

EFFECTOS DE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO MULTIMODAL DE EQUILIBRIO, FUERZA Y ESTABILIDAD DEL TRONCO EN PERSONAS CON ESCLEROSIS MÚLTIPLE

Trabajo Final de Máster en Rendimiento deportivo y Salud



TUTORES: D. DAVID BARBADO MURILLO Y D. FRANCISCO J. VERA GARCÍA.

COTUTORA: AMAYA PRAT LURI

Curso Académico: 2017 / 2018

ÍNDICE

RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	5
MATERIAL Y MÉTODO	8
1. Participantes y diseño del estudio	8
1.1. <i>Participantes</i>	8
1.2. <i>Diseño del estudio</i>	9
2. Sesiones de valoración	10
2.1. <i>Evaluación de la fuerza del tren inferior mediante dinamometría isocinética e isométrica</i>	10
2.2. <i>Evaluación del equilibrio</i>	10
2.3. <i>Capacidad funcional clínica</i>	11
2.3.1. <i>Movilidad funcional</i>	11
2.3.2. <i>Velocidad marcha</i>	11
2.3.3. <i>Resistencia aeróbica</i>	12
2.4. <i>Calidad de vida, fatiga y análisis cualitativo de las experiencias del paciente</i>	12
3. Intervención	12
3.1. <i>Características del entrenamiento</i>	12
3.2. <i>Entrenamiento multimodal</i>	13
4. Análisis estadístico	15
REFERENCIAS	16
ANEXOS	19
1. <i>Periodización del entrenamiento de fuerza y valoración de RM</i>	19
2. <i>Niveles de entrenamiento y valoración de equilibrio estático, dinámico y ejercicios funcionales</i>	21
3. <i>Niveles de entrenamiento y valoración de la estabilidad del tronco</i>	22



*A mi familia, compañeros y, sobre todo
a los grandes profesionales que han velado por mi trabajo y mi persona.*

*Por las personas con las que he trabajado durante estos dos años,
que son el verdadero impulso de todo mi esfuerzo, recordad:*

“la actitud es el músculo más fuerte del cuerpo”.

RESUMEN

Introducción. Se han desarrollado terapias focalizadas en el ejercicio físico con el fin de frenar el deterioro de la movilidad funcional en pacientes con esclerosis múltiple (EM). A pesar de las múltiples ventajas de los diversos programas de acondicionamiento físico, ninguno de ellos permite la mejora de todos los síntomas de forma conjunta. Por tanto, es necesario aplicar varios métodos de entrenamiento de forma simultánea. Sin embargo, aplicar altos volúmenes de entrenamiento en esta población en un contexto real está limitado tanto por la fatiga percibida que presentan, como por su movilidad reducida, que dificulta la propia sesión. Además, resulta necesario estudiar los efectos de estas metodologías combinadas, ya que las mejoras que provoca cada metodología no son iguales a las que proporciona la interacción entre diferentes cualidades entrenadas. Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue analizar los efectos de un programa multimodal de fuerza, equilibrio y estabilidad del tronco en pacientes con diferentes grados de afectación de EM.

Método. El presente estudio involucró a 50 pacientes de EM, 10 hombres y 40 mujeres (edad: 46.53 ± 9.01 años; Expanded Disability Status Scale: 2.84 ± 1.52). Los participantes fueron divididos en grupo control y experimental. El grupo experimental fue dividido a su vez en aquellos con ligera afectación y pacientes con afectación moderada, realizando ambos un programa multimodal de dos veces por semana con una duración total de 28 semanas. Se evaluaron parámetros relacionados con la fuerza, el equilibrio, la estabilidad del tronco y la capacidad funcional. La fuerza de las extremidades inferiores se evaluó a través de un test de flexo-extensión de rodilla en una máquina isocinética. El equilibrio corporal general y la estabilidad del tronco se evaluaron con técnicas posturográficas en una plataforma de fuerzas. Por último, los parámetros funcionales se evaluaron mediante diferente test de campo: el *Timed 25 feet walk test* para la marcha, el *Timed Up and Go test* para la movilidad funcional, y el *6 minutes walk test* para la capacidad aeróbica.

Palabras clave. Entrenamiento multimodal, esclerosis múltiple, ejercicio físico, capacidad funcional.

ABSTRACT

Introduction. Many physical exercise programs have been developed in order to decrease functional mobility deterioration in people with multiple sclerosis (MS). Nonetheless, despite the several advantages produced by these programs, none of them allow an improvement of all the symptoms at the same time. Moreover, people with MS experience a high fatigue perception and a reduced mobility, limiting therefore high trainings volume. Thus, it is necessary to employ multimodal physical activity programs that combine several capabilities without an excessive training volume. The aim of the following master thesis was to perform a multimodal training program (strength, global whole-body balance and core stability) in people with different MS degree of affection.

Methods. Fifty MS patients, 10 men and 40 females (age: 46.53 ± 9.01 ; EDSS: 2.84 ± 1.52) participated in the study. They were divided in experimental and control group. Those in the experimental group were divided in minimally and moderately affected and both performed a twice-a-week multimodal training program of 28 weeks of duration. Parameters related to strength, balance, trunk stability and functional capacity were evaluated. Lower limb strength was assessed through knee flexion-extension test in an isokinetic machine. Whole-body balance and trunk stability were assessed through a force plate. Functional parameters were evaluated through field test: *Timed 25 feet walk test* for gait, *Timed Up and Go Test* for functional mobility and the *6 minutes walk test* for aerobic capacity.

Keywords. Multimodal training, multiple sclerosis, physical exercise, functional capacity.

