad tiroidea	6%
Sistema neurológico	Epilepsia	3.1%
	Ansiedad	22%
	Depresión	24%
	Trastornos psicóticos	4.3%
Sistema reproductivo	Cáncer de mamá	2%
	Cáncer de cérvix	0.02%

Elaboración propia con información recolectada de (Cárdenas Robledo et al., 2020)

1.1.14 Diagnóstico médico. El diagnóstico de la esclerosis múltiple se ha basado en criterios clínicos establecidos y de ser necesario, pruebas de laboratorio. Hasta la fecha, no existe una prueba diagnóstica definitiva. Los recientes avances en el análisis del líquido cefalorraquídeo [LCR] y la resonancia magnética [RM] han hecho un poco más simple el procedimiento (Norris y Lalchandani, 2019).

Para un diagnóstico definitivo de esclerosis múltiple, se requiere evidenciar los siguientes patrones:

- Dos o más episodios de exacerbación separados por un mes o más, y que dure más de 24 horas, con recuperación subsecuente.
- Historia clínica de exacerbaciones y remisiones claramente definidas, con o sin recuperación completa, seguida de progresión de los síntomas durante un período de por lo menos 6 meses.

- Progresión lenta y gradual de signos y síntomas durante un período de por lo menos 6 meses.

A su vez, para un diagnóstico de la esclerosis múltiple, se utilizan los criterios de McDonald en donde el médico revisa cada criterio conforme al cuadro clínico que el paciente presente (Tabla 5).

Tabla 5 Criterios McDonald 2017 para el diagnóstico de EM

Presentación clínica	Número de lesiones con evidencia clínica objetiva	Datos adicionales necesarios para un diagnóstico de esclerosis múltiple
≥2 ataques clínicos	≥2	Ninguno
≥2 ataques clínicos	1 (así como evidencias históricas bien definidas de un ataque previo que involucró una lesión en una ubicación anatómica distinta)	Ninguno
≥2 ataques clínicos	1	Diseminación en el espacio demostrada por un ataque clínico adicional que implica un sitio SNC diferente o por RNM
1 ataque clínico	≥2	Diseminación en el tiempo demostrada por un ataque clínico adicional o por RNM§ o demostración de bandas oligoclonales específicas de LCR
1 ataque clínico	1	Diseminación en el espacio demostrada por un ataque clínico adicional que implica un sitio del SNC diferente o por RNM y diseminación en el tiempo demostrada por un ataque clínico adicional o por RNM§, demostración de bandas oligoclonales específicas de LCR

Información extraída de (Fernández et al., 2018).

Si se cumplen los criterios de McDonald 2017 y no existe una mejor explicación para la presentación clínica, el diagnóstico es esclerosis múltiple, si existe sospecha de que el paciente posee esclerosis múltiple en virtud de un síndrome clínicamente aislado, pero los criterios McDonald 2017 no se cumplen por completo, el diagnóstico del paciente es una esclerosis múltiple posible, si surge algún diagnóstico durante la evaluación que aborda y explica mejor la presentación clínica, se descarta la esclerosis múltiple (Fernández et al., 2018).

La esclerosis múltiple primaria progresiva se caracteriza por una evolución gradual que posee una duración de más de 6 meses. Una persona que ha padecido de una recaída o progresión de síntomas se conoce como portadora de esclerosis múltiple estable (Norris y Lalchandani, 2019).

La resonancia magnética [RM] ha sido utilizada como un complemento para su diagnóstico clínico. Estos estudios pueden detectar lesiones cuando las tomografías computarizadas [TC] parecen normales. A través de una RM asistida por una computadora se puede medir el tamaño de la lesión, a su vez, ayuda a detectar lesiones asintomáticas debido a que muchas áreas de mielina anómala no suelen presentar síntomas. También se puede utilizar para vigilar el progreso de las lesiones ya existentes y evaluar la eficacia del tratamiento.

Así mismo, las valoraciones electrofisiológicas, tales como los estudios de potencial evocados, y las TC pueden ayudar a identificar y documentar las lesiones. Por otro lado, a pesar de que aún no existen pruebas de laboratorio específicas para diagnosticar la esclerosis múltiple, el estudio del LCR es útil. Un porcentaje elevado de pacientes con este padecimiento poseen concentraciones elevadas de inmunoglobulina G (IgG) y algunos

tienen patrones oligoclonales como bandas electroforéticas discretas, inclusive, con concentraciones normales de IgG (Norris y Lalchandani, 2019).

1.1.14.1 Tratamiento médico convencional. La mayor parte del tratamiento para la esclerosis múltiple [EM] se dirige a la modificación de la evolución y al control de la sintomatología primaria de la enfermedad. La evaluación y tratamiento de la EM ha sido difícil debido a la variabilidad de los síntomas, el curso impredecible de la enfermedad y a la falta de métodos diagnósticos específicos (Norris y Lalchandani, 2019).

Los fármacos utilizados en el tratamiento de la esclerosis múltiple se clasifican en tres categorías:

- Para los ataques agudos de los episodios desmielinizantes iniciales.
- Para modificar la evolución de la enfermedad.
- Para tratar los síntomas de la afección.

La piedra angular del tratamiento de los ataques agudos de la EM son los corticoesteroides, los cuales reducen la inflamación, mejoran la conducción nerviosa y tienen importantes efectos sobre el sistema inmune. Sin embargo, su uso frecuente a largo plazo puede ser contraproducente debido a que parece alterar el curso de la enfermedad, además de sus efectos secundarios que pueden ser dañinos. En algunos casos, la plasmaféresis y la inmunoglobulina intravenosa han resultado tener buenos resultados (Norris y Lalchandani, 2019).

Entre algunos de los fármacos utilizados para modificar el curso de la enfermedad destaca el interferón β , acetato de glatirámico y mitoxantrona. Estos han demostrado tener beneficio en la disminución de las exacerbaciones en personas con esclerosis múltiple recurrente-remitente.

- Interferón β : Es una citocina que actúa como potenciador inmunitario, el cual se administra por medio de una inyección y generalmente es bien tolerado. Entre algunos de los efectos secundarios más frecuentes son síntomas parecidos a los de un resfriado durante 22 – 48 horas después de cada administración, estos desaparecen luego de 2 – 3 meses de tratamiento (Norris y Lalchandani, 2019).
- El acetato de glatirámico: Es un polipéptido que estimula partes de la proteína básica de mielina, este medicamento parece bloquear los linfocitos T que dañan a la mielina, aunque aún se desconoce el mecanismo exacto de acción. El fármaco se administra todos los días mediante una inyección subcutánea.
- La mitoxantrona: Es un antineoplásico que tiene como función evitar la ligadura de las cadenas de ADN, retrasando así la progresión del ciclo celular, por otro lado, posee propiedades inmunomoduladoras. Posee algunos efectos secundarios agudos tales como náuseas y alopecia (Norris y Lalchandani, 2019).

Entre los medicamentos utilizados para controlar la sintomatología crónica relacionada con la esclerosis múltiple podemos encontrar el dantroleno, baclofeno o diazepam para la espasticidad, colinérgicos para los problemas vesicales y antidepresivos para la depresión. De igual forma, se recomienda una dieta alta en fibra para las personas que padecen de estreñimiento. Debe alentarse al paciente para que mantenga un estilo de vida saludable en lo posible.

1.1.15 Evaluación fisioterapéutica. La fisioterapia es esencial para un correcto abordaje multidisciplinario de los pacientes que han sido diagnosticados con esclerosis múltiple, en donde se busca principalmente la individualización de cada tratamiento, se necesita de una correcta evaluación para iniciar con el abordaje adecuado de la

sintomatología, donde el tratamiento de fisioterapia para estos pacientes, presenta múltiples posibilidades debido a la variabilidad de síntomas con los que puede cursar el brote del paciente (Herrera et al., 2020).

Es de suma importancia una valoración exacta del déficit, la discapacidad, actividad y la participación previamente al diseño y planteamiento de los objetivos principales de cualquier tratamiento neuro rehabilitador (Castellano-del Castillo et al., 2014).

1.1.15.1 Exploración física. Es de suma importancia realizar una exploración física a los pacientes diagnosticados con esclerosis múltiple debido a que comúnmente pueden presentar alteraciones a nivel de la postura donde se puede ver implicado un proceso doloroso por las posturas y/o acortamientos presentados en el paciente, en donde de acuerdo con Kendall et al en 2007 describe que existe una relación entre el dolor y la postura incorrecta por un efecto acumulativo de una serie de tensiones poco intensas, las cuales tienen una acción constante o repetida durante un largo periodo de tiempo.

- Postura: La postura es una combinación de las posiciones de todas las articulaciones en el cuerpo en un momento determinado (ver fig. 19).

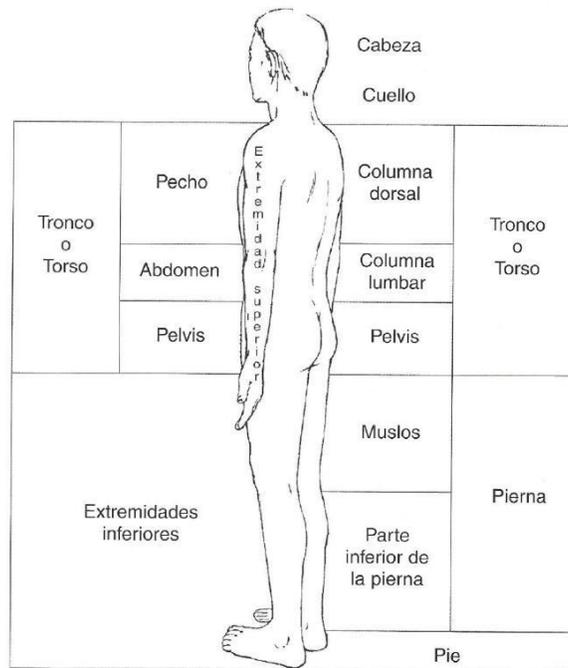


Figura 19 Postura

Fuente: Kendall et al., 2007

La exploración postural de los pacientes consiste en 3 grandes divisiones que abarca lo siguiente:

- Exploración del alineamiento en posición erecta donde se toma de referencia el posicionamiento de las diferentes articulaciones en una vista lateral, anterior y posterior (ver fig. 20).

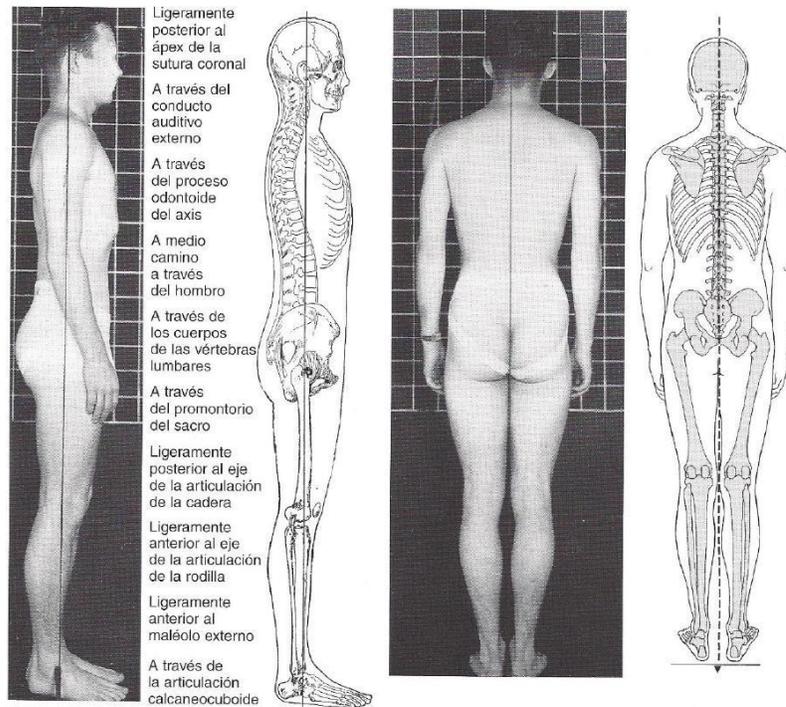


Figura 20 Alineación postural ideal

Fuente: Kendall et al., 2007

- Prueba de flexibilidad en donde se valora la longitud muscular que existe de un segmento a otro de manera bilateral (ver fig. 21), donde sí se evidencia un acortamiento muscular este provoca que el origen y la inserción del músculo se acorten todavía más desencadenando una postura incorrecta en el paciente que lo posea.

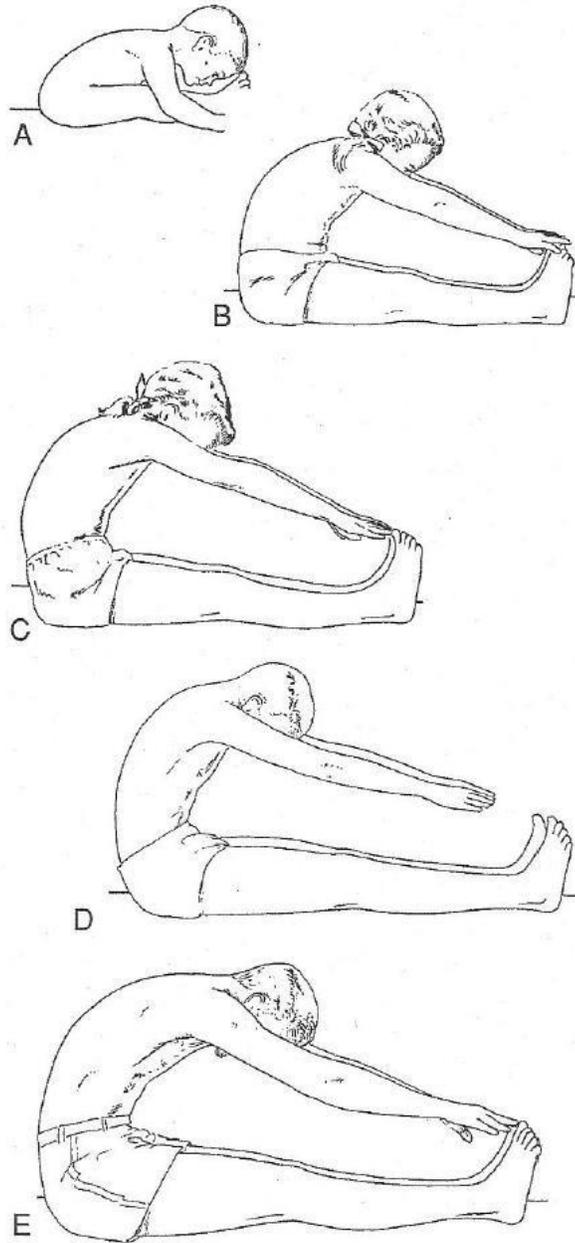


Figura 21 Pruebas de flexibilidad

Fuente: Kendall et al., 2007

- Pruebas de fuerza muscular donde se busca medir la capacidad física del paciente en los diferentes grupos musculares al realizar un movimiento específico donde puede añadirse una resistencia externa o trabajar

simplemente con la resistencia otorgada por la gravedad (ver fig. 22) o el mismo peso del cuerpo

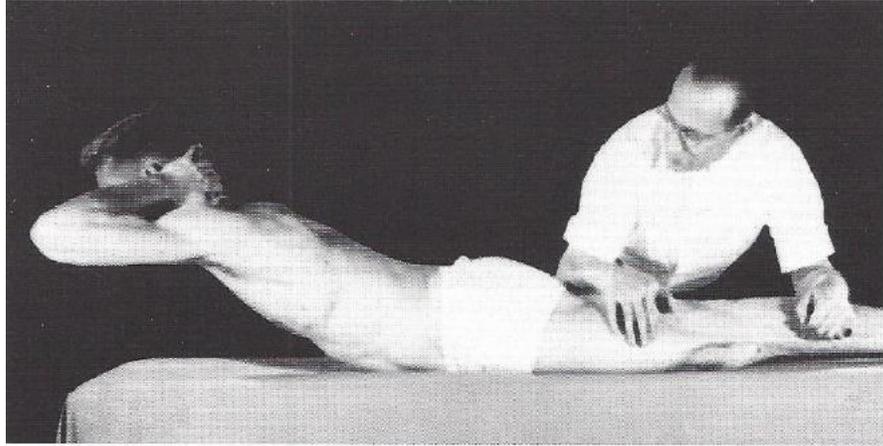


Figura 22 Prueba de fuerza muscular

Fuente: Kendall et al., 2007

1.1.15.2 Evaluación sensitiva. De acuerdo con Domínguez en 2015 hace mención que existe una alteración de la sensibilidad superficial o profunda, la cual depende del lugar de afectación de los cordones medulares.

La sensibilidad puede ser valorada de manera superficial donde al paciente se le presentan diferentes sensaciones táctiles por medio de texturas variadas como lo puede ser texturas rugosas, suaves, firmes, prueba de dos puntos, presiones a nivel de las extremidades superiores e inferiores, entre otros por medio de los diferentes dermatomas del cuerpo (ver fig. 23).

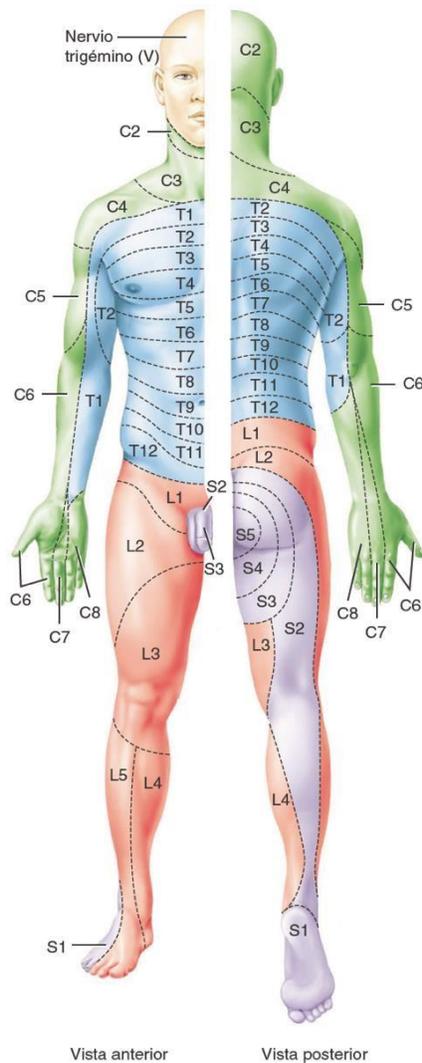


Figura 23 Dermatomas del cuerpo humano

Fuente: Tortora y Derrickson, 2018

1.1.15.3 Evaluación del dolor. Es el resultado de procesos desmielinizantes de las vías de dolor, en donde se presenta en el 50% de los pacientes con EM, donde en general es de tipo neuropático, siendo frecuente la neuralgia del trigémino, cuando el dolor no sigue patrones de distribución de tipo neurológica puede ser secundario a retracciones, espasmos musculares o incluso infecciones urinarias (Grau-López et al., 2011)

Arteaga et al en 2020 refiere que el dolor asociado a los pacientes con EM es relacionado con cambios musculoesqueléticos y traumas/caídas [dolor en articulaciones por anquilosamiento, mialgia, espasmos vesicales, disquinesia, entre otros], por ende, el dolor neuropático en la EM es causado por el daño a la mielina y axones.

El dolor puede ser medido por las diferentes escalas en donde las más frecuentes son las siguientes (Tabla 6).

Tabla 6 Escalas más utilizadas para valorar el dolor

Tipo de escala	Descripción	Numeración e interpretación
Escala analógica visual	Consiste en una línea horizontal de 10 cm en cuyos extremos se encuentran las expresiones extremas de un síntoma, en el lado izquierdo se ubica la ausencia o menor intensidad y en el lado derecho la mayor intensidad. Se pide al paciente que marque en la línea el punto que indique la intensidad y se mide con una regla milimétrica. La intensidad se expresa en centímetros o milímetros	Sin dolor Máximo dolor
Escala numérica	Escala numerada del 1 – 10, donde 0 es la ausencia y 10 la mayor intensidad; el paciente selecciona el número que mejor evalúa la intensidad del síntoma, es la escala más sencilla e utilizada.	0 - Sin dolor 10 - Máximo dolor
Escala categórica	Se utiliza si el paciente no es capaz de cuantificar los síntomas con las otras escalas; expresa la intensidad de síntomas en categorías,	0 (nada) 4 (poco) 6 (bastante) 10 (mucho)

Tipo de escala	Descripción	Numeración e interpretación
	se establece una relación ente las categorías y un equivalente numérico.	
Escala visual analógica de intensidad	Consiste en una línea horizontal de 10 cm; en el extremo izquierdo está la ausencia de dolor y en el derecho el mayor dolor imaginable.	0 - Nada 10 - Insoportable
Escala visual analógica de mejora	Consiste en la misma línea; en el extremo izquierdo se refleja la no mejora y en el derecho la mejora total.	0 – No mejora 1 – Mejora.

Información extraída de (Vicente Herrero et al., 2018)

Escala numérica

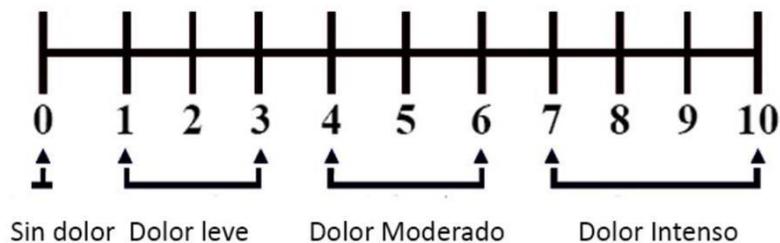


Figura 24 Escala numérica del dolor

Fuente: Vicente Herrero et al., 2018

1.1.15.4 Movilidad articular. En la esclerosis múltiple se presenta de manera frecuente alteraciones en la movilidad articular con la presencia de contracturas a nivel muscular que condicionan el movimiento de la articulación (Domínguez, 2015).