INTRODUCCIÓN

La esclerosis múltiple (EM) es una enfermedad neurodegenerativa que se caracteriza por procesos de inflamación y desmielinización en el sistema nervioso central (SNC). Esta enfermedad provoca la atrofia o pérdida neuronal manifestándose una discapacidad neurológica irreversible (Sandroff et al., 2017). El tipo de EM más común es la EM recurrente-remitente, la cual se caracteriza por brotes o recaídas en los que se exacerban los déficits neurológicos seguidos de una recuperación posterior de carácter variable (Kierkegaard et al., 2016). Estos brotes parecen estar impulsados por una respuesta inmune de las células T, productoras de citoquinas que generan una reacción inflamatoria. Se cree que los efectos inflamatorios ocurren a lo largo de la enfermedad aun en ausencia de brotes (Kierkegaard et al., 2016). Por ello, el descenso de la actividad de estas citoquinas es uno de los objetivos de tratamiento más importante en pacientes con EM (Kierkegaard et al., 2016). La inflamación y degeneración del SNC tiene un gran impacto en la salud de las personas con EM, al ocasionar deterioros significativos de carácter psicológico y físico, entre los que destacan por su impacto en la calidad de vida la reducción de la fuerza muscular, déficits en la marcha, problemas de equilibrio, espasticidad, fatiga y deterioro cognitivo (Halabchi, Alizadeh, Sahraian, & Abolhasani, 2017).

Hasta fechas recientes, únicamente habían sido utilizados tratamientos farmacológicos como intervención principal para atacar la enfermedad (Brown & Kraft, 2005). Estas terapias se han mostrado fundamentales para estabilizar el progreso de la enfermedad, pero presentan limitaciones para recuperar la condición física y cognitiva del paciente (Brown & Kraft, 2005). Es por ello, que uno de los problemas principales que se plantea es recuperar la capacidad funcional en esta población, clave fundamental a la hora de realizar actividades de la vida diaria. Para ello, se han desarrollado numerosas terapias focalizadas en la mejora de la capacidad motora de los pacientes con EM, entre las que destaca el ejercicio físico (Dalgas, Stenager, & Ingemann-Hansen, 2008). La práctica de ejercicio físico puede causar importantes mejoras en diferentes áreas como la capacidad cardio-respiratoria, la fuerza muscular, la flexibilidad, el equilibrio, la fatiga e incluso la capacidad cognitiva, lo cual lleva aparejado una clara mejora de la calidad de vida

(Halabchi et al., 2017). Tal es el efecto positivo de los programas de entrenamiento físico para mejorar la movilidad y la cognición en la EM, que autores como Jolk, et al. (2012) indican que, del mismo modo que los fármacos deben tomarse de manera continua y ajustarse a medida que avanza la enfermedad, también debe considerarse la rehabilitación mediante ejercicio físico como un proceso continuo y adaptativo para mantener y restaurar la función máxima y mejorar la calidad de vida.

En este sentido, la literatura científica resalta que los efectos de los diferentes programas de ejercicio físico son específicos en función de la cualidad entrenada. Así, los programas de entrenamiento aeróbico a intensidades de baja a moderada parecen mejorar la capacidad aeróbica y reducir la fatiga en pacientes con EM con discapacidad leve o moderada (Dalgas et al., 2010), pero no provocan mejoras ni en la fuerza muscular ni el equilibrio (Ayan Perez, Martin Sanchez, De Souza Teixeira, & De Paz Fernandez, 2007). Por otro lado, el entrenamiento de equilibrio y control postural parece inducir efectos positivos sobre el equilibrio de los pacientes reduciendo el riesgo de caídas en esta población e incluso mejorando la precepción de fatiga, sin embargo, no parece ser un entrenamiento adecuado para mejorar la fuerza y por ende, sus efectos sobre la movilidad funcional no parecen claros (Gandolfi et al., 2015; Normann, Salvesen, & Christin Arntzen, 2016). Finalmente, los programas focalizados en el entrenamiento de fuerza muscular se han mostrado como una de las herramientas más beneficiosas para mejorar la fuerza y la potencia muscular en personas con EM (Dalgas et al., 2009; Kierkegaard et al., 2016; Manca et al., 2017; Medina-Pérez et al., 2016). El entrenamiento de fuerza, además de provocar mejoras notables en la movilidad funcional también parece repercutir de forma positiva en la reducción de la fatiga percibida, especialmente cuando las cargas de entrenamiento son elevadas (Cruickshank, Reyes, & Ziman, 2015). Estudios como el llevado a cabo por Kierkegaard et al. (2016) parecen indicar que el entrenamiento de fuerza de alta intensidad tiene un efecto positivo sobre los niveles periféricos de citoquinas inflamatorias, lo cual conduce a mejoras clínicamente relevantes en las medidas de fatiga y calidad de vida. Sin embargo, una de las limitaciones del entrenamiento de fuerza es que no parece producir claras mejoras sobre el equilibrio de las personas con EM (Ayan Perez et al., 2007).

A pesar de las múltiples ventajas de los diversos programas de acondicionamiento físico, como es razonable ninguno de ellos permite la mejora de todos los síntomas de forma conjunta. Por tanto, es necesario aplicar varios métodos de entrenamiento de forma simultánea para obtener una mejora global del paciente. Sin embargo, aplicar altos volúmenes de entrenamiento en esta población (días, series, repeticiones, etc.) en un contexto real está limitado tanto por la fatiga exacerbada que presentan como por su movilidad reducida que dificulta su asistencia a las sesiones de entrenamiento. Por ello, se ha resaltado la necesidad de analizar los efectos de programas de ejercicio multimodal o combinado, que mejoren de forma conjunta toda la sintomatología de esta enfermedad sin que por ello suponga un volumen de entrenamiento excesivo (Kerling et al., 2015; Sandroff et al., 2017; Wens et al., 2015). La relevancia de indagar sobre los efectos de estas metodologías combinadas se hace aún más patente al considerar las mejoras que provoca cada metodología no son iguales que las que proporciona la interacción entre diferentes cualidades entrenadas (Sandroff et al., 2017). El principal problema es que muy pocos estudios han evaluado los efectos del entrenamiento combinado de distintas cualidades físicas en personas con EM (Dalgas et al., 2008). Entre los pocos estudios que han aplicado metodologías multimodales, el ejercicio cardiovascular de alta intensidad combinado con entrenamiento de fuerza, además de haber sido bien tolerado por esta población, parece mejorar de forma conjunta las características contráctiles del músculo y la resistencia muscular en la EM (Kerling et al., 2015; Wens et al., 2015) pero aun así, estos programas combinados no se han confirmado adecuados para mejorar el equilibrio. Asimismo, diversos autores sugieren que los entrenamientos de resistencia cardiovascular provoca el llamado *fenómeno Uhthoff*, debido a la termosensibilidad que presentan las personas con EM, produciendo una alteración en la conducción nerviosa por el aumento de la temperatura corporal, provocando mayor fatiga central (Uhthoff, 1890).

Basándonos en estas evidencias sobre el entrenamiento, y en vista a la limitación de los estudios encontrados, el objetivo principal de este trabajo fue analizar el efecto de un programa de entrenamiento combinado de fuerza, equilibrio corporal general y estabilidad del tronco en pacientes con esclerosis múltiple.

Concretamente, se analizaron los efectos de una intervención de 28 semanas de entrenamiento supervisado de ejercicio multimodal sobre la movilidad funcional, la velocidad de la marcha, la fuerza de las extremidades inferiores, la capacidad aeróbica, la fatiga percibida y el estado cognitivo en personas con EM con una gran afectación de la movilidad. Como objetivo secundario se analizaron los efectos de dicho entrenamiento combinado en función del grado de afección inicial.

MATERIAL Y MÉTODO

1. Participantes y diseño del estudio

1.1. Participantes

Tal como se puede observar en la Tabla 1, el presente estudio involucró a 50 participantes con una media de edad de 46.53 ± 9.01 años. La muestra mostró una media de Expanded Disability Status Scale (EDSS) de 2.84 ± 1.52 . La ratio entre hombres y mujeres fue de 10/40 respectivamente. Los participantes fueron reclutados de las asociaciones de EM de Alicante (ADEMA) y de Elche (AEMEC). Los *criterios de inclusión* para la participación en la intervención fueron los siguientes: i) diagnóstico de EM remitente-recurrente de acuerdo con los criterios de McDonald (2010); ii) puntuación de la escala EDSS menor o igual a 6; iii) edad comprendida entre 18 y 65 años; iv) capacidad de dorsi-flexionar el tobillo; y v) ambulación independiente con o sin uso de ayudas unilaterales. La inclusión en el estudio no fue influenciada por la medicación específica de MS (por ejemplo, Glatirameracetat, Interferon Natalizumab). Los *criterios de exclusión* fueron: i) cualquier contraindicación para participar en ejercicios de fuerza; ii) discapacidad y/o comorbilidades causadas por condiciones médicas distintas de la EM; iii) ocurrencia de recaídas; iv) tratamiento con corticosteroides y/o toxina botulínica, variaciones en medicamentos modificadores de la enfermedad o tratamiento sintomático dentro de un rango de 30 días previos al reclutamiento; v) ataxia severa e inestabilidad postural; y/o vi) participación en programas de rehabilitación/capacitación en el período de 30 días anterior al estudio.

Los protocolos de medición e intervención estuvieron en concordancia con la Declaración de Helsinki y fueron aprobado por la Oficina de Ética en la

Investigación de la Universidad Miguel Hernández de Elche (DPS.RRV.05.15). Todos los participantes proporcionaron un consentimiento informado previo a su participación en el estudio.

Tabla 1. Datos descriptivos de la muestra (media \pm desviación típica).

	EM-1 n = 16	EM-2 n = 19	GC n = 15	F	p
Hombre/Mujer	3/13	5/14	2/13		
Edad (años)	43.27 \pm 8.80	52.39 \pm 6.63	42.50 \pm 8.30	8.10	0.00
EDSS	2.61 \pm 0.96	4.29 \pm 1.44	1.82 \pm 1.05	15.28	0.00
Peso (kg)	61.03 \pm 6.67	63.52 \pm 11.96	62.51 \pm 11.20	0.25	0.78

EDSS: Expanded Disability Status Scale; EM-1: personas con esclerosis múltiple con una afectación ligera (Timed Up and Go test \leq 7.0); EM-2: personas con esclerosis múltiple con una afectación moderada (Timed Up and Go test $>$ 7.0); GC: grupo control; p: nivel de significación fijado a 0.05.

1.2. Diseño del estudio

Con objeto de potenciar el carácter ecológico de los resultados, no fue aplicado ningún procedimiento de aleatorización de la muestra, sino que los participantes se adhirieron o no al programa de intervención en función de su disponibilidad.