Una de las formas más utilizadas para medir la movilidad y amplitudes articulares es por medio de la goniometría, en donde esta se define como la técnica de medición de los

ángulos creados por la intersección de los ejes longitudinales de los huesos a nivel de las diferentes articulaciones del cuerpo.

La goniometría evalúa la posición de una articulación en el espacio en donde se observa y mide el arco de movimiento de dicha articulación (Taboadela, 2007).

1.1.15.5 Evaluación de la fuerza muscular. Los pacientes diagnosticados con esclerosis múltiple pueden presentar alteraciones en la fuerza muscular, con la presencia de parálisis parciales y/o totales de los diferentes segmentos articulares a nivel del miembro superior, inferior y tronco (Domínguez, 2015).

Existen múltiples escalas para obtener una medición de la fuerza muscular donde la más utilizada es la escala de Daniels, donde tiene un puntaje mínimo de 0 a un puntaje máximo de 5 (Tabla 7).

Tabla 7 Escala de Daniels

Puntuación numérica	Puntuación cualitativa	Descripción
5	Normal	El músculo tiene la capacidad de ejecutar un movimiento completo contra la fuerza de la gravedad y puede mantener una posición límite contra la máxima resistencia.
4	Bien	El músculo es capaz de ejecutar un movimiento completo contra la fuerza de la gravedad y puede tolerar una resistencia fuerte sin modificar su postura para la exploración
3	Regular	El músculo realiza el movimiento completo sólo frente a la fuerza de la gravedad.

Puntuación numérica	Puntuación cualitativa	Descripción
2	Mal	El músculo realiza el movimiento completo cuando se encuentra en una posición que minimiza la fuerza de la gravedad.
1	Escaso	El examinador es capaz de detectar visualmente o mediante palpación cierta actividad contráctil en uno o varios músculos que participan en el movimiento que se está explorando.
0	Nulo	El músculo se encuentra completamente carente de actividad a la palpación o a la inspección visual.

Elaboración propia con información extraída de (Hislop et al., 2014)

1.1.15.6 Evaluación de la espasticidad. Se entiende por espasticidad como un trastorno motor que forma parte del síndrome de motoneurona superior que se caracteriza por un incremento dependiente de la velocidad del reflejo tónico de estiramiento o del tono muscular.

Domínguez en 2015 hace mención que la espasticidad en los pacientes con esclerosis múltiple se puede presentar por una lesión a nivel de la vía piramidal, en donde afecta de manera significativa el movimiento de los segmentos articulares.

Se conoce que más del 80% de los pacientes con esclerosis múltiple cursan con espasticidad que es más prevalente a nivel de las extremidades inferiores sobre todo en los flexores y aductores de cadera, flexores de rodilla y flexores plantares e inversores de tobillo, en donde se señala que la espasticidad en el tríceps sural tiene un efecto negativo en el equilibrio y la marcha en personas con EM (Luque-Moreno et al., 2018).

Bartolomé et al., en 2018 refiere que la espasticidad en los pacientes diagnosticados con esclerosis múltiple se encuentra principalmente en los siguientes grupos musculares (ver fig. 25) donde se detallan a continuación (tabla 8).

Tabla 8 Musculatura afectada por la espasticidad

Segmento corporal	Musculatura afectada
Miembro superior	Flexor superficial de los dedos
	Flexor profundo de los dedos
	Palmar mayor
	Palmar menor
	Cubital anterior
	Braquiorradial
	Bíceps braquial
	Deltoides fibras medias
	Coracobraquial
	Pectoral mayor
	Pectoral menor
	Dorsal ancho
Miembro inferior	Glúteo mayor
	Aductor mayor
	Aductor mediano
	Aductor menor
	Cuádriceps
	Tríceps sural
	Peroneo lateral largo
Peroneo lateral corto	

Elaboración propia con información extraída de (Bartolomé et al., 2018).

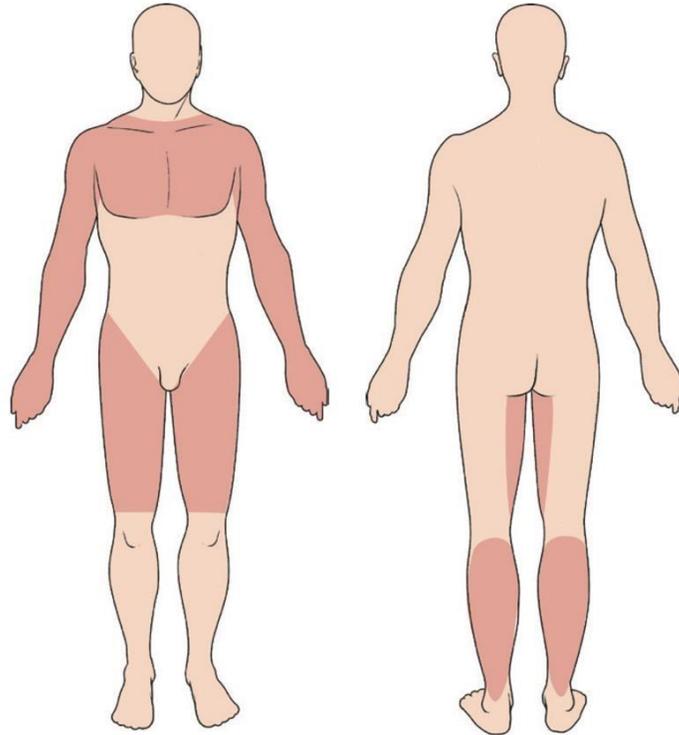


Figura 25 Musculatura afectada de la EM

Fuente: Bartolomé et al., 2018

La espasticidad a su vez puede estar acompañada de espasmos musculares, dolor y la presencia de clonus, el cual es un reflejo patológico caracterizado por una contracción repetitiva y rítmica de la musculatura afectada provocada por un estímulo (Gómez Vega et al., 2021).

Existen diversas escalas para evaluar la espasticidad en el paciente diagnosticado con esclerosis múltiple, la más utilizada es la escala de Ashworth, la cual consta de 5 grados de evaluación, donde cada grado manifiesta el nivel de espasticidad presentado por el paciente (tabla 9).

Tabla 9 Escala de Ashworth

Grado	Descripción
0	No hay cambios en la respuesta del músculo en los movimientos de flexión o extensión
1	Ligero aumento en la respuesta del músculo al movimiento (flexión o extensión) visible con la palpación o relajación, o solo mínima resistencia al final del arco de movimiento.
1+	Ligero aumento en la resistencia del músculo al movimiento en flexión o extensión seguido de una mínima resistencia en todo el resto del arco de movimiento (menos de la mitad)
2	Notable incremento en la resistencia del músculo durante la mayor parte del arco de movimiento articular, pero la articulación se mueve fácilmente
3	Marcado incremento en la resistencia del músculo, el movimiento pasivo es difícil en la flexión o extensión
4	Las partes afectadas están rígidas en flexión o extensión cuando se mueven pasivamente.

Información extraída de (Gómez Vega et al., 2021).

1.1.15.7 Evaluación de la independencia funcional. En la mayoría de los pacientes con EM se ha demostrado que se ven afectada su calidad de vida por la discapacidad funcional que representa la enfermedad, donde se enfrentan con alteraciones motoras y sensitivas, junto con la sintomatología variada que la enfermedad conlleva, donde se destaca la depresión, ansiedad, pérdida de las funciones cognitivas, dolor, fatiga, entre otros. La dimensión social se ha señalado la relevancia de la estigmatización que la esclerosis múltiple produce en la red social del paciente y lo que conlleva la pérdida de amistades, trabajo, relaciones sentimentales por la falta de adaptación a la nueva situación y a las repercusiones negativas que se presentan en su vida laboral (Martínez-Espejo et al., 2021).

La evaluación de la calidad de vida relacionada con la salud junto con la independencia funcional del paciente con EM es fundamental debido a que nos permite obtener una valoración sobre el impacto que la enfermedad tiene en la persona, permitiendo identificar de primera instancia las necesidades del paciente y enfocar el tratamiento en dichas necesidades., por lo cual, se utilizan diversas escalas que se pueden utilizar para la evaluación de dichas áreas en el paciente:

- EDSS – *Expanded Disability Status Scale*: En español conocida como la escala de estado de incapacidad ampliada de Kurtzke, es la escala más utilizada para evaluar la funcionalidad de las personas con EM (ver fig. 26), las valoraciones van del 0 al 10, siendo 0 un estado normal de salud y 10 la muerte por la EM (tabla 10), en donde se mide de acuerdo a ocho sistemas funcionales (tabla 11) (Collins et al., 2016)



Figura 26 EDSS

Fuente: Bovis et al., 2018

Tabla 10 Escala funcional de Kurtzke

Funciones	Valoración
Funciones piramidales	<ol style="list-style-type: none">0. Normal.1. Signos anormales sin afectación.2. Afectación mínima.3. Paraparesia o hemiparesia media o moderada. Monoparesia intensa.4. Paraparesia marcada. Cuadriparesia moderada. Monoplejía5. Paraplejía. Hemiplejía. Marcada cuadriparesia.6. Cuadriplejía.V. Desconocido
Funciones cerebelosas	<ol style="list-style-type: none">0. Normal.1. Signos anormales sin afectación.2. Ataxia ligera.3. Ataxia moderada de tronco o miembros.4. Ataxia grave de los cuatros miembros.5. Incapaz de realizar movimientos coordinados.V. Desconocido
Funciones de tronco cerebral	<ol style="list-style-type: none">0. Normal1. Solamente signos.2. Nistagmo moderado y otra afectación ligera3. Nistagmo intenso, paresia extraocular marcada o afectación moderada de otros nervios craneales.4. Disartria marcada u otra afectación marcada.5. Incapacidad para tragar o hablar.V. Desconocido
Funciones sensitivas	<ol style="list-style-type: none">0. Normal.1. Disminución de artrocinética o vibratoria en uno o ambos miembros.2. Disminución ligera táctil, dolorosa o artrocinética y/o disminución moderada de la vibratoria en uno o ambos

Funciones	Valoración
	<p>miembros; o sólo disminución de la vibratoria en tres o cuatros miembros.</p> <p>3. Disminución marcada táctil o dolorosos o artrocinética y/o disminución ligera táctil o dolorosa y/o disminución moderada en todos los test propioceptivas en tres o cuatro miembros.</p> <p>4. Disminución marcada táctil o dolorosa o pérdida de la propioceptiva, sola o combinada, en uno o ambos miembros; o moderada disminución en táctil o dolorosa y/o disminución intensa de la propioceptiva en más de dos miembros.</p> <p>5. Pérdida de la sensibilidad en uno o dos miembros; o disminución moderada táctil o dolorosa y/o pérdida de la propioceptiva por debajo de la cabeza.</p> <p>6. Sensibilidad esencialmente pérdida por debajo de la cabeza.</p> <p>V. Desconocido.</p>
<p>Función intestinal y vesical</p>	<p>0. Normal</p> <p>1. Ligera disfunción urinaria, urgencia o retención.</p> <p>2. Moderada disfunción, urgencia, retención vesical o intestinal o escasa incontinencia urinaria.</p> <p>3. Frecuente incontinencia urinaria.</p> <p>4. Necesidad de sonda urinaria.</p> <p>5. Pérdida de función vesical.</p> <p>6. Pérdida de función vesical e intestinal.</p> <p>V. Desconocido</p>
<p>Funciones visuales (u ópticas)</p>	<p>0. Normal</p> <p>1. Escotoma con agudeza visual (corregida) mayor de 20/30.</p> <p>2. Empeoramiento ocular con escotoma con agudeza visual (corregida) de 20/30 a 20/59.</p> <p>3. Empeoramiento ocular con gran escotoma o disminución moderada de campos visuales, pero con máxima agudeza visual (corregida) de 20/50 a 20/99.</p>

Funciones	Valoración
	<p>4. Empeoramiento ocular con disminución marcada de los campos y máxima agudeza visual (corregida) de 20/100 a 20/200. Grado 3 máxima agudeza visual del ojo menor de 20/60 o menos.</p> <p>5. Empeoramiento ocular con máxima agudeza visual (corregida) menor de 20/200. Grado 4 máxima agudeza visual del ojo menor de 20/60 o menos.</p> <p>6. Grado 5 máxima agudeza visual del ojo menor de 20/60 o menos.</p> <p>V. Desconocido.</p> <p>X. Se añade a grados 0 a 6 por presentar palidez temporal</p>
Funciones cerebrales (o mentales)	<p>0. Normal.</p> <p>1. Alteración del humor únicamente (no afecta a la escala).</p> <p>2. Disminución mental ligera.</p> <p>3. Disminución mental moderada.</p> <p>4. Disminución mental marcada (síndrome cerebral crónico moderado).</p> <p>5. Demencia o síndrome cerebral crónico (grave o incapacitado).</p> <p>V. Desconocido</p>
Otras funciones.	<p>0. Ninguna.</p> <p>1. Algún hallazgo neurológico o distinto atribuible a esclerosis múltiple.</p> <p>V. Desconocido.</p>

Información extraída de (Prieto González, 2000)

Tabla 11 Escala de estado de incapacidad ampliada de Kurtzke (EDSS)

Escala	Descripción
0	Examen neurológico normal.
1	Sin incapacidad, signos mínimos en un sistema funcional.
1.5	Sin incapacidad, signos mínimos en más de un sistema funcional.
2	Incapacidad mínima en un sistema funcional.
2.5	Incapacidad mínima en dos sistemas funcionales
3	Incapacidad moderada en un sistema funcional, o discapacidad leve en tres o cuatro sistemas funcionales, aunque completamente ambulatorio.
3.5	Totalmente ambulatorio, pero con incapacidad moderada en tres o cuatro sistemas funcionales.
4	Completamente ambulatorio sin ayuda, autosuficiente, hasta unas 12 hrs al día a pesar de una incapacidad relativamente grave. Capaz de caminar sin ayuda o descansar unos 500 mts.
4.5	Totalmente ambulatorio sin ayuda, levantado durante gran parte del día, capaz de trabajar un día completo, de lo contrario podría tener alguna limitación de actividad completa o requerir asistencia mínima, caracterizada por una incapacidad relativamente grave. Capaz de caminar sin ayuda o descansar durante unos 300 mts.
5	Ambulatorio sin ayuda o descanso por unos 200 mts, incapacidad lo suficientemente grave como para imposibilitar actividades diarias completas (por ejemplo, para trabajar todo el día sin disposiciones especiales).
5.5	Ambulatorio sin ayuda o descanso por unos 100 mts, incapacidad lo suficientemente severa como para imposibilitar actividades diarias completas.
6	Ayuda constante intermitente o unilateral (bastón, muleta o corsé) para caminar unos 100 mts con o sin descanso.
6.5	Asistencia bilateral constante (bastones, muletas o aparatos ortopédicos) requiere caminar unos 20 mts sin descansar.

Escala	Descripción
7	No puede caminar más de 5 mts incluso con ayuda. Esencialmente restringido a una silla de ruedas, puede usar silla de ruedas manual estándar y puede transferirse solo. Activo en silla de ruedas alrededor de 12 hrs al día.
7.5	Incapaz de realizar más de unos pocos pasos. Restringido a silla de ruedas, puede necesitar ayuda para transferir, silla manual, pero no puede continuar en una silla de ruedas estándar un día completo. Puede requerir una silla de ruedas motorizada.
8	Incapaz de caminar, especialmente restringido la cama, silla o silla de ruedas, pero puede estar fuera de la cama la mayor parte del día, retiene muchas funciones de cuidado personal, generalmente tiene un uso efectivo de brazos.
8.5	Esencialmente restringido a la cama la mayor parte del día, tiene algún uso efectivo de brazo (s). Conserva algunas funciones de cuidado personal.
9	Paciente en cama incapacitado, puede comunicarse y comer.
9.5	Paciente en cama totalmente incapacitado. Incapaz de comunicarse y comer.
10	Muerte por esclerosis múltiple.

Información extraída de (Prieto González, 2000)

- **FSS - Fatigue Severity Scale:** Es una escala que mide la gravedad de la fatiga que el paciente presenta de manera unidimensional con 9 reactivos (ver fig. 27) donde se mide si la fatiga afecta la motivación, funcionamiento físico, las actividades de la vida cotidiana y social (Velasco-Rojano, 2017).

ESCALA DE LA SEVERIDAD DE LA FATIGA

Durante la pasada semana he encontrado que:	Completamente en desacuerdo			Ni de acuerdo ni en desacuerdo			Completamente de acuerdo
	1	2	3	4	5	6	7
1. Mi motivación es menor cuando estoy fatigado	1	2	3	4	5	6	7
2. El ejercicio me hace que este fatigado.	1	2	3	4	5	6	7
3. Me fatigo fácilmente	1	2	3	4	5	6	7
4. La fatiga interfiere en mi funcionamiento físico.	1	2	3	4	5	6	7
5. La fatiga me causa problemas frecuentemente.	1	2	3	4	5	6	7
6. La fatiga me impide un funcionamiento físico prolongado.	1	2	3	4	5	6	7
7. La fatiga interfiere en llevar a cabo algunas labores y responsabilidades.	1	2	3	4	5	6	7
8. La fatiga está entre uno de los síntomas que más me invalidan.	1	2	3	4	5	6	7
9. La fatiga interfiere en mi trabajo, familia y vida social.	1	2	3	4	5	6	7

Figura 27 Escala de la severidad de la fatiga

Fuente: Bovis et al., 2018

- Índice ambulatorio de Hauser: Prieto González en 2000 menciona que esta escala valora el deterioro progresivo de la marcha con nueve puntos, desde 0 siendo el menor puntaje posible donde el paciente es asintomático hasta 9 donde el paciente está en silla de ruedas e incapaz de moverse por sí mismo (tabla 12).

Tabla 12 Índice ambulatorio de Hauser

Puntaje	Descripción
0	Asintomático. Plenamente activo.
1	Camina normalmente, pero refiere fatiga que interfiere con actividades atléticas y otras actividades.
2	Marcha anormal. O desequilibrio episódico, notado por la familia o amigos, capaz de caminar 8 mts en 10 seg o menos.
3	Capaz de caminar 8 mts en 20 seg o menos.

4	Requiere soporte unilateral para la marcha.
5	Requiere soporte bilateral.
6	Requiere soporte bilateral y tarda más de 20 seg en caminar 8 mts, ocasionalmente utiliza silla de ruedas.
7	Camina escasos pasos, requiere silla de ruedas para la mayoría de las actividades.
8	En silla de ruedas, pero es capaz de moverse activamente solo.
9	En silla de ruedas e incapaz de moverse activamente solo.

Información extraída de (Prieto González, 2000)

- Índice de Barthel: Prieto González en 2000 describe que es la escala más utilizada para valorar el índice de actividades de la vida diaria (tabla 13), la incapacidad funcional de pacientes con enfermedades neuromusculares se puntúa desde 0 a 20 con intervalos de 5 puntos donde:
 - 0 representa un paciente totalmente dependiente
 - 100 un paciente independiente en sus actividades.
 - Un paciente con una puntuación de 60 se puede considerar suficientemente independiente.
 - Un paciente con una puntuación mayor o igual a 40 demuestra un buen pronóstico de independencia funcional.

Tabla 13 Índice de Barthel

Valoración	Puntaje
Control de heces.	0. Tiene incontinencia o precisa evacuar mediante enema. 1. Incontinencia ocasional (una vez por semana) 2. Control adecuado.
Control de la orina.	0. Incontinencia, o precisa sonda y necesita ayuda para el manejo de la sonda.

Valoración	Puntaje
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Incontinencia ocasional (inferior a una vez al día). 2. Control adecuado, o usa sonda y la controla de forma independiente.
Aseo personal.	<ol style="list-style-type: none"> 0. Necesita ayuda para el aseo personal (limpiarse los dientes, colocarse la prótesis dental, peinarse, afeitarse, lavarse la cara) 1. Realiza de forma independiente estas tareas, aunque otra persona tenga que darle el instrumento que precisa en cada momento.
Uso del retrete.	<ol style="list-style-type: none"> 0. Dependiente. 1. Necesita ayuda, pero realiza algo él solo. 2. Independiente.
Alimentación.	<ol style="list-style-type: none"> 0. Incapaz de alimentarse por sí mismo. 1. Necesita ayuda para cortar con el cuchillo, untar mantequilla, etc. 2. Independiente en cortar y comer cualquier tipo de comida normal, no sólo comidas blandas, sin espinas, etc. La comida puede ser cocinada y servida por otros.
Desplazamiento.	<ol style="list-style-type: none"> 0. Incapaz, necesita dos personas para levantarlo y no se mantiene sentado sin apoyo. 1. Necesita ayuda importante (de dos personas y/o una entrenada). Mantiene el equilibrio sentado. 2. Necesita ayuda de grado menor, supervisión verbal, para seguridad, o ayuda física de otra persona sin gran dificultad. 3. Independiente.
Autonomía para movilizarse	<ol style="list-style-type: none"> 0. Incapaz de moverse del sitio. 1. Independiente en silla de ruedas, incluso para doblar esquinas, cruzar puertas, etc. 2. Deambula con ayuda de otra persona no entrenada. 3. Independiente, aunque utilice alguna ayuda como un bastón.
Capacidad para vestirse	<ol style="list-style-type: none"> 0. Dependiente. 1. Necesita ayuda (abotonarse, abrir y cerrar cremalleras, etc.) pero realiza aproximadamente la mitad de las 3 tareas sin ayuda. 2. Independiente (incluidos botones, cremalleras, cordones, etc).
Escaleras	<ol style="list-style-type: none"> 0. Incapaz de subir y bajar escaleras.

Valoración	Puntaje
	1. Necesita ayuda (verbal, física o instrumental): 2. Independiente en subir y bajar escaleras.
Bañarse/ ducharse.	0. Dependiente. 1. Totalmente independiente.

Información extraída de (Prieto González, 2000)

1.1.15.8 Evaluación del equilibrio y marcha. Los pacientes con esclerosis múltiple pueden padecer de incoordinación, ataxia y/o temblor por una afectación cerebelosa donde se ve afectado el equilibrio del paciente, a su vez, este se puede ver alterado por una lesión a nivel de los cordones posteriores de la médula espinal (Domínguez, 2015).

De acuerdo con Luque-Moreno et al., en el 2018 menciona que las disfunciones del equilibrio en los pacientes con esclerosis múltiple han sido asociadas con un mayor riesgo de caídas.

Teniendo un conocimiento de esto, existen diversas escalas para medir el equilibrio de los pacientes, sin embargo, Luque-Moreno et al, recomiendan la escala de equilibrio de Berg, la cual es una escala utilizada para identificar los deterioros de equilibrio durante las actividades funcionales (tabla 14), dicha escala comprende de 14 ítems con una puntuación mínima de 0 y una puntuación máxima de 4 por cada ítem, donde los resultados, el máximo adquirido oscila en 56 donde se define que el paciente posee un excelente equilibrio y 0 es la puntuación mínima que se interpreta que el equilibrio del paciente está gravemente afectado, a su vez, los resultados se dividen de la siguiente manera:

- 0 – 20: alto riesgo de caída.
- 21 – 40: moderado riesgo de caída.
- 41 – 56: leve riesgo de caída.

En promedio, los pacientes que presentan una puntuación menor a 40 pts. tienen 2 veces más probabilidades de sufrir una caída que aquellos pacientes que obtuvieron una puntuación superior a 40 pts., puntuaciones inferiores a 45 de los 56 son aceptados como un indicador de una alteración del equilibrio, y los puntajes obtenidos entre 45 a 56 demuestran una deambulación independiente segura.

Según las puntuaciones obtenidas, la escala de Berg nos permite obtener información de la capacidad motora y funcional que el paciente presenta, donde se divide en 5 grandes grupos:

- Grupo de inicio de bipedestación con 33 a 39 pts. obtenidos.
- Grupo de inicio de marcha con 40 a 44 pts. obtenidos.
- Marcha con o sin ayudas técnicas con 45 a 49 pts. obtenidos.
- Marcha independiente con 50 a 54 pts. obtenidos.
- Marcha funcional con 55 a 56 pts. obtenidos.

Tabla 14 *Escala de equilibrio de Berg*

Segmentos	Evaluación
En sedestación, levantarse	<p>0: Necesita ayuda moderada a máxima para levantarse.</p> <p>1: Necesita ayuda mínima para levantarse o estabilizarse.</p> <p>2: Capaz de levantarse usando las manos tras varios intentos.</p> <p>3: Capaz de levantarse con independencia usando las manos.</p> <p>4: Capaz de levantarse sin usar las manos y de estabilizarse sin ayuda.</p>

Segmentos	Evaluación
Bipedestación sin apoyo	<p>0: Incapaz de permanecer de pie 30 segundos sin ayuda.</p> <p>1: Necesita de varios intentos para mantenerse 30 segundos sin apoyarse.</p> <p>2: Capaz de mantenerse 30 segundos sin apoyarse.</p> <p>3: Capaz de mantenerse de pie 2 minutos con supervisión.</p> <p>4: Capaz de mantenerse de pie con seguridad durante 2 minutos.</p> <p>Si el paciente puede estar de pie 2 minutos con seguridad, se debe anotar todos los puntos por sentarse sin apoyo (ítem 3) y pasar directamente al ítem 4.</p>
Sentarse sin apoyo	<p>0: Incapaz de sentarse sin apoyo durante 10 segundos.</p> <p>1: Capaz de sentarse 10 segundos.</p> <p>2: Capaz de sentarse 30 segundos.</p> <p>3: Capaz de sentarse 2 minutos con supervisión.</p> <p>4: Capaz de sentarse con seguridad durante 2 minutos.</p>
En bipedestación, sentarse	<p>0: Necesita ayuda para sentarse.</p> <p>1: Se sienta sin ayuda, pero el descenso es incontrolado.</p> <p>2: Usa el dorso de las piernas contra la silla para controlar el descenso.</p> <p>3: Controla el descenso usando las manos.</p> <p>4: Se sienta con seguridad y un uso mínimo de las manos.</p>
Transferencias	<p>0: Necesita dos personas para ayudar o supervisar.</p> <p>1: Necesita una persona para ayudar.</p> <p>2: Capaz de practicar la transferencia con clases verbales y/o supervisión.</p>

Segmentos	Evaluación
	<p>3: Capaz de practicar la transferencia con seguridad usando las manos.</p> <p>4: Capaz de practicar la transferencia con seguridad usando mínimamente las manos.</p>
<p>Bipedestación sin apoyo y con los ojos cerrados</p>	<p>0: Necesita ayuda para no caerse.</p> <p>1: Incapaz de cerrar los ojos 3 segundos, pero se mantiene estable.</p> <p>2: Capaz de permanecer de pie 3 segundos.</p> <p>3: Capaz de permanecer de pie 10 segundos con supervisión.</p> <p>4: Capaz de permanecer de pie 10 segundos con seguridad.</p>
<p>Bipedestación sin apoyo con los pies juntos</p>	<p>0: Necesita ayuda para mantener el equilibrio y no aguanta 15 segundos.</p> <p>1: Necesita ayuda para mantener el equilibrio, pero aguanta 15 segundos con los pies juntos.</p> <p>2: Capaz de juntar los pies sin ayuda, pero incapaz de aguantar 30 segundos.</p> <p>3: Capaz de juntar los pies sin ayuda y permanecer de pie 1 minuto con supervisión.</p> <p>4: Capaz de juntar los pies sin ayuda y permanecer de pie 1 minuto con seguridad.</p>
<p>Estirarse hacia delante con brazo extendido</p>	<p>0: Necesita ayuda para no. Caerse.</p> <p>1: Se estira hacia delante, pero necesita supervisión</p> <p>2: Puede estirarse hacia delante más de 5 cm con seguridad.</p> <p>3: Puede estirarse hacia delante más de 12.7 cm con seguridad.</p> <p>4: Puede estirarse hacia delante con confianza más de 25 cm.</p>

Segmentos	Evaluación
Agarrar un objeto del suelo en bipedestación	<p>0: Incapaz de intentarlo/necesita ayuda para no perder el equilibrio o caerse.</p> <p>1: Incapaz de recoger la zapatilla y necesita supervisión mientras lo intenta.</p> <p>2: Incapaz de recoger la zapatilla, pero se acerca a 2-5 – 5 cm y mantiene el equilibrio sin ayuda.</p> <p>3: Capaz de recoger la zapatilla, pero con supervisión.</p> <p>4: Capaz de recoger la zapatilla con seguridad y facilidad.</p>
En bipedestación, girar la cabeza hacia atrás sobre los hombros derecho e izquierdo	<p>0: Necesita ayuda para no caerse.</p> <p>1: Necesita supervisión en los giros.</p> <p>2: Gira sólo de lado, pero mantiene el equilibrio.</p> <p>3: Mira sólo hacia atrás, por un lado; el otro lado muestra un desplazamiento menor del peso.</p> <p>4: Mira hacia atrás por ambos lados y practica un buen desplazamiento del peso.</p>
Giro de 360°	<p>0: Necesita ayuda mientras gira.</p> <p>1: Necesita estrecha supervisión y órdenes verbales.</p> <p>2: Capaz de girar 360° con seguridad, pero con lentitud-</p> <p>3: Capaz de girar 360° con seguridad solo por un lado en menos de 4 segundos.</p> <p>4: Capaz de girar 360° con seguridad en menos de 4 segundos por ambos lados.</p>
Subir alternativamente un pie sobre un escalón o escabel en bipedestación sin apoyo	<p>0: Necesita ayuda para no caer/incapaz de intentarlo</p> <p>1: Capaz de completar menos de dos pasos; necesita ayuda mínima</p> <p>2: Capaz de completar cuatro pasos sin ayuda, pero con supervisión.</p>

Segmentos	Evaluación
	<p>3: Capaz de estar de pie sin ayuda y completar los ochos pasos en más de 20 segundos.</p> <p>4: Capaz de estar de pie sin ayuda y con seguridad, y completar los ochos pasos en menos de 20 segundos.</p>
Bipedestación sin apoyo con un pie adelantado	<p>0: Pierde el equilibrio mientras da el paso o está de pie.</p> <p>1: Necesita ayuda para dar el paso, pero aguanta 15 segundos.</p> <p>2: Capaz de par un pasito sin ayuda y aguantar 30 segundos.</p> <p>3: Capaz de poner un pie delante del otro sin ayuda y aguantar 30 segundos.</p> <p>4: Capaz de colocar los pies en tándem sin ayuda y aguantar 30 segundos.</p>
Monopedestación.	<p>0: Incapaz de intentarlo o necesita ayuda para no caerse.</p> <p>1: Intenta levantar la pierna, es incapaz de aguantar 3 segundos, pero se mantiene de pie sin ayuda.</p> <p>2: Capaz de levantar la pierna sin ayuda y aguantar 3 segundos.</p> <p>3: Capaz de levantar la pierna sin ayuda y aguantar 5 a 10 segundos.</p> <p>4: Capaz de levantar la pierna sin ayuda y aguantar más de 10 segundos.</p>

Información extraída de (Luque-Moreno et al, 2018)

A su vez Domínguez en 2015 menciona que se puede presentar alteración de la marcha de los pacientes con EM en donde puede evidenciarse:

- Aumento de la base de sustentación.

- Aumento de la disociación de cintura escapular o pélvica en sí mismas y entre sí.
- Alteración de la coordinación.
- Desequilibrio en la longitud de los pasos.
- Déficit en la flexión de cadera y de rodilla en la fase de oscilación.

Ares-Bernítez et al en 2021 refiere que las alteraciones de los parámetros espacio-temporales de la marcha más frecuentes en los pacientes con EM consisten en la reducción de la velocidad media, cadencia, longitud del paso, fase de balanceo y un aumento de la base de sustentación junto con la fase de doble apoyo, donde lo que más influye directamente en la marcha es la espasticidad presentada a nivel de las extremidades inferiores, que aunque en ciertas circunstancias les permita a los pacientes realizar la bipedestación y caminar, la espasticidad presentada a nivel del tríceps sural puede tener un efecto negativo en el equilibrio y en la marcha.

Hochsprung et al., en 2014 describe que desde 1994 la manera para valorar la marcha en los pacientes con esclerosis múltiple es el test de marcha de los 25 pies (7,625 m), el test permite cuantificar de modo objetivo el tiempo empleado, la distancia recorrida, la velocidad alcanzada y el número de pasos empleados en recorrer esa distancia, sin embargo en la actualidad se opta por el desarrollo del sistema electrónico de marcha *GAITRite* [*GAITRite Electronic Walkway*] el cual permite la evaluación cuantitativa de una serie de parámetros espaciotemporales de la marcha, este sistema ha demostrado su eficacia en la evaluación de la marcha en pacientes con EM junto con su relación con el grado de discapacidad propia de la enfermedad.

El sistema GEW se basa en un pasillo de marcha instrumentado con sensores que registran la presión ejercida en la pisada durante la marcha, éstos se agrupan en celdas para obtener la longitud del pasillo deseado, mientras el paciente se desplaza sobre el sistema la presión ejercida por los pies sobre el pasillo activan los sensores que definen cada huella y la disposición relativa entre ellas en las dimensiones del plano (Hochsprung et al., 2014).

1.1.16 Tratamiento fisioterapéutico. Es esencial el abordaje fisioterapéutico de los pacientes con esclerosis múltiple, esto en donde se tiene por objetivo principal mejorar la calidad de vida en donde se vean disminuidas las limitaciones de las actividades de la vida diaria, así como la restricción en la participación social mediante un tratamiento y abordaje integral e interdisciplinar, donde la fisioterapia es la encargada de promover, mantener y restaurar el bienestar físico y fisiológico del paciente (Agencia de evaluación de tecnológicas sanitarias de Andalucía [AETSA], 2017).

1.1.16.1 Fatiga. Es uno de los síntomas más frecuentes en los pacientes diagnosticados con esclerosis múltiple, dado por el resultado de la interacción entre la depresión experimentada, debilidad, espasticidad muscular y trastorno del sueño, así como el efecto de algunas interleucinas que afectan el sistema hipotalámico y disminuyen el metabolismo cerebral (Grau-López et al., 2011)

Arteaga et al., en 2020 menciona que hasta el 75% de los pacientes con EM padecen de fatiga donde se relaciona directamente con las lesiones causadas en el SNC por el proceso de desmielinización.

Los pacientes con esclerosis múltiple se les debe establecer un tratamiento al compromiso respiratorio con un plan fisioterapéutico integral como lo pueden ser:

- Respiración abdominal: se le pide al paciente que inhale profundamente y que exhale lentamente mientras se realiza una contracción isométrica del recto abdominal (ver fig. 28)

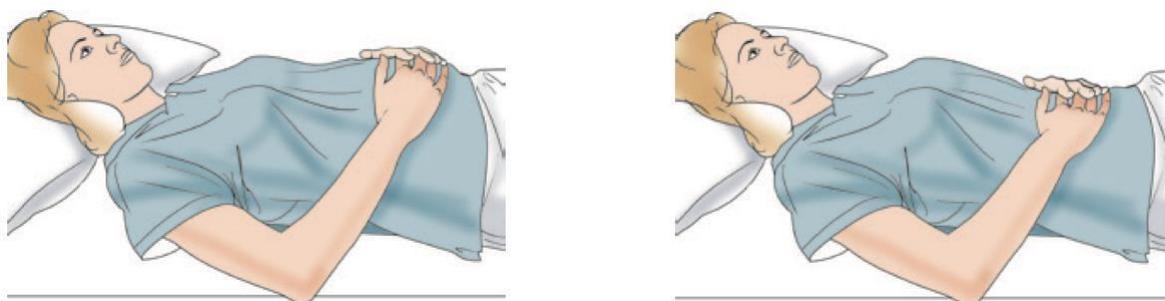


Figura 28 Respiración abdominal

Fuente: Bartolomé et al., 2018

- Respiración costal: se le pide al paciente que inhale profundamente llevando el aire hacia los costados hasta que perciba una como se expande la caja torácica mientras el aire entra a los pulmones, seguido se le pide que exhale lentamente y que asista el descenso de la caja torácica con ambas manos. (ver fig. 29)

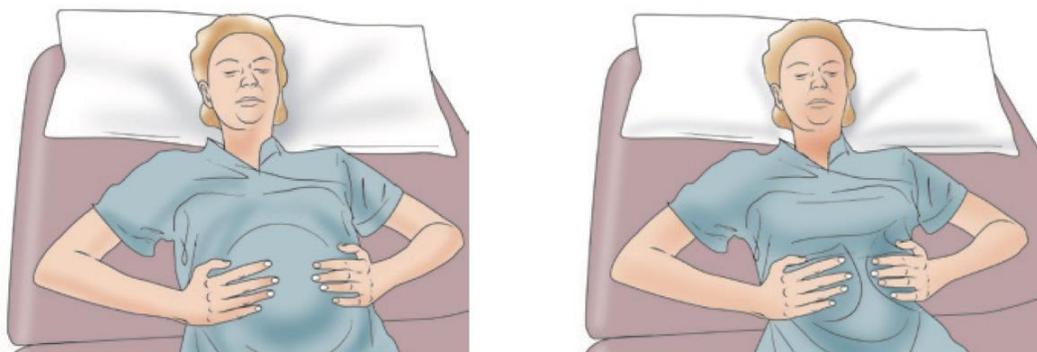


Figura 29 Respiración costal

Fuente: Bartolomé et al., 2018

- Respiración apical: Se le pide al paciente que inhale y lleve el aire a la parte superior del pecho, percibiendo como la caja torácica se expande en su región superior y al exhalar como esta desciende (ver fig. 30)

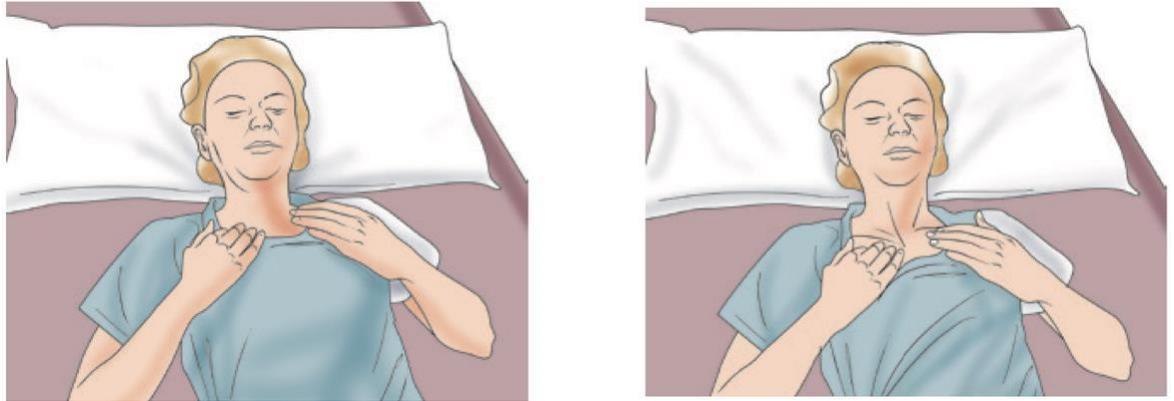


Figura 30 Respiración apical

Fuente: Bartolomé et al., 2018

- Respiración combinada: Cuando el paciente domine y sea consciente de cada tipo de respiración se puede realizar la combinación de estas 3 como parte del programa de rehabilitación en donde se inicia con la respiración abdominal, se continua con la respiración costal y se finaliza con la respiración apical, donde se le indica al paciente que inhale y exhale expulsando el aire de primera instancia de manera apical, posterior costal y por último abdominal (ver fig. 31).

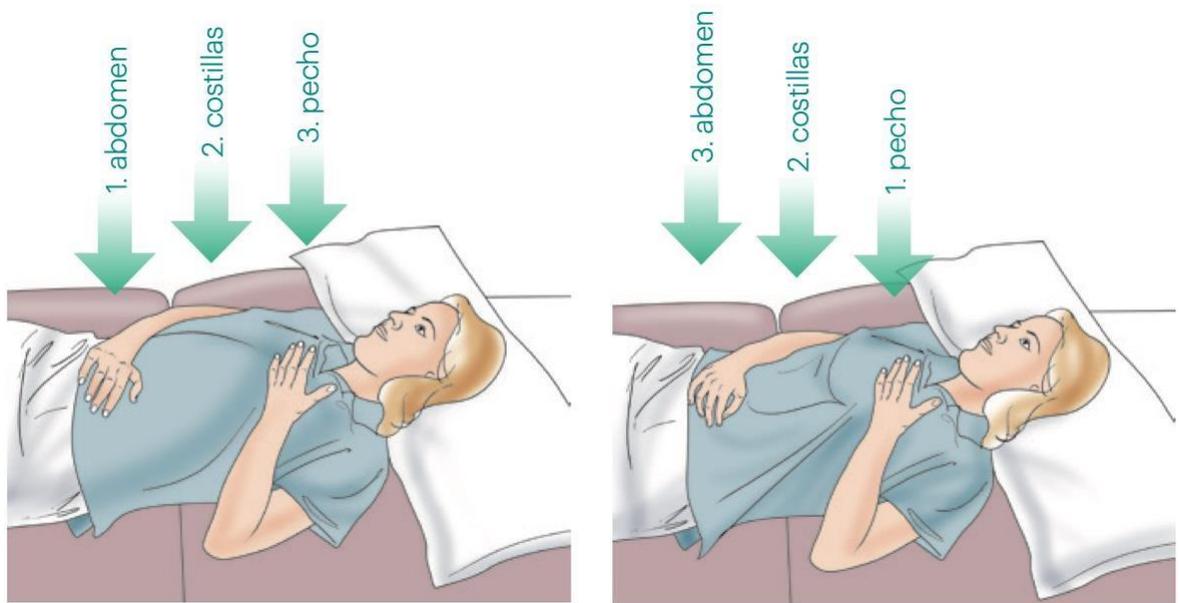


Figura 31 Respiración combinada

Fuente: Bartolomé et al., 2018

A su vez Domínguez en 2015, refiere que al programa de rehabilitación se pueden incluir las siguientes técnicas para la fatiga presentada por los pacientes con esclerosis múltiple como lo son las palmo percusiones, drenaje postural o la inhaloterapia en los casos donde sea requerido.

1.1.16.2 Dolor. La evidencia del abordaje del dolor con tratamientos no farmacológicos en los pacientes con EM es limitada, las intervenciones son variadas abarcando masajes relajantes, *mindfulness*, y estimulación eléctrica nerviosa transcutánea [TENS], sin embargo, el dolor en los pacientes con EM se asocia mayormente con la inmovilidad, posturas viciosas y la espasticidad. (*Multiple Sclerosis Society of Canada*, 2012)

1.1.16.3 Sensibilidad. Ledesma et al en 2022 mencionan que para la hipersensibilidad que el paciente pueda padecer debe realizarse un trabajo de desensibilización, en donde se dará un estímulo lento y mantenido, con el principal objetivo de inhibir la cantidad de

estímulos que los músculos han estado recibiendo, obteniendo así una disminución de la espasticidad y una mejora de la sensibilidad en los diferentes dermatomas del cuerpo.

1.1.16.4 Espasticidad. De acuerdo con Domínguez en 2015, se deben de evitar estímulos nocivos que incrementen el tono muscular en los pacientes que presenten espasticidad, a su vez se incluye en su tratamiento:

- Crioterapia para la disminución de la espasticidad presentada, en donde se pueden aplicar bolsas de hielo locales envueltas por una toalla durante 15 a 20 min sobre el músculo espástico (ver fig. 32), con esta aplicación se busca una mejoría del tono (Bartolomé et al., 2018).