La intervención se llevó a cabo entre noviembre de 2016 y junio de 2017. A los participantes potenciales se les pidió abstenerse de cualquier otra actividad de ejercicio durante todo el estudio. En las primeras dos semanas antes de la intervención se explicó a los participantes la orientación de la intervención. Asimismo, los participantes tanto del grupo control como del experimental realizaron tres evaluaciones de diferentes parámetros físicos y psicológicos: 1^a) antes de la intervención; 2^a) tras la intervención; y 3^a) tras un periodo de 3 meses. El periodo de intervención fue llevado a cabo durante un total de 28 semanas, con un máximo de 56 sesiones de 90 min, llevadas a cabo dos veces por semana, con un descanso de 48 h entre sesiones.

2. Sesiones de valoración

Cada sesión de valoración tuvo una duración aproximada de 3 h y media, en las cuales los participantes fueron evaluados de diferentes parámetros físicos y psicológicos. Cada sesión de valoración fue separada al menos una semana desde la última sesión de entrenamiento. La condición del laboratorio en cuanto a temperatura (22-24°C) y luz de la sala se mantuvo controlada a lo largo de toda la medición. Durante las sesiones de medición cada paciente dispuso de tanto tiempo de descanso entre pruebas como fue necesario. En total, los pacientes realizaron diferentes pruebas en el siguiente orden:

2.1. Evaluación de la fuerza del tren inferior mediante dinamometría isocinética e isométrica

Se valoró la fuerza muscular de los flexores y extensores de rodilla, ya que déficits en la fuerza de estos grupos musculares es habitual en personas con EM. El momento de fuerza o “torque” de la musculatura extensora y flexora de la rodilla fueron evaluadas con un dinamómetro isocinético Biodex System4 Pro (Enraf Nonius-Ibérica S.A., USA). La señal del momento de fuerza medido por el dinamómetro isocinético fue registrado a 100 Hz, tanto a velocidades de 60, 180 y 240°/s, como en contracción isométrica. Los parámetros de fuerza obtenidos fueron: momento de fuerza y máximo índice de manifestación de la fuerza o “RFD”.

2.2. Evaluación del equilibrio en posición tándem

Para realizar el protocolo de valoración del equilibrio los participantes se colocaron en posición tándem sobre una plataforma de fuerzas portable (Kistler, Switzerland, Model 9286AA) de dimensiones 60 x 40 cm. Se utilizó un software desarrollado en el Laboratorio de Biomecánica y Salud del Centro de Investigación del Deporte de la Universidad Miguel Hernández de Elche para proporcionar durante las pruebas feedback visual del desplazamiento del centro de presiones (COP: coordenadas X e Y) capturado por la plataforma de fuerzas. Este software permitió desarrollar una tarea donde el participante debía hacer coincidir su COP con un punto criterio que se desplazaba a lo largo de una trayectoria antero-posterior en los dos sentidos. El desplazamiento del COP y del punto criterio fueron registrados a 1000 Hz. Se realizaron 6 repeticiones de 70 s, con 60 s de descanso

entre ellas: 3 repeticiones en las que el participante colocó su pierna dominante delante, y 3 repeticiones en las que colocó su pierna no dominante delante.

2.3. Valoración de la capacidad funcional mediante test de campo

Siguiendo el protocolo de Manca et al., (2017), la capacidad funcional se evaluó mediante el test de *6 minutes walk test* (6MW), el *Timed 25-Foot Walk test* (T25FW) y el *Timed Up and Go test* (TUG). El orden de todas estas medidas fue aleatorizado entre los pacientes para controlar el efecto de aprendizaje y de la fatiga (Monjezi, Negahban, Tajali, Yadollahpour, & Majdinasab, 2017).

2.3.1. Movilidad funcional

El TUG se utilizó como prueba de medida de la movilidad funcional y el equilibrio dinámico (Motl et al., 2012). La prueba verifica el tiempo que tarda una persona en levantarse de una silla estándar, caminar una distancia de 3 m, girar 180°, caminar hacia la silla y sentarse de nuevo (Figura 1). La variable utilizada para el análisis estadístico fue el tiempo (s). Se realizaron 2 ensayos y la media entre los dos se utilizó para el análisis.

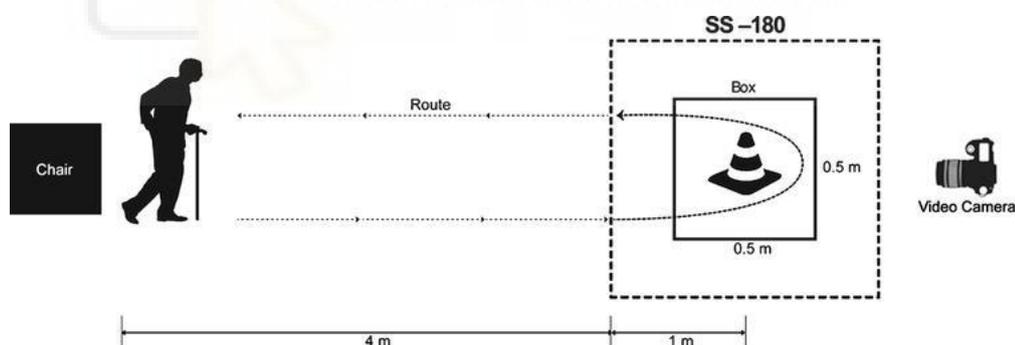


Figura 1. M.S. Kim et al. / rTMS on FOG

2.3.2. Velocidad marcha

El T25FW se administró como una medida de la velocidad de la marcha, ya que es considerada la medida objetiva que mejor caracteriza el déficit en la marcha en personas con EM (Sandroff et al., 2017). El test consiste en caminar una distancia de 25 pies (7,62 m) tan rápido y seguro como sea posible en un pasillo libre de obstáculos. La variable utilizada para el análisis estadístico fue la velocidad (metros/s).