Figura 32 Aplicación de crioterapia

Fuente: Bartolomé et al., 2018

- Técnicas de facilitación neuromuscular propioceptiva para mejorar el tono muscular por medio de las diferentes cadenas y patrones de movimiento a nivel de las extremidades superiores, inferiores y tronco (Domínguez, 2015).

- Bobath el cual por medio de las posiciones concretas de los puntos clave se van a inhibir los estímulos de los músculos antagonistas espásticos, donde se favorece el movimiento activo de los músculos (Ledesma et al., 2022).
- Autoestiramientos de los diferentes segmentos musculares en donde se le indique al paciente como realizarlos, se le pide al paciente que mantenga la elongación muscular sin que provoque algún tipo de estímulo doloroso por un tiempo de 20 a 30 segundos, en donde puede realizarlos de 3 a 4 veces (Bartolomé et al., 2018).
 - Cuello: Se le pide al paciente que incline la cabeza hacia un lado manteniendo la vista al frente, donde con la mano realice un mayor descenso hasta que comience a percibir una tensión en la parte lateral del cuello (ver fig. 33).



Figura 33 Autoestiramiento de cuello

Fuente: Bartolomé et al., 2018

- Tronco: Se le pide al paciente que se posicione en decúbito supino con los hombros en aducción, rodillas flexionadas con los pies apoyados sobre la camilla, posteriormente se le indica que con ambas rodillas las descienda hacia un lado y con una mano mantener la posición hasta que perciba la tensión a nivel del tronco (ver fig. 34).

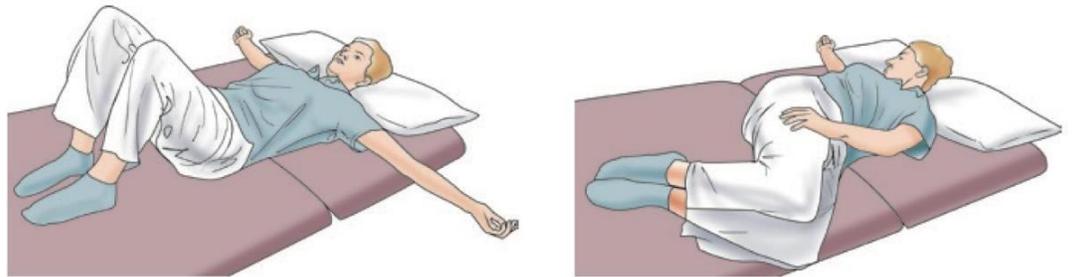


Figura 34 Autoestiramiento de tronco

Fuente: Bartolomé et al., 2018.

- Hombro: Se le pide al paciente que, en bípedo, realice una abducción de hombro y con la otra mano intente a nivel de codo favorecer el movimiento hasta sentir el estímulo en la parte posterior del hombro (ver fig. 35).



Figura 35 Autoestiramiento de hombro

Fuente: Bartolomé et al., 2018.

- Muñeca: Se le pide al paciente que en sedente con rodillas flexionadas a 90°, realice una ligera flexión de hombro con extensión completa de codo con una supinación de antebrazo, en donde la muñeca a trabajar realice una extensión completa y que con la mano contralateral favorezca dicha extensión hasta percibir el estímulo de tensión a nivel del antebrazo (ver fig. 36).



Figura 36 Autoestiramiento de muñeca

Fuente: Bartolomé et al., 2018.

- Piernas: Se le indica al paciente colocarse en posición supina con piernas extendidas sobre la camilla, posteriormente se le pide al paciente que realice flexión de rodilla y que con la otra pierna realice una abducción de cadera y que el tobillo toque la rodilla contralateral, posterior a esto que con ambas manos las situé por debajo de la rodilla flexionada y la empuje hacia su tronco hasta que perciba la tensión a nivel de los glúteos (ver fig. 37).



Figura 37 Autoestiramiento de glúteos

Fuente: Bartolomé et al., 2018.

1.1.16.5 Debilidad muscular. Domínguez en 2015 refiere que el tratamiento puede incluir electroterapia a base de electroestimulaciones con corrientes farádicas por troncos nerviosos, medianos, radiales y cubitales a nivel de las extremidades superiores, así como tibiales y peroneos a nivel de las extremidades inferiores esto con el fin de:

- Mejorar el tono muscular.
- Consecuente retorno venoso.
- Evitar la disminución del trofismo muscular.
- Evitar mayor debilidad muscular.

En el abordaje para la debilidad muscular se puede realizar un tratamiento a base de ejercicios funcionales de colchón en donde se realice:

- Traslados bajos, medios y altos en colchoneta en donde se estimule el arrastre, rodamientos, posición de 4 puntos, gateo, entre otros.

Dichos ejercicios deben ser parte fundamental del entrenamiento, bajo una supervisión del fisioterapeuta a cargo o el cuidador del paciente en donde se deben de revisar la

ejecución de estos mismos, se toma en cuenta las condicionantes que el paciente pueda presentar como lo es la diferencia bilateral de fuerza en las extremidades superiores e inferiores.

Bartolomé et al en 2018 hace mención que los ejercicios de fortalecimiento muscular de preferencia deben ser abordado en máquinas, bandas elásticas, o con ejercicios de autocarga con el propio cuerpo, la intensidad del trabajo deberá ser progresiva y se recomienda trabajar en un principio grandes grupos musculares como puede ser pectorales, musculatura de tronco como dorsal ancho, cuádriceps, isquiosurales, tríceps sural, entre otros.

1.1.16.6 Movilidad articular. Se busca realizar cinesiterapia activa para mantener y aumentar el rango de movimiento de las diferentes articulaciones, obteniendo así una disminución de las rigideces y posterior una pérdida de funcionalidad en el paciente (Ledesma et al., 2022).

1.1.16.7 Equilibrio. Los ejercicios de entrenamiento específico del equilibrio han demostrado mejorar de manera considerable este aspecto en los pacientes con esclerosis múltiple, en donde se ve evidencia de manera positiva una mejoría en la marcha donde se trabaja por medio de un entrenamiento visual propioceptivo junto con ejercicios de realidad virtual, entre otros. (Luque-Moreno et al., 2018)

1.1.16.8 Marcha y postura. Fradejas en 2012 sugiere que el abordaje de la marcha en los pacientes con esclerosis múltiple se puede realizar frente a un espejo cuadriculado con ayuda de barras paralelas como un soporte, donde el paciente posea un estímulo visual y sea consciente de su postura, donde controle e intente evitar las diferentes compensaciones a la hora de realizar la marcha. Se puede incluir diferentes obstáculos, rampas y/o escaleras conforme el paciente se vaya adaptando al tratamiento.

1.2 Antecedentes Específicos

1.2.1 Ejercicio. Es una actividad física, planificada, estructurada y repetitiva realizada con una frecuencia y con objetivo de mejorar o mantener la condición física de la persona (Perea-Caballero et al., 2020).

1.2.2 Ejercicio terapéutico. Es la ejecución sistemática y planificada de los movimientos corporales, posturas y actividades físicas con el propósito de facilitar la recuperación de enfermedades y cualquier condición que perturbe su movimiento y actividades de la vida diaria (La Touche, 2020).

La actividad física terapéutica en conjunto con el ejercicio terapéutico son dos modalidades de tratamiento utilizadas en la fisioterapia donde se exige de una correcta prescripción, donde se establece un planteamiento terapéutico basado en pruebas físicas y diseñado con el objetivo de prevenir, recuperar, mejorar y optimizar las funciones físicas mediante la utilización de ejercicios que presentan un énfasis rehabilitador. (La Touche, 2020).

1.2.2.1 Indicaciones. El ejercicio está indicado en todas las personas sanas, con el objetivo de prevenir futuras lesiones y en pacientes con patologías crónicas con el fin de mejorar su autonomía, acelerar su recuperación y disminuir el riesgo de recaídas o recidivas en las lesiones (Subirats Bayego et al., 2012).

1.2.2.2 Contraindicaciones. Subirats Bayego et al., en 2012 menciona que existen patologías y enfermedades que impiden la práctica de ejercicio en donde las más frecuentes son:

- Insuficiencia renal, hepática, pulmonar, suprarrenal y cardíaca.
- Enfermedades infecciosas agudas.

- Enfermedades infecciosas crónicas
- Enfermedades metabólicas no controladas.
- Hipertensión de base orgánica.
- Inflamaciones del sistema músculo esquelético en su fase aguda.
- Enfermedades que cursen con astenia o fatiga muscular.
- Enfermedades que perturben el equilibrio o produzcan vértigos.

1.2.2.3 Beneficios. El ejercicio realizado de manera regular produce una serie de adaptaciones a medio-largo plazo, dentro de las cuales se incluyen varios sistemas [musculoesquelético, cardiovascular, respiratorio, metabólico], en donde, el ejercicio impacta de una manera favorable sobre el desarrollo de enfermedades crónicas, incluyendo afecciones cardiovasculares, diabetes mellitus, insuficiencia respiratoria crónica, enfermedad renal crónica, deterioro cognitivo, cánceres, entre otros, cabe resaltar, que la realización de ejercicio en edades medias de la vida se ha asociado con una disminución de la morbilidad y del riesgo de desarrollo de enfermedades crónicas en las últimas fases de la vida (Cuesta Hernández & Calle Pascual, 2013).

Perea- Caballero en 2019 menciona que los beneficios de la realización de ejercicio físico (ver fig. 38) se pueden dividir en los siguientes:

- En el sistema neurológico tiene un impacto a nivel de la ansiedad y la depresión, reduce el riesgo de demencia, promueve la función cognitiva, disminuye el riesgo de sufrir un accidente cerebro vascular.
- En el sistema cardiovascular se destaca la reducción en el riesgo de mortalidad, enfermedad coronaria, mejores cifras de tensión arterial, promueve la rehabilitación cardiovascular una vez ocurrido un evento de esta magnitud.

- Posee beneficios a nivel del sistema endocrino, músculo esquelético y un impacto hasta en la disminución de riesgo de los tipos de cáncer más recurrentes en la población actual.

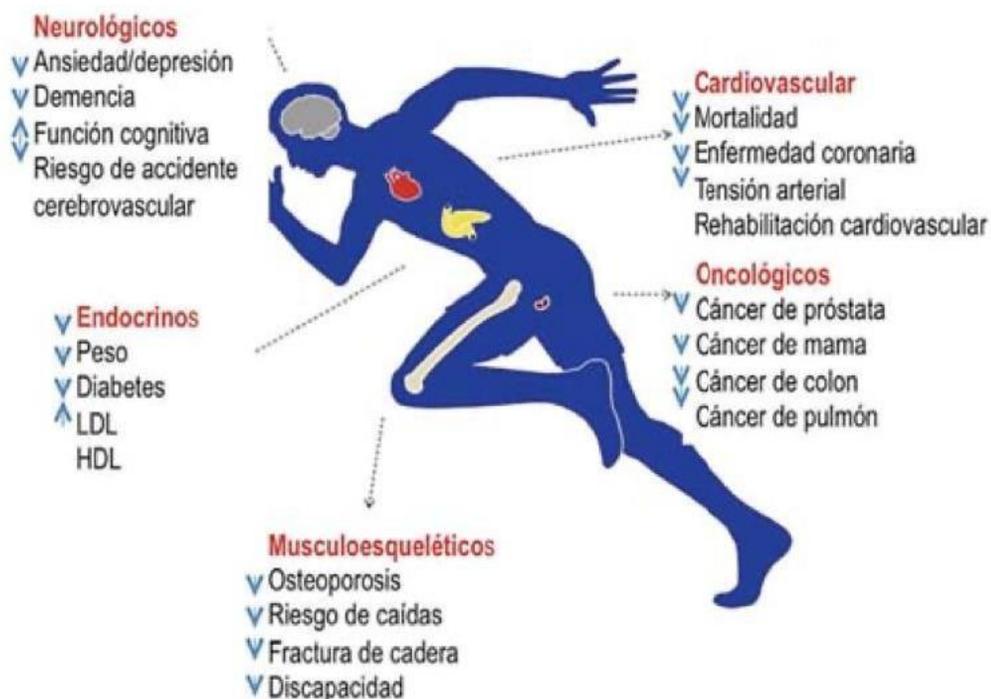


Figura 38 Beneficios del ejercicio en los diferentes sistemas del cuerpo

Fuente: Perea-Caballero et al., 2019

1.2.2.4 Principios del entrenamiento. Conocidos como los principios básicos para el desarrollo de la condición física, son un conjunto de máximas y reglas de carácter genérico que rigen el proceso de desarrollo de la condición física fundamentados en aspectos biológicos, psicológicos y pedagógicos (Bernal et al., 2014).

Wilmore y Costil en 2007 mencionan que los principios básicos del entrenamiento son:

- Principio de individualidad: No todas las personas poseen la misma capacidad para adaptarse al entrenamiento deportivo, las variaciones en los ritmos de

crecimiento celular, en metabolismo y en la regulación endocrina junto con la regulación nerviosa son variaciones individuales, por ende, cualquier entrenamiento debe tener en cuenta las necesidades y las capacidades específicas de los individuos para los que está diseñado.

- Principio de especificidad. Las adaptaciones al entrenamiento son altamente específicas del tipo de actividad, del volumen e intensidad del ejercicio ejecutado, con este principio, el entrenamiento debe forzar los sistemas fisiológicos que son críticos para que exista un rendimiento óptimo en el deporte de que se trate, a fin, de lograr adaptaciones de entrenamiento específicas. El entrenamiento debe ajustarse específicamente al tipo de actividad que realiza la persona.
- Principio de uso y desuso: Promueve la recuperación física necesaria luego de una rutina de elevado impacto, el cual, la adaptación que posea el organismo será el resultado de períodos específicos de compensación entre rutinas de alta y moderada intensidad, se toma en consideración que los beneficios del entrenamiento se pierden si éste se interrumpe o se reduce de forma abrupta. Kisner y Colby en 2005 describen que el propósito de este principio es:
 - Impedir la acumulación de sangre en las extremidades mediante el uso continuo de los músculos para mantener el retorno venoso.
 - Mejorar el período de recuperación con la oxidación de los desechos metabólicos y la sustitución de las reservas de energía.
- Principio de sobrecarga progresiva: Todos los programas de entrenamiento deben incorporar una sobrecarga y un entrenamiento progresivo en donde a medida que

los músculos se fortalecen es preciso aplicar una resistencia proporcionalmente mayor para estimular nuevos incrementos de fuerza, el entrenamiento debe involucrar el trabajo del sistema cardiovascular y musculoesquelético con mayor intensidad de la normal, cuando el cuerpo logra la adaptación, el entrenamiento debe progresar a un nivel de esfuerzo más elevado.

- Principio de los días duros/fáciles: Hace referencia que posterior de un día después de un entrenamiento con intervalos de gran intensidad se puede prescribir un día o dos de entrenamiento de baja intensidad consistente, esos días aporta un periodo de recuperación activa para que el cuerpo esté listo para el siguiente día de entrenamiento de gran intensidad.
- Principio de periodización: Relacionado con el principio de los días duros/fáciles, la periodización es la disposición en ciclos graduales a la especificidad, intensidad y volumen de entrenamiento para conseguir los niveles máximos de forma física para la competición.

Bernal et al en el 2014 mencionan los siguientes principios como un complemento de los principios anteriormente explicados por Wilmore y Costil en 2007 donde se dividen en:

- Principio de participación y consciente del entrenamiento: Contempla la preparación y conducción del entrenamiento junto con una actividad tal entre el entrenador y el individuo donde se le haga saber por qué y para que actúa el entrenamiento.
- Principio del desarrollo multilateral: Comprende la interdependencia entre todos los sistemas y órganos humanos junto con su proceso fisiológico y psicológico, un ejercicio en relación con su propia naturaleza y sus requerimientos motores

necesita de una intervención armoniosa entre los variados sistemas del cuerpo humano por medio de las diferentes capacidades biomotoras y rasgos psicológicos.

- Principio de especialización: Los ejercicios específicos llevan a alteraciones morfológicas y funcionales relacionadas con la especificidad del deporte, el cuerpo humano se adapta al tipo de actividad que se esté realizando, siendo una adaptación fisiológica, técnica, táctica y psicológica.
- Principio de variedad. Expone que el entrenamiento debe de disponer de un gran repertorio de ejercicios que le permitan al paciente una alternancia periódica, los ejercicios deben ser elegidos bajo la condición de que sean similares a la acción técnica y que desarrollen las capacidades biomotoras requeridas basados en los objetivos del entrenamiento.
- Principio de modelación del proceso de entrenamiento: A través de este principio se busca que el entrenamiento este dirigido y organizado de tal forma que los objetivos, métodos y contenidos sean los más similares a la competición.
- Principio de unidad entre la preparación general y especial: Se caracteriza por establecer las relaciones que deben existir en el trabajo de entrenamiento en sus diferentes etapas, dicho proceso, se define atendiendo al tiempo que se le conceda a lo general y a lo especial, el tiempo necesario para obtención y manutención de la forma deportiva.

1.2.2.5 Prescripción del ejercicio. Zaleski et al., en 2016 menciona que el proceso individualizado, sistemático y específico que se establece la prescripción del ejercicio

terapéutico se debe de desarrollar a través del principio conocido como FITT-VP el cual establece lo siguiente:

- **Frecuencia:** Se expresa como el número de días por semana en el cual se realizará el entrenamiento, la frecuencia de las sesiones depende principalmente de la duración e intensidad del ejercicio, se recomienda que la frecuencia de entrenamiento oscile de 3 a 5 días por semana (Abellán et al., 2014).
- **Intensidad:** Se define como el grado de esfuerzo que exige el ejercicio y es igual a la potencia necesaria para realizar la actividad física, es considerada la variable más importante debido a que sobre la intensidad se va a adaptar todos los demás parámetros del ejercicio, normalmente se prescribe por medio de la escala de Borg (tabla 15), que relaciona el esfuerzo percibido al hacer un esfuerzo físico con un valor numérico que va desde 0 siendo un esfuerzo mínimo a 10 siendo el mayor esfuerzo percibido.

Tabla 15 Escala de Borg del esfuerzo percibido

Puntuación	Escala A 15 pts.	Escala B 15 pts.	Puntuación	Escala C 10 pts.
6		Ningún esfuerzo en absoluto.	0	Ningún esfuerzo en absoluto.
7	Muy, muy leve.	Extremadamente leve.	0.5	Muy, muy débil.
8			1	Muy débil.
9	Muy leve.	Muy leve.	2	Débil (leve).
10			3	Moderado.
11	Bastante leve.	Leve	4	Un poco fuerte.
12			5	Fuerte (pesado)
13	Un poco duro.	Un poco duro.	6	

Puntuación	Escala A 15 pts.	Escala B 15 pts.	Puntuación	Escala C 10 pts.
14			7	Muy fuerte.
15	Duro	Duro (pesado)	8	
16			9	
17	Muy duro	Muy duro	10	Muy, muy fuerte.
18				
19	Muy, muy duro	Extremadamente duro		
20		Esfuerzo máximo		

Información recuperada de (Abellán et al., 2014)

Teniendo en cuenta los diferentes parámetros, la intensidad del ejercicio se puede clasificar de la siguiente manera (tabla 16).

Tabla 16 Clasificación de la intensidad del ejercicio

Clasificación de la intensidad	FC máx.	VO2máxR o FCR	Tasa de ejercicio percibido por la escala de Borg
Muy ligera	<35	<20	<10
Ligera	35 – 54	20 – 39	10 – 11
Moderada	55 – 69	40 – 59	12 – 13
Fuerte / Vigorosa / Alta	70 – 89	60 – 84	14 – 16
Muy fuerte	≥90	≥85	17 – 19
Máxima	100	100	20

Información recuperada de (Abellán et al., 2014)

- Tiempo: Se define como el número de segundos, minutos y horas que tiene de duración el ejercicio. Se recomienda conseguir como objetivo mínimo la práctica de ejercicio durante 30 minutos de intensidad moderada, realizando sesiones con

series cortas de 10 minutos en individuos que realizan poca actividad física (Abellán et al., 2014).

- Tipo de ejercicio: Se explica como la modalidad al ejercicio a elegir, donde puede ser ejercicio aeróbico, anaeróbico, de resistencia, flexibilidad, pliométricos, entre otros.
- Volumen: Engloba la cantidad total de actividad realizada donde depende del tiempo, distancia recorrida y el número de repeticiones de un ejercicio, puede dividirse a una sesión o a un ciclo completo de entrenamiento, normalmente necesita de un cálculo del gasto energético que se produce durante la realización del ejercicio que depende de la intensidad, duración y frecuencia de este, donde se utiliza la siguiente fórmula basada en los METs de la actividad (tabla 17):

- $\text{METs} \times 3.5 \times \text{peso en kg}/200 = \text{kcal}/\text{min}$

Conociendo el objetivo del gasto calórico semanal que se requiere y utilizando la fórmula, se puede calcular el volumen de ejercicio que debe realizar un individuo (Abellán et al., 2014).

- Progresión: Un programa de ejercicio físico debe de disponer de un ritmo de progresión adecuado, dependiendo de la capacidad funcional del paciente junto con su edad, estado de salud, necesidades, objetivos y preferencias, a partir de segundo o tercer mes, si la forma física mejora, se puede valorar la posibilidad de incrementar también la intensidad del ejercicio realizado.

A su vez, se debe de tomar en consideración que la efectividad del ejercicio prescrito depende de diversos factores, sobre todo cuando se refiere a trastornos que presenten alta cronicidad, factores cognitivos y afectivos-motivacionales tienen gran relevancia en las

expectativas, autoeficacia, motivación al cambio, el compromiso y de última instancia sin restarle importancia es la adhesión al ejercicio terapéutico que el paciente posea (La Touche, 2020).