2.3.3. Resistencia aeróbica

El 6MW se realizó caminando, como una medida de la resistencia aeróbica, siendo una prueba válida y fiable del rendimiento en la resistencia a la marcha en personas con EM (Sandroff et al., 2017). Los participantes recibieron instrucciones de caminar lo más rápido y la mayor distancia posible durante 6 min alrededor de un cuadrado de 60 m de longitud y realizando giros de 90°. Cuando fue necesario, a los participantes se les permitió usar un dispositivo de asistencia. El investigador registró la distancia total recorrida (m) con una rueda de medición (Stanley MW50, New Briton, CT).

2.4. Calidad de vida, fatiga y análisis cualitativo de las experiencias del paciente

Para conocer la calidad de vida de los pacientes se les pasó el cuestionario Quality of Life-54 de Multiple Sclerosis (MSQOL-54). La fatiga se evaluó utilizando la Escala de Impacto de la Fatiga Modificada (MFIS). El MFIS examina el impacto de la fatiga en la salud física, cognitiva y psicosocial (Kerling et al., 2015). Asimismo, se evaluó el impacto de la fatiga en la funcionalidad diaria de los pacientes con la Escala de Gravedad de la Fatiga (FSS) (Hayes, Gappmaier, & LaStayo, 2011).

3. Intervención

3.1. Características del entrenamiento

La intervención fue un entrenamiento multimodal (ejercicios funcionales, ejercicios de equilibrio general, ejercicios de fuerza y ejercicios de estabilidad de tronco) con una duración de 28 semanas, a razón de dos sesiones de 90 min de duración por semana, con al menos 48 h de descanso entre sesiones. El programa de entrenamiento progresó tanto en duración como en intensidad a lo largo de tres fases o periodos: fase de adaptación anatómica, fase de hipertrofia y fase de fuerza máxima, tal y como se detalla en el anexo 1. Después de cada período de entrenamiento los sujetos pudieron compensar un máximo de tres sesiones de entrenamiento perdidas si era necesario.

El entrenamiento fue individualizado tanto para las cargas del entrenamiento de fuerza, como para los ejercicios de equilibrio general y estabilidad del tronco. La estructura de la sesión se mantuvo constante durante todo el programa. En el *calentamiento*, los sujetos realizaron 10 min en bicicleta estática o en tapiz rodante a una intensidad ligera. La *parte principal* fue dividida en tres partes de similar duración, cuyo orden fue autoseleccionado por los participantes: i) ejercicios de equilibrio y ejercicios funcionales; ii) ejercicios de la fuerza; y iii) ejercicios de estabilidad del tronco. Por último, la *vuelta a la calma* consistió en la ejecución de estiramientos estáticos. A todos los participantes se les entregó una hoja de entrenamiento individualizado en función de los resultados obtenidos en las pruebas funcionales anteriormente descritas. Todas las sesiones fueron supervisadas por dos graduados en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, que controlaron la correcta ejecución de los ejercicios y motivaron continuamente a los pacientes durante las sesiones de entrenamiento.

3.2. Entrenamiento multimodal

El entrenamiento multimodal constó de una parte de equilibrio general, otra de fuerza y otra de estabilidad de tronco.

En el *entrenamiento de equilibrio* se realizaron tres tipos de ejercicios: i) equilibrio estático; ii) equilibrio dinámico y iii) equilibrio con demanda moderada de fuerza (zancada y sentadillas). Todos los ejercicios de equilibrio fueron individualizados en función de la capacidad de los participantes. Se realizaron dos series de 30 s para cada pierna en cada uno de los ejercicios. Es por ello que en cada período de re-evaluación, con objeto de aplicar una correcta individualización, se realizó un registro de la dificultad de cada uno de los niveles posturales correspondientes a la progresión de ejercicios que se describe en el anexo 2. El criterio principal de evaluación y progresión se basó en la capacidad de ejecutar un ejercicio que retara la estabilidad del sujeto, pero sin que supusiera un desequilibrio evidente.

En el *entrenamiento de fuerza* se llevó a cabo en máquinas guiadas, realizando dos ejercicios de musculación de la parte superior del cuerpo (*jalón polea* y *chest press*) y cuatro ejercicios para la parte inferior del cuerpo (*leg extension*, *leg curl*, *squat* en prensa y *calf raise* en prensa). Los ejercicios de tren inferior se realizaron

de forma unilateral. Para la movilización de las cargas, los sujetos fueron instruidos para realizar la acción concéntrica “lo más rápido posible” y, por el contrario, la acción excéntrica de una manera lenta y controlada. El entrenamiento de fuerza progresó en términos de intensidad [desde el 55% al 90% de 1 Repetición Máxima (RM)], donde según Bryzcki (1993) el número de series a realizar y el % de la RM dependía de la fase de entrenamiento correspondiente. Las cargas de trabajo se ajustaron al menos cada dos semanas. La periodización del entrenamiento de fuerza llevada a cabo como se refleja en el anexo 1. En las distintas fases dentro del entrenamiento de fuerza, el porcentaje de carga durante el período de entrenamiento se calculó en base a la fuerza máxima muscular (es decir, en función del número máximo de repeticiones que los pacientes pueden lograr) (de Souza-Teixeira et al., 2009). Antes de comenzar cada fase se llevan a cabo pruebas unilaterales de 1RM para cada ejercicio incluido en la intervención. El test de 1 RM se define como el peso máximo que se puede levantar solo una vez con un rango de movimiento correcto (Broekmans et al., 2011). Para llevar a cabo la correcta realización del test, primero se ejecutó un calentamiento leve de 5-10 repeticiones al 40-60% de su 1 RM percibido. Después de un período de descanso de 1 min, se ejecutaron 3-5 repeticiones al 60-80% de su 1 RM percibido. Luego, se realizó un período de recuperación de 3-5 min. El objetivo fue encontrar 1 RM dentro de 3-5 esfuerzos máximos.