Tabla 17 Actividades y equivalentes metabólicos

METs	Actividad
1 – 2	Andar (1.5 – 3 km/h).
2 – 3	Andar (3 – 4, 5 km/h), Bicicleta estática (50 w), Ciclismo (7.5 km/h), Billar, Bolos, Equitación (al paso), Golf (con carro).
3 – 4	Andar (4.5 – 5.5 km/h), Ciclismo (7.5 – 10 km/h), Gimnasia suave, Pesca (ribera o embarcación), Tiro con arco, Voleibol.
4 – 5	Andar (5 – 6 km/h), Ciclismo (10 – 12 km/h), Golf (llevando palos), Natación (suave), Remo/Canoa (4.5 km/h), Tenis (dobles), Tenis de mesa, Vela, Baloncesto (entrenamiento), Fútbol (entrenamiento).
5 – 6	Andar (6 – 7 km/h), Bicicleta Estática (100 w), Ciclismo (12 – 13 km/h), Badminton, Caza Menor, Equitación (trote), Patinaje, Pesas (ligero – moderado)
6 – 7	Andar (7.5 km/h), Bicicleta estática (150 w), Ciclismo (18 km/h), Buceo (aguas templadas), Esquí, (descenso lento), Gimnasia (intensa), Remo/Canoa (6km/h), Tenis (individual).
7 – 8	Correr (7,5 km/h), Ciclismo (20 km/h), Alpinismo, Equitación (galope), Esquí (descenso intenso), Esquí de fondo (suave), Natación (moderada-rápida), Remo/canoa (7,5 km/h)
8 – 9	Correr (8 km/h), Cross, Ciclismo (21 km/h), Ciclismo de montaña, Boxeo/karate (suaves), Buceo (aguas frías), Esquí de fondo (moderado), Frontón (mano/pala), Patinaje (intenso), Pesas (intenso), Baloncesto (intenso), Balonmano (recreacional), Fútbol (recreacional)
>10	Correr (>9 km/h), Bicicleta estática (200w), Ciclismo (>21 km/h), Boxeo/karate (competición), Caza mayor, Esquí (descenso competición), Esquí de fondo (intenso), Natación (competición), Baloncesto (competición), Balonmano (competición), Fútbol (intenso)

Información recuperada de (Abellán et al., 2014)

1.2.2.6 Recomendaciones. Mahecha Matsudo, en 2019 menciona que en 1995 el *American College of Sports Medicine* recomendaban que todo adulto debía acumular por lo

menos 30 minutos de actividad física, de intensidad moderada, por lo menos 5 días a la semana, si es posible todos los días, de manera continua o acumulada, sin embargo en 2005 el *American Heart Association* actualizaron la recomendación en donde se simplifica que el adulto debe de acumular por lo menos 150 minutos de actividad moderada o 75 minutos de actividad vigorosa por semana, en donde se clasificaron las actividades físicas de acuerdo con el gasto energético que representan (tabla 18).

Tabla 18 Clasificación de las actividades físicas de acuerdo con el gasto energético

Intensidad	MET	Descripción
Sedentaria	< 1.6	Actividades que usualmente envuelven el sentarse o acostarse (inclinado) que tienen poco movimiento y promueven bajo requerimiento de energía.
Leve	1.6 a < 3	Actividades aeróbicas que no causan un considerable cambio en la respiración. Es posible cantar mientras se realiza.
Moderada	3 a < 9	Actividades aeróbicas que pueden ser mantenidas sin perturbar la conversación, pero no es posible cantar.
Vigorosa	6 a < 9	Actividades aeróbicas en la cual la conversación no puede ser mantenida sin interrupción, solo es posible decir algunas palabras.
Intensa	> 9	Intensidad que normalmente no puede ser mantenida por periodos más largos de 10 minutos.

Información extraída de (Mahecha Matsudo, 2019)

1.2.3 Clasificación del ejercicio. El ejercicio tiene múltiples maneras de clasificarse, sin embargo, una de las más utilizadas es la clasificación por medio del sistema energético que emplea su realización, en donde se divide en ejercicio aeróbico y ejercicio anaeróbico.

1.2.3.1 Ejercicio aeróbico. Son ejercicios de media o baja intensidad con una larga duración, donde el organismo utiliza diferentes estrados para obtener energía como lo son los hidratos y grasas, se caracteriza por la utilización de oxígeno (Chávez y Zamarreño, 2016).

El ejercicio aeróbico utiliza grandes grupos musculares del cuerpo con una contracción rítmica durante un tiempo determinado, como lo es el caminar, correr de manera suave, nadar, andar en bicicleta, todo en una intensidad moderada (Centro de medicina deportiva, 2015).

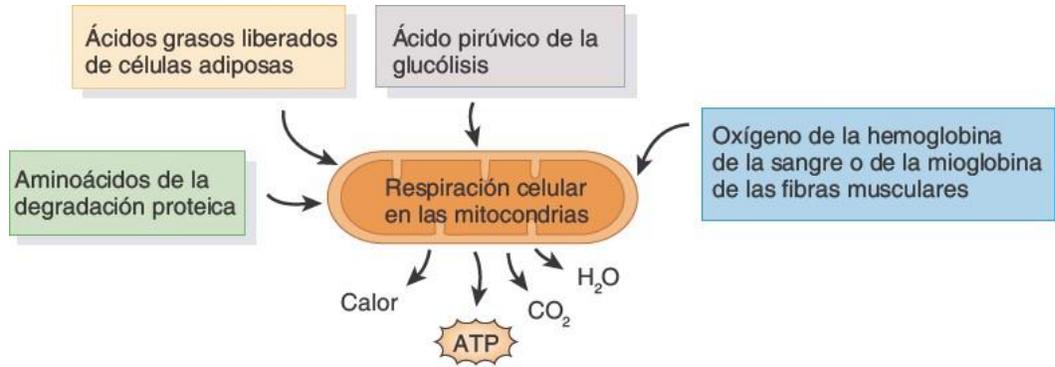
- Características del sistema aeróbico: De acuerdo con Kisner y Colby en 2005 el sistema anaeróbico presenta las siguientes características:
 - El glucógeno, las grasas y proteínas son las fuentes energéticas.
 - Se requiere de oxígeno.
 - El ATP se resintetiza en las mitocondrias de los miocitos. La capacidad para metabolizar oxígeno y otros substratos está relacionada con el número y concentración de mitocondrias y miocitos.
 - La capacidad máxima del sistema es grande [90.0 mol de ATP]
 - La potencia máxima del sistema es pequeña [1.0 mol de ATP]
 - El sistema predomina sobre los otros sistemas de energía después del segundo minuto de ejercicio.
 - Utiliza las fibras de contracción lenta [tipo 1] las cuales se caracterizan por una respuesta contráctil lenta y son ricas en mioglobina y mitocondrias, tienen mucha capacidad oxidativa y poca capacidad anaeróbica, se reclutan para actividades que requieren resistencia física. Estas fibras están inervadas por pequeñas neuronas con un umbral bajo de

activación donde se emplean preferentemente para el ejercicio de poca intensidad.

- Puede utilizar las fibras de contracción rápida [tipo IIa] donde estas fibras presentan características de las fibras tipo I y tipo IIb, se reclutan para actividades aeróbicas y anaeróbicas.
- Respiración celular aeróbica: Durante períodos de reposo o de ejercicio de leve a moderado, las fibras musculares disponen de una cantidad suficiente de oxígeno, en estos casos, el ATP utilizado para la actividad muscular se produce a partir de una serie de reacciones que requieren oxígeno, durante este proceso, el ácido pirúvico ingresa a las mitocondrias, donde es oxidado mediante reacciones que generan ATP, CO₂, H₂O y calor (Tortora y Derrickson, 2018).

Este tipo de respiración es más lenta, pero produce mayor cantidad de ATP, donde una molécula de glucosa genera alrededor de 36 moléculas de ATP por cada respiración celular siempre y cuando exista oxígeno y nutrientes suficientes como lo es el ácido pirúvico obtenido de la glucólisis de la glucosa, ácidos grasos provenientes de la degradación de los triglicéridos de las células adiposas y aminoácidos originados de la degradación de las proteínas (ver fig. 39).

Durante actividades que duran más de 10 minutos, el sistema aeróbico aporta más del 90% del ATP necesario (Tortora y Derrickson, 2018).



Duración de la energía provista: de minutos a horas

(c) ATP de la respiración celular aeróbica

Figura 39 Respiración celular aeróbica

Fuente: Tortora y Derrickson, 2018

- Adaptaciones del entrenamiento aeróbico. Kisner y Colby en 2005 mencionan que el sistema cardiovascular y los músculos empleados se adaptara al estímulo del entrenamiento mediado en cierto tiempo, donde los cambios significativos se dan en un mínimo de 10 a 12 semanas.
 - La adaptación provoca un aumento de la eficacia del sistema cardiovascular y musculoesquelético, donde supone varios cambios neurológicos, físicos y bioquímicos.

La adaptación del cuerpo al entrenamiento dependerá de:

- La capacidad del organismo para cambiar, los pacientes con un nivel bajo de forma física presentarán mayor potencial para mejorar que los pacientes con un nivel alto de forma física.
- El umbral del estímulo del entrenamiento, donde:
 - Los umbrales de estímulo del entrenamiento son variables.

- Cuanto mayor sea el nivel inicial de forma física, mayor será la intensidad del ejercicio necesario para conseguir un cambio significativo.

Wilmore y Costil en 2007 hacen referencia que en el entrenamiento aeróbico podemos encontrar las siguientes adaptaciones en el cuerpo:

- Cambios en la potencia aeróbica donde los cambios más apreciables es el aumento de la capacidad para realizar un ejercicio por mayor tiempo prolongado y un incremento de la capacidad aeróbica máxima.
- Adaptaciones musculoesqueléticas donde por el uso repetitivo de las fibras musculares se estimula la producción de cambios en su estructura y función, donde se producen cambios en el tipo de fibra muscular, el aporte capilar, la función mitocondrial, el contenido de mioglobina y las enzimas oxidativas.
- Adaptaciones en las fuentes energéticas del cuerpo donde el entrenamiento aeróbico impone repetidas demandas sobre las reservas musculares de glucógeno y grasa, el cuerpo se adapta a este estímulo para volver más eficaz la producción de energía.
- Respuestas fisiológicas del ejercicio aeróbico: El rápido aumento de los requisitos energéticos durante el ejercicio exige unos ajustes circulatorios igualmente rápidos para cubrir el aumento de la necesidad de oxígeno y nutrientes con el fin de eliminar los productos finales del metabolismo como lo es el dióxido de carbono y el ácido láctico junto con la disipación de exceso de calor.

- Respuesta cardiovascular al ejercicio: De acuerdo con Kisner y Colby en 2005 podemos encontrar las siguientes adaptaciones:
 - La respuesta del sistema nervioso simpático [SNS] comprende la vasoconstricción periférica generalizada y el aumento de la contractibilidad del miocardio, el aumento de la frecuencia cardíaca e hipertensión, provocando un aumento acusado y la redistribución del gasto cardíaco.
 - La frecuencia de la despolarización del nódulo sinusal aumenta y también lo hace la frecuencia cardíaca, existe un descenso de los estímulos vágales y un aumento de la estimulación del SNS.
 - Existe un aumento del desarrollo de la fuerza de las miofibrillas, una respuesta inotrópica directa del SNS aumenta la contractibilidad del miocardio.
 - Se produce una vasoconstricción generalizada que permite la derivación de la sangre de los músculos inactivos, de los riñones, el hígado, el bazo y el área esplácnica de los músculos activos.
 - El gasto cardíaco aumenta debido al aumento de la contractibilidad del miocardio, aumento de la frecuencia cardíaca y el aumento del riego sanguíneo de los músculos activos.
 - Aumento de la tensión arterial sistólica como resultado del aumento del gasto cardíaco.
- Respuesta respiratoria al ejercicio: Kisner y Colby en 2005 describen las siguientes respuestas al entrenamiento aeróbico en el sistema respiratorio:

- Los cambios respiratorios se producen con rapidez con un aumento del intercambio de gases durante la primera o segunda inspiración, durante el ejercicio se produce una reducción de la saturación de O₂ de la sangre venosa, un aumento del P_{XO2} y el H⁺, aumento de la temperatura corporal, un aumento de la adrenalina y un aumento de la estimulación de los receptores de las articulaciones y músculos, todos estos factores solos o en combinación pueden estimular el sistema respiratorio.
- La ventilación minuta aumenta a medida que lo hacen la frecuencia respiratoria y el volumen corriente.
- La ventilación alveolar, que se produce por la difusión de gases por la membrana alveolocapilar, aumenta 10 a 20 veces con un ejercicio pesado para aportar el oxígeno adicional necesario y expulsar el exceso de dióxido de carbono producido.
- Respuestas metabólicas donde se evidencia:
 - Hipertrofia muscular y un aumento de la densidad capilar.
 - Un incremento del número y tamaño de las mitocondrias que aumenta la capacidad para generar ATP aeróbicamente.
 - Aumento de la concentración de mioglobina en los músculos.

1.2.3.2 Ejercicio anaeróbico. Son ejercicios de alta intensidad y poca duración, los músculos tienen energía en ausencia del oxígeno, normalmente requieren de gran esfuerzo en poco tiempo como lo es levantar peso, carreras de velocidad entre otros (Chávez y Zamarreño, 2016).

- Características del sistema anaeróbico: De acuerdo con Kisner y Colby en 2005, el sistema anaeróbico presenta las siguientes características:
 - La fuente energética es el glucógeno [Glucosa].
 - No se requiere de oxígeno.
 - El ATP se resintetiza en los miocitos.
 - Se produce ácido láctico.
 - La capacidad máxima del sistema es intermedia [1.2 mol de ATP]
 - La potencia máxima del sistema es intermedia (1.6 mol de ATP/min)
 - Los sistemas aportan energía para actividades de intensidad moderada y corta duración
 - Es la fuente principal de energía desde el segundo 30 a 90 del ejercicio.
 - Utiliza las fibras de contracción rápida [tipo IIb] las cuales se caracterizan por una respuesta contráctil rápida, tienen un contenido escaso de mioglobina y pocas mitocondrias, tiene mucha capacidad glucolítica y se reclutan para actividades que requieren potencia.
 - Puede utilizar las fibras de contracción rápida [tipo IIa] donde estas fibras presentan características de las fibras tipo I y tipo IIb, se reclutan para actividades aeróbicas y anaeróbicas.

- Respiración celular anaeróbica: Consiste en una serie de reacciones que producen ATP, que no requieren oxígeno, cuando continúa la actividad muscular y se agota la reserva de fosfocreatina de las fibras musculares, se cataboliza glucosa para generar ATO. La glucosa se moviliza por medio de la sangre a las fibras musculares en contracción por difusión facilitada y también es producida por la degradación de glucógeno dentro de las fibras musculares, posterior de la

glucólisis se degrada cada molécula de glucosa en dos moléculas de ácido pirúvico (Tortora y Derrickson, 2018).

Este proceso de glucólisis tiene lugar en el citosol y determina una ganancia neta de dos moléculas de ATP, el ácido pirúvico ingresa a las mitocondrias, durante períodos de ejercicio intenso, las fibras musculares no disponen de oxígeno suficiente, las reacciones anaeróbicas convierten la mayor parte del ácido pirúvico en ácido láctico en el citosol, alrededor del 80% de este ácido láctico producido sale de las fibras musculares por difusión e ingresa a la sangre. Las células hepáticas convierten este ácido láctico en glucosa reduciendo la acidez así de la sangre, este tipo de respiración aporta energía suficiente para 30 o 40 segundos de actividad muscular máxima (ver fig. 40).

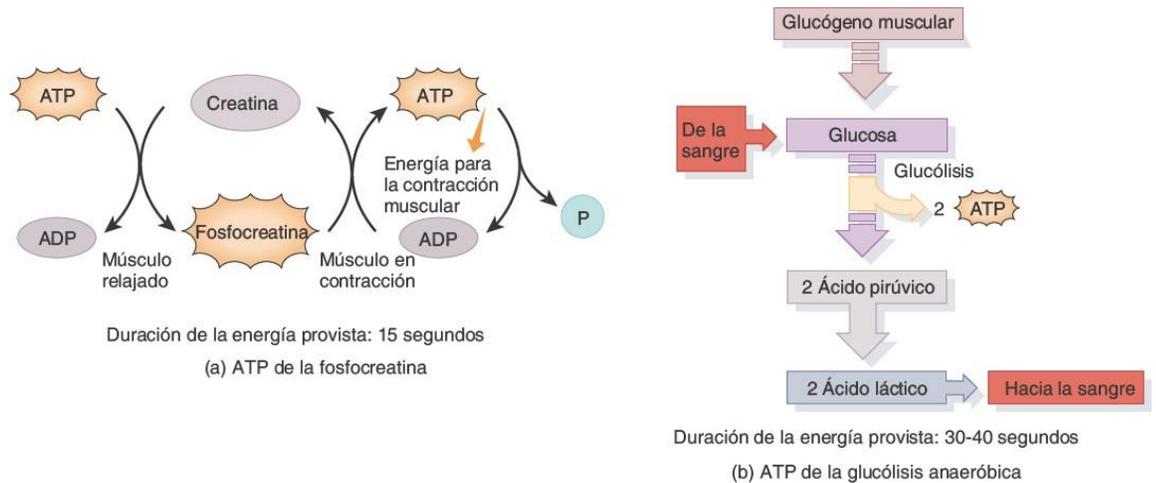


Figura 40 Respiración celular anaeróbica

Fuente: Tortora y Derrickson, 2018.

- Adaptaciones del entrenamiento anaeróbico. Wilmore y Costil en 2007

mencionan que en este tipo de entrenamiento se pueden evidenciar las siguientes adaptaciones del cuerpo:

- Incremento de las actividades de enzimas glucolíticas y oxidativa clave como es la fosforilasa, la fosfofructocinasa [PFK] y la lactatodeshidrogenasa [LDH], se ven aumentadas entre un 10 – 25% con series de 30 seg.
- Mejora en la habilidad y coordinación para rendir a intensidades altas, optimiza la movilización de las fibras para permitir un movimiento más eficaz donde el entrenamiento a velocidades más rápidas y con cargas más pesadas economiza el uso del aporte energético a los músculos.
- Las series repetidas de ejercicio anaeróbico incrementa la capacidad aeróbica de los músculos, donde esta mejora nace del potencial oxidativo de los músculos donde ayuda a los esfuerzos de los sistemas anaeróbicos de energía satisfagan las necesidades musculares de energía durante la realización de esfuerzos altamente anaeróbicos.
- El entrenamiento anaeróbico mejora la capacidad de los músculos para tolerar el ácido que se acumula en su interior durante la glucólisis anaeróbica, los amortiguadores tales como el bicarbonato y los fosfatos musculares se combinan con el hidrógeno y reducen la acidez de las fibras, de este modo, se pueden posponer la aparición de la fatiga durante el ejercicio anaeróbico, se ha demostrado que durante 8 semanas de entrenamiento anaeróbico se incrementa la capacidad de amortiguación muscular entre un 12 – 50%.

1.2.3.3 Clasificación del ejercicio según su intensidad. Otras de las clasificaciones más utilizadas para el ejercicio es por medio de su intensidad, el cual se divide en 3 grandes grupos (tabla 19).

Tabla 19 Clasificación del ejercicio según su intensidad

Tipo de ejercicio	Descripción
Ejercicio de alto impacto	Reporte de 7 días en la semana de cualquier combinación de caminata o actividades de moderada o alta intensidad logrando un mínimo de 3,000 Met-min/semana. Se reporta una actividad vigorosa al menos 3 días a la semana alcanzado al menos 1,500 MET.min/semana.
Ejercicio de moderado impacto	Reporte de 3 o más días de actividad vigorosa por al menos 20 minutos diarios. Reporte de 5 o más días de actividad moderada y/o caminara al menos 30 minutos diarios. Se describe 5 o más días de cualquier combinación de caminata y actividades moderadas o vigorosas logrando al menos 600 Met-min/semana.
Ejercicio de bajo impacto	Se define cuando el nivel de actividad física del paciente no está incluido en las categorías

Información extraída de (Serón et al., 2010)

Capítulo II

Planteamiento Del Problema

En el siguiente capítulo se expone el planteamiento del problema, siendo este la base de todo estudio en donde se define y estructura la idea central de la investigación, se da a conocer una breve introducción acerca de la esclerosis múltiple y cómo esta influye en la vida de las personas que la padecen, de igual forma, se detalla la magnitud que posee el ejercicio de alto impacto en dichos pacientes y se justifica el fin de la investigación.

2.1 Planteamiento del Problema

La esclerosis múltiple, conocida por sus siglas EM, es una patología crónica autoinmune, inflamatoria y neurodegenerativa, que se caracteriza por una disfunción del sistema inmunológico que ocasiona un ataque a la mielina del sistema nervioso central en donde se produce una disminución de la conducción de impulsos nerviosos (Pérez et al. 2019).

Alrededor de todo el mundo existen más de 2,8 millones de personas que padecen EM, es decir, 1 de cada 3000 personas en el mundo viven con esclerosis múltiple y en algunos países se ha demostrado que 1 de cada 300 personas tienen EM (Federación Internacional de Esclerosis Múltiple [FIEM], 2020).

Debido a una respuesta inmune atípica dentro del organismo, se produce una desmielinización y destrucción de la mielina del sistema nervioso central (SNC), en donde

existe pérdida de oligodendrocitos, astrogliosis y relativa indemnidad de los axones del SNC. Se caracteriza por una pérdida de la visión, afectación del habla, alteraciones motoras, disminución de la coordinación muscular y parestesias, las cuales disminuyen la calidad de vida de las personas que lo padecen (Quintero, 2017).