Para la fase de resistencia muscular la intensidad de entrenamiento fue progresando a lo largo del período desde un 40 al 60% de 1 RM, siendo el número de repeticiones de 15-10 con 1 min de descanso entre cada serie. En la fase de hipertrofia la intensidad de entrenamiento fue progresando desde el 60-80% de 1 RM. En este caso se realizaron dos series de 7 a 10 repeticiones con 90 s de descanso entre cada serie. Las cargas de trabajo se ajustaron al menos cada dos semanas a lo largo de esta fase. La última fase se corresponde con la fuerza máxima, donde la intensidad de entrenamiento fue progresando desde el 80 al 90% de 1 RM. En esta fase se realizaron tres series de 2 a 6 repeticiones con 4 min de descanso entre cada serie. En todas las fases se tuvo en cuenta el criterio que refleja una diferencia bilateral de fuerza entre extremidades inferiores de un 15%, en cuyo caso se una serie más respecto a la correspondiente en todas las máquinas que las implicaran.

El *entrenamiento de estabilidad del tronco* se basó en cuatro ejercicios diferentes con objeto de incidir en la musculatura extensora, flexora, rotadora e inclinadora del tronco (*puente dorsal, puente frontal, bird dog y puente lateral*). Nuevamente cada ejercicio fue individualizado en función de las características del participante. Se realizaron dos series de 20 s en cada ejercicio. En cada período de re-evaluación, con objeto de aplicar una correcta individualización, se realizó un registro de la dificultad de cada uno de los niveles posturales correspondientes a la progresión de ejercicios que se describe en el anexo 3. El criterio principal de evaluación y progresión basó en la capacidad de ejecutar un ejercicio que retara la estabilidad del sujeto, pero sin que supusiera un desequilibrio evidente.

4. Análisis estadístico

Se calcularon los datos estadísticos de todas las variables presentadas (momento de fuerza y "RFD", COP en posición tándem, TUG, T25FW, 6MWT, FSS y MFIS). Previa al análisis inferencial, se evaluó si los datos cumplían con el supuesto de normalidad y homogeneidad de la varianza, mediante una prueba de Kolmogorov-Smirnov con la corrección de Lilliefors.

Posteriormente, con objeto de analizar los efectos de la intervención se realizó un ANOVA mixto para todas las variables, siendo el factor intra-sujeto la *medición* (tres niveles: pre-test, post-test y re-test) y el factor inter-sujeto *grupo* (tres niveles: grupo control con EM, grupo intervención con EM con una afectación ligera ($TUG \leq 7.0$), grupo intervención con EM con una afectación moderada ($TUG > 7.0$). El nivel de significación se estableció en $p < 0.05$. Para las comparaciones múltiples "post-hoc" se utilizó el ajuste de Bonferroni con la corrección de Lilliefors. Asimismo, con objeto de cuantificar la magnitud de las diferencias entre grupos se calculó el índice g de Hedge (Hedges & Olkin, 1985), el cual proporciona un índice de tamaño del efecto basado en la diferencia de medias estandarizadas de Cohen (1988), pero que reduce el sesgo provocado por muestras pequeñas ($n < 20$) al introducir un factor corrector. Los valores del tamaño del efecto fueron interpretados como trivial ($g < 0.5$), pequeño ($0.5 \leq g < 1.25$), moderado ($1.25 \leq g < 1.9$) y grande ($g \geq 2.0$) en base a los criterios de Rhea (2004) para personas no entrenadas.

Por último, con el objetivo de conocer si un mayor incremento en la fuerza tras el entrenamiento (Test de 1 RM) estuvo asociado a una mejora en el resto de variables, se realizó un estudio correlacional, utilizándose el coeficiente de correlación de Pearson. Los valores de correlación fueron categorizados como se muestra a continuación: muy alto (0.90 – 1.00), alto (0.70 – 0.89), moderado (0.50 – 0.69) bajo (0.30 – 0.49) y sin correlación (< 0.30) (Hinkle, Wiersma, & Jurs, 2003).

Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS package (versión 21, SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

REFERENCIAS

- Ayan Perez, C., Martin Sanchez, V., De Souza Teixeira, F., & De Paz Fernandez, J. A. (2007). Effects of a resistance training program in multiple sclerosis Spanish patients: a pilot study. *Journal of Sport Rehabilitation*, 16(2), 143–153.
- Brown, T. R., & Kraft, G. H. (2005). Exercise and rehabilitation for individuals with multiple sclerosis. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 16(2), 513–555.
- Cruickshank, T. M., Reyes, A. R., & Ziman, M. R. (2015). A systematic review and meta-analysis of strength training in individuals with multiple sclerosis or Parkinson disease. *Medicine*, 94(4), e411.
- Dalgas, U., Stenager, E., & Ingemann-Hansen, T. (2008). Multiple sclerosis and physical exercise: recommendations for the application of resistance-, endurance- and combined training. *Multiple Sclerosis (Houndmills, Basingstoke, England)*, 14(1), 35–53.
- Dalgas, U., Stenager, E., Jakobsen, J., Petersen, T., Hansen, H. J., Knudsen, C., ... Ingemann-Hansen, T. (2009). Resistance training improves muscle strength and functional capacity in multiple sclerosis. *Neurology*, 73(18), 1478–1484.
- Dalgas, U., Stenager, E., Jakobsen, J., Petersen, T., Hansen, H. J., Knudsen, C., ... Ingemann-Hansen, T. (2010). Fatigue, mood and quality of life improve in MS patients after progressive resistance training. *Multiple Sclerosis (Houndmills, Basingstoke, England)*, 16(4), 480–490.

- Gandolfi, M., Munari, D., Geroin, C., Gajofatto, A., Benedetti, M. D., Midiri, A., ... Smania, N. (2015). Sensory integration balance training in patients with multiple sclerosis: A randomized, controlled trial. *Multiple Sclerosis (Houndmills, Basingstoke, England)*, *21*(11), 1453–1462.
- Halabchi, F., Alizadeh, Z., Sahraian, M. A., & Abolhasani, M. (2017). Exercise prescription for patients with multiple sclerosis; potential benefits and practical recommendations. *BMC Neurology*, *17*(1), 185.
- Hayes, H. A., Gappmaier, E., & LaStayo, P. C. (2011). Effects of high-intensity resistance training on strength, mobility, balance, and fatigue in individuals with multiple sclerosis: a randomized controlled trial. *Journal of Neurologic Physical Therapy : JNPT*, *35*(1), 2–10.
- Hedges, L. V. (1990). Olkin, I. (1985). *Statistical methods for meta-analysis*. Orlando, FL: Academic Press.
- Jolk, C and Alcantara, R and Bernhardt, L and Platen, P and Marziniak, M and Wessling, K. (2012). Effects of 24 weeks progressive resistance training in comparison to core and stability training performed in groups on muscle performance, balance and spasticity in people with multiple sclerosis. *MULTIPLE SCLEROSIS JOURNAL*, *18*, 250--251.
- Kerling, A., Keweloh, K., Tegtbur, U., Kuck, M., Grams, L., Horstmann, H., & Windhagen, A. (2015). Effects of a Short Physical Exercise Intervention on Patients with Multiple Sclerosis (MS). *International Journal of Molecular Sciences*, *16*(7), 15761–15775.
- Kierkegaard, M., Lundberg, I. E., Olsson, T., Johansson, S., Ygberg, S., Opava, C., ... Piehl, F. (2016). High-intensity resistance training in multiple sclerosis - An exploratory study of effects on immune markers in blood and cerebrospinal fluid, and on mood, fatigue, health-related quality of life, muscle strength, walking and cognition. *Journal of the Neurological Sciences*, *362*, 251–257.

- Manca, A., Dvir, Z., Dragone, D., Mureddu, G., Bua, G., & Deriu, F. (2017). Time course of strength adaptations following high-intensity resistance training in individuals with multiple sclerosis. *European Journal of Applied Physiology*, *117*(4), 731–743.
- Monjezi, S., Negahban, H., Tajali, S., Yadollahpour, N., & Majdinasab, N. (2017). Effects of dual-task balance training on postural performance in patients with Multiple Sclerosis: a double-blind, randomized controlled pilot trial. *Clinical Rehabilitation*, *31*(2), 234–241.
- Motl, R. W., Smith, D. C., Elliott, J., Weikert, M., Dlugonski, D., & Sosnoff, J. J. (2012). Combined training improves walking mobility in persons with significant disability from multiple sclerosis: a pilot study. *Journal of Neurologic Physical Therapy : JNPT*, *36*(1), 32–37.
- Normann, Britt and Salvesen, Rolf and Christin Arntzen, E. (2016). Group-based individualized core stability and balance training in ambulant people with multiple sclerosis: a pilot feasibility test--retest study. *European Journal of Physiotherapy*, *18*(3), 173--178.
- Sandroff, B. M., Bollaert, R. E., Pilutti, L. A., Peterson, M. L., Baynard, T., Fernhall, B., ... Motl, R. W. (2017). Multimodal exercise training in multiple sclerosis : A randomized controlled trial in persons with substantial mobility disability. *Contemporary Clinical Trials Journal*, *61*(April), 39–47.
- Uthoff, W. (1890). Untersuchungen über die bei der multiplen Herdsklerose vorkommenden Angenstörungen. *Archiv Für Psychiatrie Und Nervenkrankheiten*, *21*(1), 55–116.

ANEXOS

1. Periodización del entrenamiento de fuerza y valoración de la RM

Tabla 2. Periodización del entrenamiento de fuerza en pacientes con esclerosis múltiple.

Año	2016											2017																	
Periodo	Adaptación anatómica											Hipertrofia						Máxima											
Mes	Noviembre			Diciembre				Enero				Febrero			Marzo			Abril		Mayo		Junio							
Semana / Microciclo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
%RM	Fam.	Fam.	Fam.	Eval	Eval	40	50	50	60	60	Eval	60	60	70	70	70	75	75	Eval	80	80	80	80	85	85	85	90	90	90
Repeticiones (Criterio: rep. a máxima potencia 60%)						14	11	11	9	9		9	9	7	7	7	6	6		4	4	4	4	3	3	3	2	2	2
Series (nº)						2	2	2	2	2		2	2	3	3	3	3	3		2	2	2	3	3	3	3	3	3	3
Descanso entre series (minutos)						2	1	1	1	1.5		1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

FASE DE ADAPTACIÓN ANATÓMICA: se llevó a cabo del día 3 noviembre al 22 de diciembre de 2016.