Entre los signos y síntomas más comunes se encuentran la inflamación del nervio óptico, el cual conecta la retina con el cerebro y al verse afectado puede desencadenar visión borrosa a ceguera; la desmielinización de los nervios motores genera dificultad para poder caminar o mover las extremidades. Los pacientes también pueden presentar espasticidad, problemas de coordinación y equilibrio, entre otros (Arteaga, 2020).

Es una enfermedad que posee consecuencias devastadoras tanto para el paciente como para su familia. Hasta la fecha aún no existe claridad sobre su etiología, pero se conoce que resulta de la acción de factores ambientales y una predisposición genética del paciente. Entre los factores ambientales está la infección por el virus Epstein-Barr, alta exposición solar y la cantidad de vitamina D. En la actualidad se ha descubierto al menos 233 locus genéticos asociados con dicha enfermedad, en donde, 32 de estos, están alojados en el complejo principal de la histocompatibilidad (García et al, 2022).

Patt et al, en 2021 mencionan una estrategia de entrenamiento de ejercicio que combina ejercicios de alta intensidad, los cuales han sido recomendados para pacientes con EM, en la cual el objetivo de la rehabilitación es mejorar la independencia funcional y aumentar la participación del paciente en las actividades de la vida diaria.

Por lo tanto, teniendo conocimiento acerca del impacto de la patología, se realiza la siguiente pregunta de investigación ¿Cuáles son los beneficios terapéuticos del ejercicio de alto impacto en pacientes de 20 a 40 años con esclerosis múltiple de tipo remitente-recurrente?

2.2 Justificación

La fisioterapia neurológica es una rama de la fisioterapia que se enfoca en el tratamiento de las diferentes patologías que afectan el sistema nervioso, en donde, su fin es poder brindar el tratamiento más adecuado a los pacientes con patologías neurológicas como lo es la esclerosis múltiple, en donde se crean constantemente nuevos métodos de abordaje y alternativas de tratamiento, normalmente los pacientes diagnosticados con dicha enfermedad se ven enfrentados a la pérdida continua de la movilidad de una manera progresiva.

De acuerdo con Pérez et al, en 2019 la esclerosis múltiple es la primera causa de discapacidad no traumática en adultos jóvenes, presente con mayor frecuencia en mujeres. Se estima que alrededor del mundo 2.5 millones de personas padecen de EM, en Europa afecta alrededor de 700,000 de personas.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) en 2013 menciona que la prevalencia de la enfermedad a nivel global fue de 30 por cada 100,000 personas en África, de 8.3 en el sudeste asiático y 80 por cada 100,000 en Europa.

A partir de diferentes revisiones sistemáticas se observa que a lo largo de las últimas décadas se ha producido un aumento de la enfermedad, en donde el Sur de Canadá, el Norte de Estados Unidos, las Islas Británicas y Escandinavia se han documentado las prevalencias más altas del mundo. En las áreas más meridionales del mundo, la incidencia de la esclerosis múltiple ha aumentado, por otro lado, en el norte de Europa y Norteamérica se mantiene estable desde 1980. (Pérez et al, 2019).

A su vez, se hace mención que en estudios multirraciales muestran una mayor incidencia en la población blanca que en la mestiza. En Guatemala, según un informe realizado por la

Asociación Guatemalteca de Esclerosis Múltiple, se estima que alrededor de 500 personas han sido diagnosticadas con esclerosis múltiple de tipo remitente-recurrente.

García et al, en 2022 mencionan que la esclerosis múltiple es una enfermedad crónica que posee una tasa de mortalidad inferior a la incidencia, mientras la incidencia sea superior a la mortalidad, la prevalencia aumentará con el tiempo. La supervivencia de estos pacientes ha podido aumentar gracias a los tratamientos modificadores del curso de la enfermedad.

De acuerdo con Garner et al, en 2015 la esclerosis múltiple es un trastorno neurológico crónico y no curable en donde la sintomatología que presentan los pacientes se puede dividir de la siguiente manera: pérdida de la sensibilidad, pérdida motora que conlleva a la disminución del movimiento del cuerpo a nivel de las extremidades superiores e inferiores, dolor en donde el 15% de los pacientes pueden presentarlo y una disminución a nivel cognitivo.

A su vez se hace mención que las manifestaciones sintomáticas de la esclerosis múltiple se clasifican en manifestaciones negativas, positivas y corticales. Esto consecuente a que la variabilidad de la sintomatología es variada dependiendo de la fase de la enfermedad que el paciente se encuentre, donde depende no solo de la localización de las lesiones, si no, a su vez, de las propiedades conductivas de los axones afectados.

Los síntomas negativos incluyen paresia, hipoestesia, disfunción visual, diplopía o ataxia, en los síntomas positivos se encuentran las parestesias o disestesias, dolores neuropáticos, neuralgia del trigémino y manifestaciones paroxísticas las cuales abarcan espasmos tónicos, prurito paroxístico, mioquimia facial o disartria episódica, por último, los síntomas corticales se manifiestan en los pacientes como disfunciones cognitivas (Garner et al, 2015).

Con lo citado anteriormente, la esclerosis múltiple es una enfermedad crónica, progresiva y debilitante, que condiciona a los pacientes que la padecen a una importante discapacidad y dependencia, la cual, repercute de una manera directa en el coste sanitario y social asociado a la enfermedad (Pérez et al, 2019).

La esclerosis múltiple sigue un curso variado e impredecible, la enfermedad inicia con una sintomatología aislada en donde cursa un periodo de tiempo de hasta meses y/o años sin una manifestación clínica aparente, existen casos donde en cuestión de semanas o meses los pacientes presentan una sintomatología clara y precisa de la enfermedad, sin embargo, a pesar de la discapacidad que se manifiesta, un gran alto porcentaje de los pacientes con esclerosis múltiple tiene una expectativa de vida normal (Moreno, 2016).

El tratamiento de la esclerosis múltiple se divide en un tratamiento con base inmunológica, el cual incluye una gran base de fármacos utilizados para tratar los brotes y prevenir la progresión de la enfermedad; el tratamiento sintomático se centra principalmente en tratar los síntomas que influyen negativamente en la calidad de vida de los pacientes, en donde se centra la espasticidad que se presenta, temblor, descoordinación motora, fatiga muscular, dolor, entre otros; por último, el tratamiento rehabilitador se considera como un tratamiento integral con un enfoque multidisciplinario que cual logra un beneficio funcional importante en la vida de los pacientes.

Un programa de rehabilitación que dé inicio en las primeras fases de la enfermedad permite mejorar el estado general del paciente, así como juega un papel importante en el progreso de la enfermedad para disminuir el nivel de complicaciones que se manifiesten donde se necesita de una evaluación integral e individualización del abordaje.

Debido a que la esclerosis múltiple es una enfermedad crónica, incapacitante y que afecta principalmente a adultos en edades productivas de la vida se convierte en una

enfermedad de alto coste, en donde el acceso al tratamiento corre de gran medida por el propio paciente y su entorno más cercano, donde el coste de la atención sanitaria se debe considerar tanto a nivel económico como emocional que experimentan los pacientes, familiares y proveedores de asistencia sanitaria, donde aborda los bienes y servicios empleados en el diagnóstico, tratamiento y cuidado del paciente (Hernández, 2019).

Con todo lo mencionado anteriormente, se destaca la fisioterapia como una parte fundamental dentro del equipo multidisciplinario, esto debido a la sintomatología que los pacientes padecen como lo es la pérdida de fuerza y movilidad con el paso del tiempo, por ello, con ayuda de los ejercicios de alto impacto se busca mantener dicha fuerza y movilidad el mayor tiempo posible debido a los efectos que se logran a nivel fisiológico y físico (Hernández, 2019).

Con la información recolectada, se considera factible la realización de dicho estudio, en donde, se abre paso a conocer los beneficios terapéuticos que se obtienen en la realización de ejercicios de alto impacto en pacientes con esclerosis múltiple de tipo remitente-recurrente como parte de su tratamiento.

Siendo la fisioterapia una parte esencial en el tratamiento de la esclerosis múltiple, la finalidad de esta investigación es mostrar mediante una revisión bibliográfica los beneficios terapéuticos del ejercicio de alto impacto en pacientes de 20 a 40 años con esclerosis múltiple de tipo remitente-recurrente.

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivo general.

- Explicar mediante una revisión bibliográfica los beneficios terapéuticos sobre el rendimiento físico del ejercicio de alto impacto en pacientes de 20 a 40 años con esclerosis múltiple de tipo remitente-recurrente.

2.3.2 Objetivos específicos.

- Describir el cuadro fisiopatológico de la esclerosis múltiple para entender el impacto sobre el rendimiento físico de los pacientes que lo padecen, en base a una búsqueda de múltiples fuentes bibliográficas.
- Identificar mediante una revisión bibliográfica el efecto sobre el rendimiento físico de los ejercicios de alto impacto en los pacientes de 20 a 40 años con esclerosis múltiple de tipo remitente-recurrente.
- Reconocer la dosificación del ejercicio de alto impacto para un correcto abordaje de pacientes de 20 a 40 años con esclerosis múltiple de tipo remitente-recurrente, por medio del análisis de variadas fuentes bibliográficas.

Capítulo III

Marco metodológico

En el presente capítulo se da a conocer el enfoque, tipo, método y diseño que se realizó para la investigación, donde se tomó en cuenta los materiales que se utilizaron para la recolección de información donde se incluyó artículos, libros y tesis que proporcionen información acerca de la esclerosis múltiple y todo lo que abarca la enfermedad, se presentan los criterios de inclusión y de exclusión que formaron parte en la delimitación de la búsqueda, donde se obtuvo información de utilizad y calidad para la investigación realizada.

3.1 Materiales

Este trabajo se realiza a través de la técnica documental, la cual consiste en un análisis sobre la información escrita acerca de un determinado tema, teniendo como propósito establecer relaciones, diferencias, etapas, posturas o estado actual del conocimiento con respecto al tema de objeto de estudio. Esta depende fundamentalmente de la información que se consulta en documentos (Bernal, 2010).

Los materiales empleados para realizar este trabajo fueron libros de esclerosis múltiple y ejercicio de alto impacto, artículos y revistas científicas de esclerosis múltiple y ejercicio de alto impacto, tratamientos fisioterapéuticos en la esclerosis múltiple.

Para la recolección de datos, las principales bases de datos fueron: Elsevier, PubMed, SciELO, Medigraphic, y libros digitales. Los cuales son bases de datos que ofrecen textos completos, índice y publicaciones periódicas académicas que cubren diferentes áreas de la ciencia y humanidades, así como, permiten localizar documentos académicos como artículos, tesis, libros y resúmenes de fuentes diversas como editoriales universitarias, asociaciones profesionales, repositorios, entre otros.

Bajo las palabras clave: esclerosis múltiple, esclerosis múltiple de tipo remitente-recurrente, ejercicio de alto impacto.

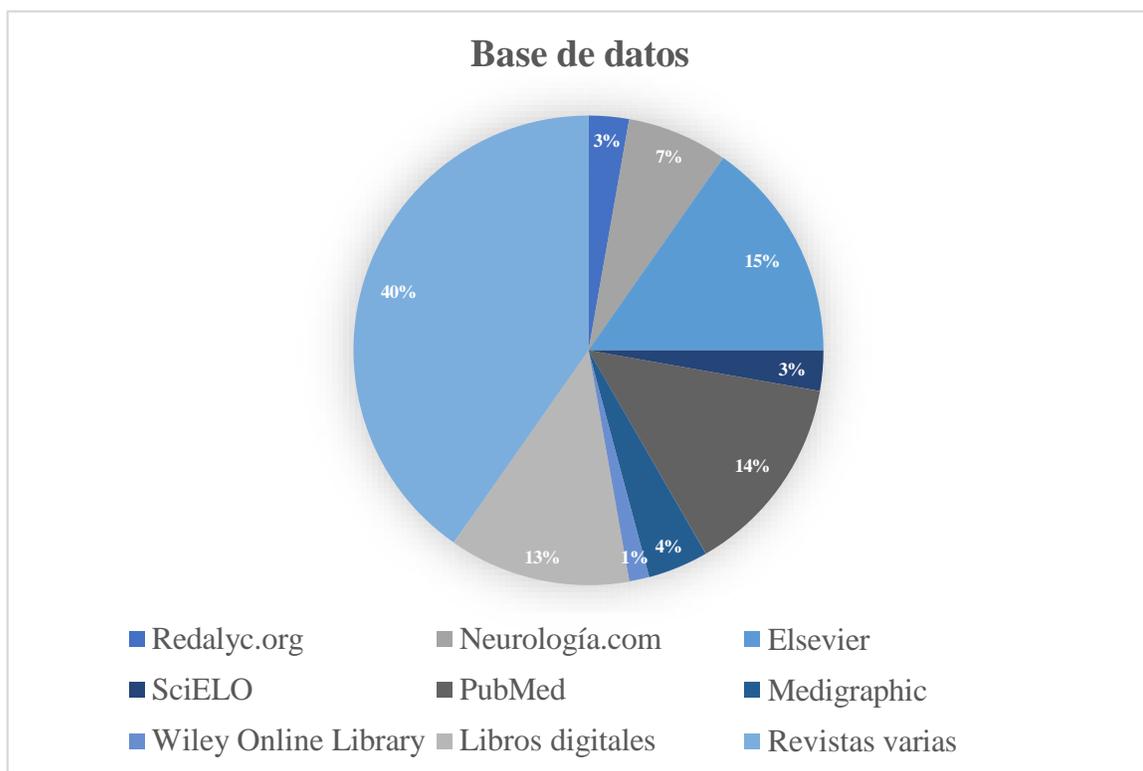


Figura 41 Gráfica de fuentes recolectadas

Fuente Elaboración propia

3.2 Métodos

Sabino en el 2014 hace mención que es el procedimiento que se utilizan para obtener conocimientos científicos, donde el modelo de trabajo o secuencia lógica que orienta la investigación científica a realizar.

3.2.1 Enfoque de investigación. Investigación Cualitativa. Por su enfoque metodológico y su fundamentación epidemiológica tiende a ser de orden descriptivo, orientado a estructuras teóricas. Utiliza preferentemente información cualitativa, descriptiva y no cuantificada (Tamayo, 2003).

La realización de esta tesis se enfoca en una investigación cualitativa debido a que se analiza de forma detallada la información recolectada de diversas fuentes donde su principal enfoque sea la esclerosis múltiple y el abordaje de la patología por medio de ejercicios de alto impacto, se busca resaltar la información de los diferentes autores para obtener una explicación detallada de estos mismos.

3.2.2 Tipo de estudio. Investigación Descriptiva. Comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o procesos de los fenómenos. El enfoque se realiza sobre las conclusiones dominantes o sobre cómo una persona, grupo o cosa se conduce o funciona en el presente. Trabaja sobre realidades de hecho, y su característica fundamental es la de presentarnos una interpretación correcta (Tamayo, 2003).

Según lo mencionado anteriormente este estudio se considera un estudio de tipo descriptivo debido a que se busca analizar la esclerosis múltiple mediante su definición, diagnóstico e intervenciones, donde se resalta la descripción del abordaje del paciente

mediante el ejercicio de alto impacto para obtener una mayor comprensión de los beneficios terapéuticos sobre el rendimiento físico de dichos pacientes.

3.2.3 Método de estudio. Análisis-Síntesis. El análisis consiste en la separación de las partes de esas realidades hasta llegar a conocer sus elementos fundamentales y las relaciones que existen entre ellos. La síntesis, por otro lado, se refiere a la composición de un todo por reunión de sus partes o elementos (Baena-Paz, 2017).

Se busca comprender mediante el presente estudio como la esclerosis múltiple actúa en los pacientes, que estructuras y funciones se ven afectadas mediante la enfermedad progresa, esto con el fin de resaltar los beneficios terapéuticos que se obtienen en la realización de un programa de ejercicios de alto impacto sobre el rendimiento físico de los pacientes diagnosticados con EM.

3.2.4 Diseño de investigación. No Experimental. Se define como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que se hace en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para analizarlos. En un estudio experimental no se genera ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente en la investigación que se realiza (Hernández et al., 2014).

La investigación es de tipo no experimental debido a que no se está manipulando ninguna población, a través de revisiones bibliográficas el objetivo es poder resaltar los beneficios terapéuticos sobre el rendimiento físico del ejercicio de alto impacto en pacientes de 20 a 40 años con esclerosis múltiple de tipo remitente-recurrente.

Esta investigación es de corte transversal que se realiza de junio a diciembre de 2022, describe las variables en un momento dado y se hace de manera observacional, el corte

transversal se refiere a investigaciones que recopilan datos en un momento único en el tiempo (Hernández- Sampieri et al., 2014).

3.2.5 Criterios de selección. Para la realización de la investigación se tomaron en cuenta los siguientes criterios de selección, donde se enlistan a continuación:

Tabla 20 Criterios de selección

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Artículos científicos con respaldo científico no mayores a 10 años de antigüedad.	Artículos científicos con respaldo científico mayores a 10 años de antigüedad.
Artículos, libros, tesis, publicaciones médicas del idioma español, inglés y portugués.	Artículos, libros, tesis, publicaciones médicas que no sean del idioma español, inglés y portugués.
Artículos científicos, tesis, publicaciones médicas, revistas médicas en las cuales su objeto de estudio sea la esclerosis múltiple.	Artículos científicos, tesis, publicaciones médicas, revistas médicas en las cuales su objeto de estudio no sea la esclerosis múltiple.
Artículos científicos, tesis, publicaciones médicas, revistas médicas en las cuales de mencione el ejercicio de alto impacto como método de tratamiento.	Artículos científicos, tesis, publicaciones médicas, revistas médicas en las cuales no se mencione el ejercicio de alto impacto como método de tratamiento.
Artículos científicos, tesis, publicaciones médicas, revistas médicas en las cuales se mencione el efecto en el rendimiento físico en los pacientes con esclerosis múltiple.	Artículos científicos, tesis, publicaciones médicas, revistas médicas en las cuales no se mencione el efecto en el rendimiento físico en los pacientes con esclerosis múltiple.
Artículos, guías, tesis, publicaciones médicas, revistas médicas en las cuales se hable del ejercicio.	Artículos, guías, tesis, publicaciones médicas, revistas médicas en las cuales no se hable del ejercicio.

Libros no mayores de 20 años.	Libros mayores de 20 años.
Artículos científicos, tesis, publicaciones médicas, revistas médicas en donde la población de estudio tuviera las edades comprendidas de 20 a 40 años.	Artículos científicos, tesis, publicaciones médicas, revistas médicas en donde la población de estudio no tuviera las edades comprendidas de 20 a 40 años.

Fuente: *Elaboración propia*

3.3 Variables

Se define como una “Propiedad que tiene una variación que puede medirse u observarse” (Hernández-Sampieri et al., 2014, p. 105).

3.3.1 Variable independiente. Se le denomina independiente “Cuando se presume que es causa de la presencia o manifestación de la variable dependiente” (Oyola y Enrique, 2021, p.91). Siendo la variable independiente de este estudio, el ejercicio de alto impacto.

3.3.2 Variable dependiente. Se define como dependiente “Cuando se presume que es el posible efecto o el resultado de la presencia o manifestación de la variable independiente. Es el centro de máxima atención del estudio” (Oyola y Enrique, 2021, p.91). Siendo la variable dependiente de esta investigación, el rendimiento físico sobre los pacientes con esclerosis múltiple.

3.3.3 Operacionalización de variables. Al proceso de llevar una variable de una forma abstracta a una presentación más concreta se le conoce como “operacionalización” y su función es precisar al máximo el significado que se le otorga a una variable en un determinado estudio a realizar, es un proceso donde se señala como se tomarán las medidas empíricas, no es un procedimiento solamente técnico, carente de teoría, sin esta operacionalización, la descripción y la técnica misma no tendría un sentido (Pineda et al, 1994).

Tabla 21 Operacionalización de las variables

Tipo	Nombre	Definición conceptual	Definición operacional	Fuentes
Independiente	Ejercicio de alto impacto	Es la realización de un ejercicio los 7 días en la semana de cualquier combinación de caminata o actividades de moderada o alta intensidad logrando un mínimo de 3,000 MET-min/semana. Se reporta una actividad vigorosa al menos 3 días a la semana alcanzado al menos 1,500 MET.min/semana	Se ha demostrado múltiples beneficios terapéuticos a nivel del rendimiento físico en los pacientes con esclerosis múltiple en donde ayuda a conservar la fuerza y movilidad de los pacientes por mayor tiempo.	Serón et al., 2010
Dependiente	Rendimiento físico	Es la capacidad de producción de energía del sistema musculoesquelético para la realización de una actividad, determinada principalmente por la genética, donde su mejora se da por medio del entrenamiento.	En los pacientes con esclerosis múltiple se encuentra afectado el sistema musculoesquelético en donde existe una alteración del rendimiento físico, dado principalmente por la disminución de la fuerza y movilidad conforme va avanzando la enfermedad.	Kisner y Colby, 2005.

Fuente: *Elaboración propia con información recolectada de* Serón et al., 2010 y Kisner y Colby,

Capítulo IV

Resultados

En el siguiente capítulo se expone los resultados obtenidos de la investigación, se responden los objetivos planteados mediante la búsqueda de diferentes artículos basando la búsqueda en las variables dependiente e independiente de la investigación, se presenta la discusión de dichos resultados y la conclusión después de realizar un análisis exhaustivo de la información obtenida, se presentan las perspectivas y/o aplicaciones a tomar en cuenta para los futuros investigadores.

4.1 Resultados

Para presentar los resultados de la investigación se toma en cuenta la variable independiente “ejercicios de alto impacto” y la variable dependiente de la investigación “rendimiento físico en los pacientes con esclerosis múltiple”, donde se realiza una revisión de diversos artículos que tomen en cuenta dichas variables.

Primer objetivo. Cuadro fisiopatológico de la esclerosis múltiple para entender el impacto sobre el rendimiento físico de los pacientes que lo padecen, en base a una búsqueda de múltiples fuentes bibliográficas.