- En esta fase de familiarización se siguió una progresión de 14 repeticiones al 40% RM estimado a 11 repeticiones al 50% RM.

Evaluación 1: Las evaluaciones se pasaron el 17 y el 19 de enero de 2017.

Tras el período de adaptación anatómica los participantes realizaron test para valorar la *RM*, el *equilibrio general*, y la *estabilidad del tronco*. Por último, se pasaron los test clínicos para valorar la capacidad física del sujeto (*TUG*, *T25FW* y *6MWT*).

Para la valoración de la RM se evaluaron los mismos ejercicios que se utilizaron para el entrenamiento (nombrados anteriormente). El protocolo estaba compuesto por:

- Fase de calentamiento: 7-8rep x 65-75% RM estimado.
- Fase pre-activación: 4-5rep x 80-85% RM estimado
- Fase de aproximación 1 RM: 1-3rep ≈ 100% RM estimado

FASE HIPERTROFIA: se llevó a cabo del día 20 de diciembre al 16 de marzo.

- En esta fase la parte de fuerza siguió una progresión de la carga de 9 repeticiones al 60%RM a 7 repeticiones al 70% RM.
- Finalmente, comenzó la última fase del ciclo de Hipertrofia en la que se pasó de trabajar del 70% RM al 75% RM con 6 repeticiones.

Evaluación 2: Tras el período de hipertrofia la evaluación se realizó durante los días 21 y 23 de marzo. Se realizaron los mismos test que en la *Evaluación 1*.

FASE DE FUERZA MÁXIMA: se llevó a cabo del día 28 de marzo al 1 de junio.

- En la primera fase del ciclo de Fuerza Máxima la carga progresó del 75% RM al 80% RM con 4-5 repeticiones. El tiempo de recuperación de 4 min.
- En la segunda fase la carga se aumentó a 3 repeticiones al 80% RM.
- Finalmente, en la tercera fase se pasó del 85% al 90% RM con 2 repeticiones.

Evaluación final: Tras el período de fuerza máxima se realizó la evaluación final, con el fin de comprobar el efecto de la intervención.

2. Niveles de entrenamiento y valoración de equilibrio estático, dinámico y ejercicios funcionales

<i>Evaluación del equilibrio general y ejercicios funcionales</i>	
Equilibrio estático	
Nivel dificultad	Ejercicio
1	Tándem
2	Tándem mover brazos
3	Tándem lanzar pelota de foam
4	Tándem ojos cerrados
5	Monopodal
6	Monopodal mover brazos
7	Monopodal mover piernas
8	Monopodal ojos cerrados
9	Monopodal TOGU* estático
10	Ejercicio del avión
Equilibrio Dinámico	
Nivel dificultad	Ejercicio
1	Caminar sin soporte (bastón, etc.)
2	Zancadas largas
3	Zancadas largas sobre línea
4	Zancadas largas + Elevación de rodillas
5	Zancadas largas + Elevación de rodillas (codo-rodilla)
6	Zancadas largas puntillas + Elevación de rodillas (codo-rodilla)
Squat	
Nivel dificultad	Ejercicio
1	Sentarse y levantarse BP cajón sin ayuda de manos
2	Sentarse cajón 1 pierna
3	Sentarse y levantarse cajón 1 pierna
4	Subir y bajar escalón pequeño
5	Subir y bajar escalón grande
6	Subir y bajar escalón pequeño peso adicional
Split	
Nivel dificultad	Ejercicio
1	Split con ayuda
2	Split fase propulsiva
3	Split peso adicional
4	Split avanzando
5	Split avanzando peso adicional
6	Split avanzando (atrás y adelante)
7	Split avanzando peso adicional (adelante y atrás)

3. Niveles de entrenamiento y valoración de la estabilidad del tronco

<i>Evaluación de la estabilidad del tronco</i>	
PUENTE FRONTAL	
Nivel dificultad	Ejercicio
1	Corto
2	Largo
3	Largo BOSU
4	Largo 1 pie levantado
5	Largo 1 pie + movimiento
6	Largo BOSU 1 pie levantado
7	Largo BOSU 1 pie levantado + movimiento
8	Largo Fitball
9	Largo Fitball (acercar y alejar pelota)
10	Largo Fitball 1 pie levantado
11	Largo Fitball 1 pie levant. + movimiento
12	Largo Fitball 1 pie levant. Acercar rodilla al pecho
PUENTE LATERAL	
Nivel dificultad	Ejercicio
1	Corto
2	Largo
3	Largo BOSU
4	Largo 1 pie
5	Largo 1 pie + movimiento
6	Largo BOSU 1 pie
7	Largo BOSU un pie + movimiento
8	Largo Fitball
9	Largo Fitball con un pie levant.
10	Largo Fitball con un pie levant. + movimiento
PUENTE DORSAL	
Nivel dificultad	Ejercicio
1	Corto
2	Largo
3	Corto 1 pie
4	Corto 1 pie 1+ movimiento
5	Corto BOSU 1 pie.
6	Corto BOSU 1 pie + movimiento
7	Largo Fitball
8	Corto Fitball 1 pie
9	Corto Fitball 1 pie + movimiento
10	Largo Fitball 1 pie

BIRD DOG	
Nivel dificultad	Ejercicio
1	Bird-Dog sólo 1 brazo
2	Bird-Dog sólo 1 pierna
3	Bird Dog
4	Bird-Dog + movimiento
5	Bird-Dog BOSU sólo 1 pierna
6	Bird-Dog BOSU
7	Bird-Dog BOSU + movimiento