Martínez et al., en el **2015** en su artículo denominado revisión de la esclerosis múltiple (1). A propósito de un caso, el cual fue realizado a través del estudio de un caso clínico de una paciente femenina de 33 años por presentar cuadro de 2 meses de evolución de parestesias y pérdida de fuerza en miembro inferior derecho, ocasionando alteraciones en la marcha. Además, refiere visión borrosa y fatiga intensa, a raíz de este caso se menciona que la esclerosis múltiple es una enfermedad desmielinizante del sistema nervioso central, provocada por la destrucción de las vainas de mielina, a causa de macrófagos, linfocitos T CD8 y microglía que atacan a los Oligodendrocitos.

Se produce una pérdida axonal en cada episodio inflamatorio, sin la protección de la mielina la membrana axonal queda descubierta, generando cambios en el potencial de acción de la membrana y en la distribución de los canales iónicos, sin mielina la conducción es continua más lenta. Las manifestaciones de la esclerosis múltiple varían dependiendo de la zona del sistema nervioso donde se producen las lesiones, la debilidad muscular es uno de los síntomas más frecuentes siendo el resultado de la degradación progresiva de la mielina y las fibras nerviosas. Los daños que se producen interrumpen la transmisión de las señales nerviosas a los músculos responsables del movimiento.

Capone et al., en su estudio realizado en el **2019** denominado *Fatigue in multiple sclerosis: The role of thalamus*, relacionaron la fatiga con una disfunción subcortical centrada en el tálamo, se basaron en la revisión de diferentes neuroimágenes y estudios para realizar dicha investigación, donde encontraron que la federación internacional de esclerosis múltiple de Italia menciona que existen 2 tipos de fatiga, la fatiga física que es caracterizada por la debilidad muscular y la dificultad de realizar diferentes tareas, la fatiga cognitiva caracterizada por la dificultad en pensar, concentración y memoria, la fatiga en

los pacientes tiene un origen central ocasionada por una disfunción de los circuitos entre el tálamo, el ganglio basal y la corteza.

En la EM, la evidencia demuestra una desmielinización, inflamación y neurodegeneración (pérdida neuronal, disminución del tamaño de las neuronas y daño axonal) a nivel del tálamo, el cual ocurre en etapas tempranas de la enfermedad y puede estar relacionado con un daño primario o un daño ocasionado en sus fibras por una degeneración walleriana. La idea de que el tálamo puede estar involucrado en la fisiopatología de la fatiga está basada en la atrofia y la pérdida de volumen que sufre el tálamo, los ganglios basales y la corteza frontal-parietal en la EM junto con la desmielinización y la pérdida axonal, la cual nace como un acto compensatorio del aumento de la actividad de las conexiones neuronales entre el tálamo, los ganglios basales y la corteza como resultado de mantener una funcionalidad normal y esperada en el cuerpo.

Manjaly et al., en el año **2019** en su estudio *Pathophysiological and cognitive mechanisms of fatigue in multiple sclerosis*, discutieron el origen de la fatiga en los pacientes con EM donde se afirma que la fisiopatología de la fatiga en la esclerosis múltiple se puede dividir en 4 categorías, la primera es el daño estructural en la sustancia blanca y la sustancia negra de la corteza las cuales están diseminadas en el espacio y tiempo, en donde en la sustancia blanca se empiezan a presentar desmielinización e inflamación que conduce a un daño axonal y una degeneración progresiva, se especifica una disrupción de la comunicación entre las regiones cerebrales con las funciones de relevancia para la fatiga como es la ejecución y planificación motora, adicional en la sustancia negra las lesiones que se presentan son un resultado de la desmielinización cortical por la inflamación subpial, una degeneración neuronal retrógrada tras la transección axonal y mecanismos

degenerativos debido a una lesión oxidativa, lo cual produce una atrofia cerebral que conduce a la fatiga presentada por los pacientes.

La segunda es un proceso inflamatorio en el sistema nervioso central donde la fatiga nace de los fármacos utilizados para reducir la inflamación como un efecto adverso al medicamento, la tercera es una incorrecta adaptación neuronal debido a las lesiones e inflamación producida con anterioridad en el SNC donde para mantener las funciones cognitivas a pesar de la lesión producida y la inflamación presente, que conllevo a una pérdida de conexiones neuronales funcionales, el SNC busca compensar el reclutamiento neuronal que pueda ser necesario en regiones adicionales que normalmente no contribuyen o no se activan al realizar una tarea en particular o realiza una sobreactivación de las áreas específicas para realizar una acción.

Por último, la interorecepción de los estados dishomeostáticos, donde se hace mención que la fatiga en los pacientes con EM es debido a que el cerebro no está ejerciendo el control sobre los estados corporales y no tiene ninguna acción a su disposición para superar un estado de dishomeostasis, donde la fatiga corresponde a la respuesta del cerebro como señal de que se está perdiendo la funcionalidad en realizar las acciones anteriormente ejecutadas con facilidad.

También se sugiere que la fatiga nace como una respuesta del sistema sensoromotor donde este concepto asume que la disminución de la atenuación sensorial durante la ejecución de los movimientos conduciría a errores de predicción propioceptivas, lo que requiere que el cerebro concluya que los movimientos requieren más esfuerzo de lo previsto. Por lo tanto, la fatiga es una consecuencia directa del esfuerzo percibido inesperadamente alto durante los movimientos (sorpresa propioceptiva) como causa cognitiva de fatiga.

Segundo objetivo. Efecto sobre el rendimiento físico de los ejercicios de alto impacto en los pacientes de 20 a 40 años con esclerosis múltiple de tipo remitente-recurrente, mediante una revisión bibliográfica.

Wens et al., en el año **2015** en su estudio *High Intensity Exercise in Multiple Sclerosis: Effects on Muscle Contractile Characteristics and Exercise Capacity, a Randomised Controlled Trial*, realizaron a través de un estudio aleatorizado de pacientes con esclerosis múltiple, por un lado, un grupo control sedentario (SED, n = 11) y dos grupos que realizaron 12 semanas de ejercicio de alto impacto + entrenamiento de resistencia (HITR, n = 12). Después de mediciones basales, se inscribieron ambos grupos a un programa de entrenamiento controlado y supervisado para aumentar la capacidad cardiorrespiratoria, así como la fuerza de los principales grupos musculares, participaron en 5 sesiones cada 2 semanas. El primer grupo comenzó cada sesión con un calentamiento de 5 minutos en un cicloergómetro, seguido así de un entrenamiento de intervalos de ciclos de alta intensidad.

Durante las primeras 6 semanas, la duración del ejercicio fue aumentando gradualmente de 5 x 1 min, intercalado por intervalos de descanso de 1 min, a 5 x 2 min y 1 min de descanso. El segundo grupo comenzó con un calentamiento consistente en ciclismo y caminadora. La duración de la sesión e intensidad del ejercicio aumentaron gradualmente, desde 1 x 6 min/sesión hasta 2 x 10 min/sesión, con una alta carga de trabajo, correspondiendo al 80 – 90% de la frecuencia cardíaca máxima, según las capacidades individuales, donde se encontraron que, a comparación con el SED, 12 semanas de ejercicio de alto impacto aumentaron la media de fibra CSA.

Además, la CSA tipo fibra I aumentó en el segundo grupo, mientras que la CSA tipo II y IIa aumentaron en el primer grupo. La fuerza muscular mejoró en ambos grupos y el porcentaje de grasa corporal disminuyó, de igual forma, la capacidad de resistencia y la masa de tejido magro aumentaron solo en el primer grupo. Concluyendo así, que el ejercicio de alto impacto combinado con el entrenamiento de resistencia fueron seguros, bien tolerados, mejorando las características contráctiles musculares y rendimiento físico en la esclerosis múltiple.

Hubbard et al., 2019 en su estudio *Acute High-Intensity Interval Exercise in Multiple Sclerosis with Mobility Disability*, realizaron una comparación de los efectos fisiológicos de sesiones individuales de ejercicio de alto impacto y ejercicios aeróbicos continuos en 20 personas con esclerosis múltiple con discapacidad de movilidad. Los ejercicios de alto impacto incluyeron 10 ciclos con intervalos asociados al 90% VO₂peak, seguidos de intervalos de recuperación de un minuto.

Las sesiones de ejercicios aeróbicos continuos consistieron en 20 minutos con una tasa de trabajo asociada al 50 – 60% VO₂peak. Los resultados del estudio demostraron que los participantes durante los intervalos de alta intensidad trabajaron a una potencia estadísticamente significativa superior a la prescrita. El consumo durante los ejercicios de HIIT fue del 75,1% y 91,2% del VO₂peak. Por otro lado, en los ejercicios aeróbicos continuos fue del 63,1% y 73,8% del VO₂peak, respectivamente.

La frecuencia cardíaca media y máxima en el grupo de HIIT fue del 82,9% y 92,6% de la HRPeak. En el grupo de ejercicio aeróbico continuo la frecuencia cardíaca media y máxima fue del 78,5% y del 81,5% de la HRPeak. Las sesiones del ejercicio HIIT aumentaron de una forma significativa ciertas características fisiológicas y perceptuales

tales como los niveles de oxígeno, el esfuerzo físico, relación de intercambio respiratorio. En conjunto, los datos indican que, aunque las sesiones de los ejercicios de HIIT fueron más intensas, fueron toleradas y no hubo hallazgos adversos en relación con la sesión de ejercicios de ejercicio aeróbico continuo.

Derikx et al., en 2022 en su artículo denominado *High-volume and high-intensity functional training in patients with multiple sclerosis: a pilot study on feasibility and functional capacity*, realizaron un estudio de casos con 15 pacientes diagnosticados con esclerosis múltiple mayores de 18 años donde pudieran caminar mínimo 20 metros con ayuda donde en la escala EDSS tuvieran un puntaje menor o igual a 6.5. El estudio incluyó una intervención de 12 semanas con un período de seguimiento de 8 semanas, en donde cada intervención consistió de 3 sesiones de entrenamiento semanales por un tiempo de 3 h, se incluyeron entrenamiento de resistencia funcional, resistencia y entrenamiento de habilidades, donde además del entrenamiento los pacientes tenían 30 minutos de una sesión de fisioterapia una vez a la semana para monitorear y explicar el entrenamiento realizado en el estudio, los pacientes se dividieron en grupos pequeños (n=2-6) donde fueron supervisados por fisioterapeutas con experiencia previa y terapeutas deportivos.

Se evaluaron la viabilidad (cuestionario), la capacidad funcional (Time Up and Go Test, 10-Meter Walk Test y 6-Minute Walk Test), la capacidad aeróbica (prueba de ejercicio cardiopulmonar) y la fuerza muscular (1 repetición máxima (RM)). El entrenamiento de potencia inició con 5 ejercicios cíclicos realizados lo más rápido posible (sentadilla, press de banca, pull-over, rotación de barras y prensa de piernas explosiva). Después de 2 semanas, estos ejercicios se cambiaron a ejercicios cíclicos y balísticos (wall-ball, push up, slam ball, twist ruso y (box) jump).

Los pacientes realizaron ejercicios lo más rápido posible, a 12-16 RM, 4 conjuntos, compuestos de 10 repeticiones por conjunto. El estudio realizado por Derikx et al., en 2022, el entrenamiento de alto impacto en pacientes con esclerosis múltiple es factible debido a que mejora la capacidad aeróbica, capacidad funcional y la fuerza muscular, la movilidad de los pacientes se vio aumentada en un 20%, donde la velocidad de la marcha se vio aumentada después del programa de entrenamiento junto con la resistencia a la hora de caminar donde el 23% mencionó una mejoría significativa. La capacidad aeróbica mejoró en un 16% y la fuerza muscular a un 10% y en cuestión de la fatiga no parece exacerbarse en los pacientes.

Tercer objetivo. Dosificación del ejercicio de alto impacto para un correcto abordaje de pacientes de 20 a 40 años con esclerosis múltiple de tipo remitente-recurrente, por medio del análisis de variadas fuentes bibliográficas.

Patt et al. en el año **2021** en su estudio denominado *High-intensity interval training and energy management education, compared with moderate continuous training and progressive muscle relaxation, for improving health-related quality of life in persons with multiple sclerosis: study protocol of a randomized controlled superiority trial with six months' follow-up*, realizaron un ensayo de superioridad controlado, aleatorizado en 106 PwMS (personas con esclerosis múltiple) mayores de 18 años con un puntaje menor o igual a 6.5 en EDSS, los pacientes fueron derivados para tres semanas de rehabilitación en la clínica Valens, ubicada en Suiza.

Los pacientes se dividieron en 2 grupos con 53 participantes cada grupo, un grupo experimental y el otro un grupo de control, el grupo experimental realizaron *impatient energy management education (IEME)* en 2 días y *high intensity interval training (HIIT)* 3

días a la semana. Los participantes del grupo de control realizaron *progressive muscle relaxation* (PMR) 2 días y *moderate continuous training* (MCT) 3 días a la semana.

Donde se encontraron que los ejercicios de alto impacto (HIIT) consisten en ciclos controlados fisiológicamente por la frecuencia cardíaca, en este estudio demuestra un correcto abordaje de este, el cual inicia en un cicloergómetro a 80 – 100 revoluciones por minuto (rpm) con un 95 – 100 de FC máx. los participantes realizaron cinco sesiones de ejercicio intensivo de 1.5 min a 95 – 100 % de FC máx. seguidos de descansos activos de pedaleo durante 2 min, con el objetivo de alcanzar el 60 % de FC máx.

Zaenker et al. en el año **2018** publicaron el artículo denominado *High-intensity interval training combined with resistance training improves physiological capacities, strength and quality of life in multiple sclerosis patients: a pilot study*, incluyeron personas con esclerosis múltiple ambulatorias y capaces de realizar ejercicio. 26 personas completaron el estudio y fueron clasificadas en dos grupos de acuerdo con la gravedad de su discapacidad utilizando el Extended Disability Status Score (EDSS). Hubo 18 pacientes en el grupo I (EDSS 0 – 3) y 8 en el grupo II (EDSS 3.5 – 5), de igual manera, fueron clasificados en dos grupos de acuerdo con su género (19 mujeres y 7 hombres).

Los pacientes participaron en un entrenamiento personalizado de 12 semanas donde las primeras 4 semanas los pacientes realizaban un entrenamiento de resistencia una vez a la semana dirigido principalmente a su resistencia aeróbica y un entrenamiento de resistencia enfocado en el uso del peso corporal para cuádriceps e isquiosurales una vez por semana. Esta sesión incluyó un calentamiento de 10 minutos a la frecuencia cardíaca correspondiente al umbral anaeróbico (aproximadamente el 55 % del VO₂peak) entrenamiento interválico de 1 minuto entre el 90% y el 110 % de maximal tolerated power

(MTP) seguido de 3 minutos de recuperación a baja velocidad para volver al umbral anaeróbico de la frecuencia cardíaca.

El entrenamiento se realizó 5 veces, con 5 minutos de recuperación en el cicloergómetro en el umbral anaeróbico de la frecuencia cardíaca establecida. Esto fue seguido por un descanso de 5 minutos. Cada sesión constó de 4 ejercicios, dos para los isquiosurales y 2 para cuádriceps. La intensidad del trabajo se incrementó progresivamente de 4 series de 10 repeticiones a 5 series de 15 repeticiones, cada sesión terminó con 15-20 minutos de estiramiento de miembros inferiores.

De igual forma, se demostró que el ejercicio de alta intensidad fue bien tolerado por pacientes con esclerosis múltiple. El ejercicio de alta intensidad junto con entrenamiento de resistencia puede ser una alternativa segura y puede mejorar significativamente las capacidades de resistencia, fuerza muscular y calidad de vida.

Farup et al. realizaron un estudio en el año **2016** denominado *High Intensity Training May Reverse the Fiber Type Specific Decline in Myogenic Stem Cells in Multiple Sclerosis Patients*, se incluyeron 23 pacientes con esclerosis múltiple diagnosticados según los criterios de McDonald y 18 con controles sanos, > 18 años, tras haber firmado un consentimiento informado. Por otro lado, se excluyeron personas con otros trastornos o mujeres embarazadas.

Las personas fueron aleatorizadas en uno de los dos grupos de ejercicio que realizaron 12 semanas de ejercicio de alta intensidad + entrenamiento de resistencia (HITR, n = 12) o ejercicio continuo de alta intensidad + entrenamiento de resistencia (HCTR, n = 11). El entrenamiento de alta intensidad se realizó durante las primeras 6 semanas donde la

duración del ejercicio aumentó de forma gradual de 5 x 1 min, intercalados por intervalos de descanso de 1 minuto a 5 intervalos de descanso de 2 minutos y 1 minuto.

La intensidad del ejercicio se definió con la frecuencia cardiaca, correspondiente al 100 % de la carga máxima obtenida durante la prueba inicial. Durante las 6 semanas, la duración del ejercicio se mantuvo estable en 5 x 2 min y la carga de trabajo aumentó hasta alcanzar un nivel correspondiente al 100 – 120 % de la carga de trabajo máxima.

4.2 Discusión

Capone et al., en el año 2019 realiza un estudio dedicado al origen de la fatiga, se relaciona que la fatiga nacía de un origen central ocasionado por la disfunción de los circuitos del tálamo, ganglios basales y la corteza, esto por la atrofia y la pérdida de volumen que sufren dichos órganos y la desmielinización junto con la pérdida axonal, sin embargo, Manjaly et al., en el 2019 afirma que el origen de la fatiga de los pacientes con EM nace de 4 categorías importantes siendo la primera el daño estructural a nivel de la sustancia blanca y la sustancia negra de la corteza, el proceso inflamatorio en el sistema nervioso central, por la incorrecta adaptación neuronal por las lesiones e inflamación producida con anterioridad en el sistema nervioso central y por la interorecepción de los estados dishomeostáticos donde la fatiga nace porque el cerebro no está ejerciendo el control sobre los estados corporales.

Wens et al., en 2015 refiere que gracias a los ejercicios de alto impacto se aumenta la fuerza muscular y el porcentaje de grasa corporal disminuye, se mejoran las características contráctiles musculares y el rendimiento físico de los pacientes con esclerosis múltiple, sin embargo, Hubbard et al., en el año 2019 menciona que el ejercicio de alto aumenta significativamente ciertas características fisiológicas y perceptuales de los pacientes con

esclerosis múltiple, tales como los niveles de oxígeno, el esfuerzo físico, y la relación de intercambio respiratorio, todo esto, favoreciendo así la fuerza muscular del paciente.

Wens et al., en el 2015 refiere que se ve una mejoría de la fuerza muscular gracias a los ejercicios de alto impacto combinado con ejercicios de resistencia en los pacientes con EM, sin embargo, Derikx et al., en el 2022 refiere que existe una mejoría en la capacidad aeróbica del 16% y en la capacidad funcional donde se ve aumentada la movilidad del 20% junto con la velocidad de la marcha realizando solo ejercicios de alto impacto sin combinarlo con otro entrenamiento.

Patt et al., en el año 2021 refiere en su estudio que la dosificación del ejercicio de alto impacto en los pacientes con EM consiste en ciclos controlados por la frecuencia cardíaca, donde se inicia en un cicloergómetro a 80 – 100 revoluciones por minuto con un 95- 100% de FC junto con dos descansos activos de pedaleo durante 2 minutos, sin embargo, Zaenker et al., en el 2018 refiere que el entrenamiento debe incluir un calentamiento de 10 minutos teniendo en cuenta que la frecuencia cardíaca no aumente del 55%, se debe de realizar un entrenamiento interválico de 1 minuto entre el 90 al 110% del *maximal tolerated power*, seguido de 3 minutos de recuperación a baja velocidad, el entrenamiento se debe de realizar 5 veces con 5 minutos de recuperación en el cicloergómetro con un descanso de 5 minutos.

Farup et al., en el año 2016 menciona que el entrenamiento de alta intensidad se debe de realizar por 6 semanas en donde se contrapone a Zaenker et al., en el 2018 que menciona que el entrenamiento de alta intensidad debe de realizarse por un mínimo de 12 semanas.

4.3 Conclusiones

Con base a los resultados, se responde a la pregunta planteada al inicio de la investigación sobre cuáles son los beneficios terapéuticos del ejercicio de alto impacto en

pacientes de 20 a 40 años con esclerosis múltiple de tipo remitente-recurrente, en donde se obtienen las siguientes conclusiones:

- Los diferentes síntomas de la esclerosis múltiple a menudo conducen a los pacientes a un estilo de vida más sedentario. Desencadenando una pérdida de la capacidad de ejercicio y la fuerza muscular relacionada con el desuso, afectando así, el día a día de cada persona que la padece.
- A través de diferentes revisiones bibliográficas, se evidencia que el ejercicio de alto impacto ha sido considerado como un método para el manejo general de los síntomas, reportándose así, mejoras en la tolerancia al ejercicio, la fuerza muscular, la capacidad funcional y la calidad de vida.
- El ejercicio de alto impacto ha sido un modelo de intervención seguro y eficaz en las personas con esclerosis múltiple de tipo remitente-recurrente con un puntaje menor o igual a 6.5 en EDSS, con una dosificación en donde se alcance el 95 – 100 % de la frecuencia cardíaca máxima y sea realizado entre 6 a 12 semanas. Por otro lado, aún se requiere de más investigación para determinar su viabilidad en personas con esclerosis múltiple progresiva y con mayor nivel de discapacidad.

4.4 Perspectivas y/o aplicaciones prácticas

Se hace énfasis que es necesaria la realización de más investigaciones en Guatemala acerca de la esclerosis múltiple, esto con el fin de obtener una epidemiología clara de los pacientes a nivel nacional, y así, poder poner en práctica los beneficios terapéuticos que existen en la realización de los ejercicios de alto impacto en esta población.

Se busca que en un futuro se pueda implementar una base de datos donde se pueda encontrar protocolos sobre los ejercicios de alto impacto establecidos para los pacientes diagnosticados con esclerosis múltiple, debido a que la mayoría de los artículos engloban de manera general los ejercicios de alto impacto sin especificar un tipo de ejercicio a realizar.

La presente investigación puede ser útil para todas las personas a las que les interese conocer más acerca de la esclerosis múltiple, sobre todo, puede ser un medio de información para profesionales de la salud, fisioterapeutas y estudiantes de fisioterapia que deseen instruirse sobre su fisiopatología, cómo progresivamente va afectando la calidad de vida de las personas que la padecen y una alternativa para su abordaje.

Referencias

- Aguilar, P., Castillo, R., Ceballos, M., Colorado, H., Espinosa, J., Flores, F., García, S., García, L., ... (2019, 25 septiembre). Consenso para el diagnóstico y tratamiento de la esclerosis múltiple en pacientes del ISSSTE. *Medicina Interna de México*, 35(5). <https://www.medigraphic.com/pdfs/medintmex/mim-2019/mim195k.pdf>
- Alemán, J. A., de Baranda Andújar, P. S., & Ortín, E. J. O. (2014). *Guía para la prescripción de ejercicio físico en pacientes con riesgo cardiovascular*. Seh-Lelha.
- Álvarez, J., Arroyo, R., Casanova, V., Comabella, M., García, J., Hernández, M., Izquierdo, G., Martínez, . . . (2014, julio). Guía oficial de práctica clínica en esclerosis múltiple. *Guías diagnósticas y terapéuticas de la Sociedad Española de Neurología*. https://www.sen.es/pdf/guias/Guia_oficial_de_practica_clinica_en_esclerosis_multiple_2014.pdf
- Ares-Benítez, I., Luque-Moreno, C., Alonso-Enríquez, L., Moral-Muñoz, J. A., Lucena-Anton, D., Izquierdo-Ayuso, G. & Granja-Domínguez, A. (2021, julio). Fisioterapia y danza española en la reeducación de las alteraciones de la marcha en esclerosis múltiple: a propósito de un caso. *Revista Científica de la Sociedad Española de Enfermería Neurológica*, 54, 46-50. <https://doi.org/10.1016/j.sedene.2020.03.002>
- Arteaga, A., Cortés, E., Castro, J. & Gutiérrez, J. (2020, marzo). Tratamiento sintomatológico de la esclerosis múltiple. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica.*, 39(2), 140-152. https://www.revistaavft.com/images/revistas/2020/avft_2_2020/1_trataiento_sintomatológico.pdf
- Baena, G. (2017). Metodología de la investigación. Recuperado de http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf
- Bartolomé, I., García, L., Otxoa, E., Brunet, E., Gómez, R. & Fernández, M. (2018). Guía de ejercicios sobre espasticidad en esclerosis múltiple. *Almirall*, 1(1), 1-41. https://www.esclerosismultiple.com/ftp_publico/Guia_EjerciciosEspasticidadEM.pdf

- Bártulos Iglesias, M., Marzo Sola, M., Estrella Ruiz, L., & Bravo Anguiano, Y. (2015, noviembre). Estudio epidemiológico de la esclerosis múltiple en La Rioja. *Neurología*, 30(9), 552-560. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2014.04.016>
- Bernal, F., Peralta, A., Gavotto, H. & Placencia, L. (2014, 30 diciembre). Principios de entrenamiento deportivo para la mejora de las capacidades físicas. *Biotecnia*, 16(3), 42.
- Bovis, F., Signori, A., Carmisciano, L., Maietta, I., Steinerman, J. R., Li, T., Tansy, A. P. & Sormani, M. P. (2018, octubre). Expanded disability status scale progression assessment heterogeneity in multiple sclerosis according to geographical areas. *Annals of Neurology*, 84(4), 621-625. <https://doi.org/10.1002/ana.25323>
- Capone, F., Collorone, S., Cortese, R., Di Lazzaro, V., & Moccia, M. (2020). Fatigue in multiple sclerosis: The role of thalamus. *Multiple sclerosis (Houndmills, Basingstoke, England)*, 26(1), 6–16. <https://doi.org/10.1177/1352458519851247>
- Cárdenas Robledo, S., Otero Romero, S., Montalbán Gairin, X. & Tintoré Subirana, M. D. M. (2020). Prevalencia e impacto de las comorbilidades en pacientes con esclerosis múltiple. *Revista de Neurología*, 71(04), 151. <https://doi.org/10.33588/rn.7104.2020095>
- Carrera-Pineda, Raúl, & Martínez-Cortés, Carlos, & Bertado-Cortés, Brenda, & Villamil-Osorio, Lyda, & Guerrero-Cantera, José (2016). Características clínicas y demográficas de los pacientes con esclerosis múltiple. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 54(2),186-190. [fecha de Consulta 13 de septiembre de 2022]. ISSN: 0443-5117. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457746954011>.
- Castellano-del Castillo, M., Lacasa-Andrade, M., Hijós-Bitrián, E., Mambrona-Girón, L., Sebastián-Vigatá, E. & Vázquez-Sasot, A. (2014, enero). Efectividad de la rehabilitación en la esclerosis múltiple. *Rehabilitación*, 48(1), 46-53. <https://doi.org/10.1016/j.rh.2013.03.006>
- Collins, C. D., Ivry, B., Bowen, J. D., Cheng, E. M., Dobson, R., Goodin, D. S., Lechner-Scott, J., Kappos, L. & Galea, I. (2016, 20 julio). A comparative analysis of Patient-Reported Expanded Disability Status Scale tools. *Multiple Sclerosis Journal*, 22(10), 1349-1358. <https://doi.org/10.1177/1352458515616205>

- Correa, E., Sánchez, E., Torres, G., Masabanda, L., Baño, G., Altamirano, M., Santos, D., Caiza, F., Ortega, A., Paredes, V., García, M. & Guillén, F. (2018). Factores pronósticos de la esclerosis múltiple. *Revista Ecuatoriana de Neurología*, 27(1), 62-71. <http://revecuatneurol.com/wp-content/uploads/2018/09/Factores-Pronósticos-de-la-Esclerosis-Múltiple.pdf>
- Corredor, F. O., Roncancio, M. R. & Pulido, J. C. M. (2016). Texto de medicina física y rehabilitación. Madrid, España: Alianza Editorial.
- Covo, P. (2015). Introducción a la historia de la esclerosis múltiple. *Acta Neurológica Colombiana*, 31(1), 119-124. <https://doi.org/10.22379/2422402217>
- Cristiano, E., Patrucco, L., Ysraelit, M. C., Alonso, R., Balbuena, M. E., Ballario, C., Barboza, A. G., Bestoso, S., . . . (2021). Consenso sobre la identificación y seguimiento de la esclerosis múltiple secundaria progresiva en Argentina. *Revista de Neurología*, 72(01), 23. <https://doi.org/10.33588/rn.7201.2020379>
- Cuesta Hernández, M. & Calle Pascual, A. L. (2013, junio). Beneficios del ejercicio físico en población sana e impacto sobre la aparición de enfermedad. *Endocrinología y Nutrición*, 60(6), 283-286. <https://doi.org/10.1016/j.endonu.2013.03.003>
- Cuevas-García, C. (2017). Esclerosis múltiple: aspectos inmunológicos actuales. *Revista Alergia México*, 64(1), 76-86. <https://doi.org/10.29262/ram.v64i1.253>
- Cuevas-García, C. F., Segura-Méndez, N. H., & Herrera-Sánchez, D. A. (2018, 13 septiembre). Actualidades en la Inmunopatología de la esclerosis múltiple. *Gaceta de México*, 154(5). <https://doi.org/10.24875/gmm.18003407>
- Derikx, T., Brands, I., Goedhart, A. T., Hoens, W. H., Heijenbrok-Kal, M. H., & VAN DEN Berg-Emons, R. (2022). High-volume and high-intensity functional training in patients with multiple sclerosis: a pilot study on feasibility and functional capacity. *Journal of rehabilitation medicine. Clinical communications*, 5, 2047. <https://doi.org/10.2340/jrmcc.v5.2047>
- Domínguez, R., Morales, M., Rossiere, N., Olan, R. & Gutiérrez, J. (2012, septiembre). Esclerosis múltiple: revisión de la literatura médica. *Facultad de Medicina de la UNAM*, 55(5), 26-35. <https://www.medigraphic.com/pdfs/facmed/un-2012/un125e.pdf>

- Farup, J., Dalgas, U., Keytsman, C., Eijnde, B. O. & Wens, I. (2016). High Intensity Training May Reverse the Fiber Type Specific Decline in Myogenic Stem Cells in Multiple Sclerosis Patients. *Frontiers in Physiology*, 7.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00193>
- Federación Internacional de Esclerosis Múltiple (2020, septiembre). *Datos y cifras fundamentales acerca de la esclerosis múltiple* (N.º1). Federación Internacional de Esclerosis Múltiple. https://www.msaustralia.org.au/wp-content/uploads/2021/09/msa-key-facts-figures-2020_spanish_final.pdf
- Federación Internacional de Esclerosis Múltiple. (2020, septiembre). *Mapa mundial de esclerosis múltiple: Las conclusiones epidemiológicas más importantes* (N.º 3). Federación Internacional de Esclerosis Múltiple. <https://www.msif.org/wp-content/uploads/2020/10/Atlas-Epidemiology-report-Sept-2020-Final-ES.pdf>
- Fernández Fernández, S., Tintoré Subirana, M. D. M., Saiz Hinarejos, A., Calles Hernández, M. C., Comabella López, M., Ramió Torrentà, L., Oterino Durán, A., Izquierdo Ayuso, G ... (2018). Revisión de las novedades del CongresoECTRIMS 2017, presentadas en la X Reunión Post-ECTRIMS (I). *Revista de Neurología*, 67(01), 15. <https://doi.org/10.33588/rn.6701.2018192>
- García López, F., García-Merino, A., Alcalde-Cabero, E., & de Pedro-Cuesta, J. (2022, junio). Incidencia y prevalencia de la esclerosis múltiple en España. Una revisión sistemática. *Neurología*. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2022.02.006>
- Garner, O., Donaire, A., Ramírez, A., Wagner, S. & Rivera, V. (2015). Esclerosis múltiple: Una revisión; el desafío en honduras. *Revista médica honduras*, 83, 66-73.
<http://www.bvs.hn/RMH/pdf/2015/pdf/Vol83-1-2-2015-16.pdf>
- Gómez Gómez, M. C., & Navarro Palomares, S. (2020, 4 mayo). La esclerosis múltiple: concepto, historia e implicaciones en la escuela. *Revista sobre la infancia y la adolescencia*, 18, 1. <https://doi.org/10.4995/reinad.2020.11870>
- Gómez Vega, J. C., Ocampo-Navia, M. I. & Acevedo González, J. C. (2021, 18 enero). Espasticidad. *Universitas Médica*, 62(1).
<https://doi.org/10.11144/javeriana.umed62-1.espa>

- Grau-López, L., Sierra, S., Martínez-Cáceres, E. & Ramo-Tello, C. (2011, mayo). Análisis del dolor en pacientes con esclerosis múltiple. *Neurología*, 26(4), 208-213.
<https://doi.org/10.1016/j.nrl.2010.07.014>
- Hernández, A. (2019). *Análisis de costes y resultados en salud del tratamiento de la esclerosis múltiple en el área sanitaria de Guadalajara* [Tesis de doctorado]. Universidad de Alcalá.
- Hislop, H., Avers, D. & Brown, M. (2014, 24 marzo). *Daniels y Worthingham. Técnicas de balance muscular: Técnicas de exploración manual y pruebas funcionales* (9.ª ed.). Elsevier Gezondheidszorg. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-13956-6>
- Hochsprung, A., Heredia Camacho, B., Castillo, M., Izquierdo Ayuso, G. & Escudero Uribe, S. (2014). Validez clínica de las variables cuantitativas de la marcha en pacientes con esclerosis múltiple. Comparativa entre el test de los 25 pies y el sistema electrónico de marcha GAITRite®. *Revista de Neurología*, 59(01), 8.
<https://doi.org/10.33588/rn.5901.2013413>
- Hubbard, E. A., Motl, R. W., & Fernhall, B. O. (2019). Acute High-Intensity Interval Exercise in Multiple Sclerosis with Mobility Disability. *Medicine and science in sports and exercise*, 51(5), 858–867.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001866>
- Kisner, C. & Colby, L. A. (2005). *Ejercicio terapéutico. Fundamentos y técnicas*. Paidotribo.
- Ledesma, M., Botaya, A., Monesma, A., Martínez, D., Molina, B. & Velilla, J. (2022, 2 septiembre). Abordaje fisioterapéutico en la esclerosis múltiple. *Revista Sanitaria de Investigación*. <https://revistasanitariadeinvestigacion.com/abordaje-fisioterapeutico-en-la-esclerosis-multiple/>
- Luque-Moreno, C., Garvey-Canivell, G. & Cano-Bravo, F. (2018, julio). Análisis y reeducación del equilibrio y la marcha en paciente con esclerosis múltiple. *Revista Científica de la Sociedad Española de Enfermería Neurológica*, 48, 28-31.
<https://doi.org/10.1016/j.sedene.2018.06.001>
- Mahecha Matsudo, S. M. (2019). Recomendaciones de actividad física: un mensaje para el profesional de la salud. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo*, 2(2), 44-54.
<https://doi.org/10.35454/rncm.v2n2.006>

- Manjaly, Z. M., Harrison, N. A., Critchley, H. D., Do, C. T., Stefanics, G., Wenderoth, N., Lutterotti, A., Müller, A. & Stephan, K. E. (2019). Pathophysiological and cognitive mechanisms of fatigue in multiple sclerosis. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 90(6), 642-651. <https://doi.org/10.1136/jnnp-2018-320050>
- Martinez-Altarrriba, M., Ramos-Campoy, O., Luna-Calcaño, I. & Arrieta-Antón, E. (2015). Revisión de la esclerosis múltiple (1). A propósito de un caso. *SEMERGEN - Medicina de Familia*, 41(5), 261-265. <https://doi.org/10.1016/j.semerg.2014.07.009>
- Martinez-Altarrriba, M., Ramos-Campoy, O., Luna-Calcaño, I. & Arrieta-Antón, E. (2015, julio). Revisión de la esclerosis múltiple (1). A propósito de un caso. *SEMERGEN - Medicina de Familia*, 41(5), 261-265. <https://doi.org/10.1016/j.semerg.2014.07.009>
- Martínez-Espejo, M. D., Limiñana-Gras, R. M., Patró-Hernández, R. M., Meca Lallana, J. E., Aznar Robles, E. & Márquez Rebollo, M. D. C. (2021, 8 octubre). Evaluación de la calidad de vida en Esclerosis Múltiple a través del MSQOL-54 y su relación con la salud de la persona. *Enfermería Global*, 20(4), 217-249. <https://doi.org/10.6018/eglobal.474161>
- McGinley, M. P., Goldschmidt, C. H., & Rae-Grant, A. D. (2021, 23 febrero). Diagnosis and Treatment of Multiple Sclerosis. *JAMA*, 325(8), 765. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.26858>
- Misnaza-Castrillón, S. P., Martínez Angarita, J. C. & Martínez Gómez, V. M. (2018, 10 julio). Distribución geográfica de la mortalidad por esclerosis múltiple en adultos Colombia (2010-2015). *Revista de Salud Pública*, 21(4), 1-8. <https://doi.org/10.15446/rsap.v21n4.76176>
- Muñico, B. (2018). *Tratamiento fisioterapéutico en la esclerosis múltiple* [Tesis de grado]. Universidad Inca Garcilaso De La Vega.
- Noriega, A., Cortés, E., Castro, J., & Gutiérrez, J. (2020, septiembre). Tratamiento sintomatológico de la esclerosis múltiple. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 39(2). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=55969799001>
- Norris, T. L. & Lalchandani, R. (2019). *Porth. Fisiopatología: Alteraciones de la salud. Conceptos básicos (Spanish Edition)* (Tenth). LWW.
- North American Education Program. (2012). *Managing Pain and Sleep Disorders in MS*. (National MS Society, USA and the MS Society of Canada)

- Olek, M.J. & Howard, J. (2020). Clinical presentation, course and prognosis of multiple sclerosis in adults. Recuperado de UptoDate
<https://www.medilib.ir/uptodate/show/96029>
- Patt, N., Kool, J., Hersche, R., Oberste, M., Walzik, D., Joisten, N., Caminada, D., Ferrara, F., Gonzenbach, R., Nigg, C. R., Kamm, C. P., Zimmer, P., & Bansi, J. (2021). High-intensity interval training and energy management education, compared with moderate continuous training and progressive muscle relaxation, for improving health-related quality of life in persons with multiple sclerosis: study protocol of a randomized controlled superiority trial with six months' follow-up. *BMC Neurology*, 21(1), 65. <https://doi.org/10.1186/s12883-021-02084-0>
- Perea-Caballero, A., López, G., Reyes, U., Santiago, L., Ríos, P., Lara, A., González, A., García, V., Hernández, M., Solís, D. & de La Paz, C. (2019, agosto). Importancia de la actividad física. *Revista Médico-Científica de la Secretaría de Salud Jalisco.*, 2, 121-125. <https://www.medigraphic.com/pdfs/saljalisco/sj-2019/sj192h.pdf>
- Pérez Carmona, N., Fernández Jover, E., & Pérez Sempere, N. (2019). Epidemiología de la esclerosis múltiple en España. *Revista de Neurología*, 69(01), 32.
<https://doi.org/10.33588/rn.6901.2018477>
- Pineda, E. B., Canales, F. H. de, Alvarado, E. L., de Alvarado, E. L., Pan American Health Organization & World Health Organization. (1994). Metodología de la investigación: manual para el desarrollo de personal de salud. Panamericana.
- Prieto González, J. M. (2000). Escalas de valoración funcional en la esclerosis múltiple. *Revista de Neurología*, 30(12), 1246.
<https://doi.org/10.33588/rn.3012.99501>
- Rebollo, J. (2017). *Esclerosis múltiple, una enfermedad desmielinizante* [Tesis de grado]. Universidad de Sevilla.
- Sabino, C. (2014). El proceso de investigación. <https://acortar.link/YNHW1x>
- Sempere, A. P., Universidad de Alicante & Ruiz, A. A. (2017). Esclerosis múltiple: preguntas y respuestas para pacientes y familiares. Universidad de Alicante.
- Serón, P., Muñoz, S. & Lanas, F. (2010, septiembre). Nivel de actividad física medida a través del cuestionario internacional de actividad física en población

- chilena. *Revista Medica Chile*, 138, 1232-1239.
<https://scielo.conicyt.cl/pdf/rmc/v138n10/art%2004.pdf>
- Splittgerber, R. (2019). *Snell Neuroanatomía Clínica* (8.ª ed.). Ed. Wolters Kluwer.
- Subirats Bayego, E., Subirats Vila, G. & Soteras Martínez, I. (2012, enero). Prescripción de ejercicio físico: indicaciones, posología y efectos adversos. *Medicina Clínica*, 138(1), 18-24. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2010.12.008>
- Taboadela, C. (2007). *Goniometría: Una herramienta para la evaluación de las incapacidades laborales* (1.ª ed., Vol. 1). <https://aaot.org.ar/wp-content/uploads/2019/12/Taboadela-Claudio-H-Goniometria-Eval-Incap-Laborales-2007.pdf>
- Tollár, J., Nagy, F., Tóth, B. E., Török, K., Szita, K., Csutorás, B., Moizs, M., & Hortobágyi, T. (2019, 25 diciembre). Exercise Effects on Multiple Sclerosis Quality of Life and Clinical–Motor Symptoms. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 52(5), 1007-1014. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000002228>
- Tortora, G. & Derrickson, B. (2018). *Principios de Anatomía y Fisiología* (15.ª ed.). Ed. Medica Panamericana.
- Velasco-Rojano, E. (2017, 1 diciembre). Validación de la Escala de Gravedad de Fatiga en Población General de la Ciudad de México. *Revista Evaluar*, 17(2). <https://doi.org/10.35670/1667-4545.v17.n2.18725>
- Vicente Herrero, M. T., Delgado Bueno, S., Bandrés Moyá, F., Ramírez Iñiguez de la Torre, M. V. & Capdevila García, L. (2018). Valoración del dolor. Revisión Comparativa de Escalas y Cuestionarios. *Revista de la Sociedad Española del Dolor*. <https://doi.org/10.20986/resed.2018.3632/2017>
- Wens, I., Dalgas, U., Vandenabeele, F., Grevendonk, L., Verboven, K., Hansen, D. & Eijnde, B. O. (2015). High Intensity Exercise in Multiple Sclerosis: Effects on Muscle Contractile Characteristics and Exercise Capacity, a Randomised Controlled Trial. *PLOS ONE*, 10(9), e0133697. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133697>
- Wilmore, J. H. (2007, 1 septiembre). *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. del Monte.
- Zaenker, P., Favret, F., Lonsdorfer, E., Muff, G., de Seze, J., & Isner-Horobeti, M. E. (2018). High-intensity interval training combined with resistance training improves physiological capacities, strength and quality of life in multiple sclerosis patients: a

pilot study. *European journal of physical and rehabilitation medicine*, 54(1), 58–67.
<https://doi.org/10.23736/S1973-9087.17.04637-8>.

Zaleski, A. L., Taylor, B. A., Panza, G. A., Wu, Y., Pescatello, L. S., Thompson, P. D. & Fernández, A. B. (2016, 1 abril). Coming of Age: Considerations in the Prescription of Exercise for Older Adults. *Methodist DeBakey Cardiovascular Journal*, 12(2), 98. <https://doi.org/10.14797/mdcj-12-2-98>

Zhang, G., Carrillo-Vico, A., Zhang, W., Gao, S., & Izquierdo Ayuso, G. (2020, octubre). Incidencia y prevalencia de la esclerosis múltiple en China y países asiáticos. *Neurología*. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2020.07.022>