



EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO
MULTIMODAL SOBRE LA ESTABILIDAD
DEL TRONCO, EL EQUILIBRIO GENERAL,
LA MARCHA Y LA MOVILIDAD
FUNCIONAL EN PERSONAS CON
ESCLEROSIS MÚLTIPLE

TRABAJO FINAL DE GRADO



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

AUTORA: INÉS CREMADES FARGUETA

TUTORA: AMAYA PRAT LURI

CURSO ACADÉMICO: 2023-2024

ÍNDICE

RESUMEN	2
INTRODUCCIÓN	3
MÉTODO	4
CARACTERÍSTICAS DE LA PARTICIPANTE	4
PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN	5
<i>Test de estabilidad del tronco</i>	5
<i>Test de equilibrio general</i>	6
<i>Test de marcha y movilidad funcional</i>	6
RESULTADOS	7
Estabilidad del tronco	7
Equilibrio general	8
Marcha y movilidad funcional	8
DISCUSIÓN	9
CONCLUSIONES	10
REFERENCIAS	11



RESUMEN

La esclerosis múltiple (EM) es una enfermedad crónica y una de las causas más comunes de discapacidad neurológica en adultos jóvenes. Esta tiene una gran heterogeneidad de síntomas y signos, de los cuales la falta de movilidad funcional y el empeoramiento de la marcha son dos de los aspectos más limitantes en esta población, junto con la falta de estabilidad del tronco y de equilibrio general y el déficit de fuerza en miembros inferiores. El ejercicio físico es una herramienta que ha mostrado un impacto positivo en esta población, donde se implementa habitualmente el entrenamiento multimodal, el cual engloba el trabajo de las principales capacidades afectadas por la enfermedad (e.g., fuerza, estabilidad del tronco, equilibrio general, marcha y movilidad funcional). La alta afectación de estas capacidades pone además en valor la valoración de estas capacidades físicas, que permitan un seguimiento de su evolución en el tiempo y una planificación de ejercicio físico individualizado para cada persona. De acuerdo con todo lo anterior, el presente trabajo final de grado persiguió el objetivo de analizar el impacto del entrenamiento multimodal sobre las principales capacidades físicas afectadas por la EM (i.e., estabilidad del tronco, equilibrio general, marcha y movilidad funcional) a lo largo de tres meses, resultando en un total de 3 mediciones por tarea o prueba. Los resultados permiten observar, de manera generalizada, unos valores poco cambiantes a lo largo de las 3 mediciones en las diferentes tareas registradas, siendo poco señalada una evolución o empeoramiento de las diferentes capacidades. Por consiguiente, los valores demuestran un mantenimiento general de dichas capacidades. A pesar de que no se observaron mejoras en las capacidades evaluadas, el mantenimiento de los valores de las diferentes capacidades a lo largo de los 3 meses de medición es un hecho importante y positivo a valorar en esta población debido a las características propias de la enfermedad.



INTRODUCCIÓN

La esclerosis múltiple (EM) es una enfermedad crónica caracterizada por una afectación en el sistema nervioso central debido a una desmielinización, lesión axonal temprana y/o pérdida axonal, siendo una de las causas más comunes de discapacidad neurológica en adultos jóvenes (Garg & Smith, 2015; Karussis, 2014). El tipo de EM más habitual es la remitente-recurrente, identificada por la aparición de episodios recurrentes de deterioro neurológico en forma de brotes, que luego pueden mejorar parcial o totalmente. No obstante, la mayoría de las personas (60-80%) progresan a la secundaria progresiva, distinguida por ser una forma avanzada de la EM, que es caracterizada por una progresión continua con o sin recaídas ocasionales en la que el grado de discapacidad persiste y/o empeora entre brotes. Un menor porcentaje (10-15%) tiene la EM de tipo primaria progresiva, donde el deterioro es más pronunciado y progresivo desde el inicio (Doshi & Chataway, 2016; Karussis, 2014).

La EM es una enfermedad con una gran heterogeneidad de síntomas y signos debido a la implicación diferencial de los sistemas motor, sensorial, visual y autónomo (Doshi & Chataway, 2016). La escala Expanded Disability Status Scale (EDSS) indica el grado de discapacidad en la EM, la cual tiene una puntuación entre 0 y 10, donde un mayor valor indica un mayor grado de afectación que se ve altamente influenciado por la capacidad de la marcha de las personas (Kalron et al., 2016). En este sentido, la falta de movilidad funcional y el empeoramiento de la marcha son dos de los aspectos más limitantes, ya que afecta negativamente a la realización de actividades de la vida diaria y, a su vez, aumenta el riesgo de caída (Moreno-Navarro et al., 2020). Por otro lado, otros de los síntomas prevalentes en la enfermedad son la falta de estabilidad del tronco y del equilibrio general y el déficit de fuerza en miembros inferiores, que también influyen sobre su velocidad de la marcha y la movilidad funcional (Moreno-Navarro et al., 2020).

El ejercicio físico es una terapia adicional a considerar en esta población, siendo una herramienta segura y muy aconsejada para la mejora de la movilidad, la fuerza, el equilibrio, la salud mental y la calidad de vida de las personas con EM (Learmonth & Motl, 2021). Entre los diferentes tipos de programas, aquellos que combinan ejercicios de fuerza, de equilibrio y coordinación son altamente eficaces (Reina-Gutiérrez et al., 2022), ya que la pérdida de fuerza, así como del equilibrio, es identificado como factor de riesgo de caídas en personas con EM (Grazioli et al., 2019; Reina-Gutiérrez et al., 2022). Habitualmente, los entrenamientos de fuerza destinados a esta población suelen consistir en el trabajo de ejercicios con máquinas de gimnasio, peso libre, bandas elásticas y/o únicamente con el propio peso corporal (Kalb et al., 2020), en los cuales es importante incidir en el trabajo de la pierna más afectada (Moreno-Navarro et al., 2020). Por otro lado, es importante implementar ejercicios para la mejora del equilibrio (i.e., ejercicios que retengan el equilibrio de forma constante por medio de una reducción de la base de sustentación y/o producción de movimiento del cuerpo (Brincks et al., 2023) ya que, de esta forma, características relacionadas con la pérdida de equilibrio se ven mejoradas (Grazioli et al., 2019). Asimismo, Freeman et al. (2010) pusieron en valor el entrenamiento de estabilidad del tronco para la mejora del equilibrio y de la movilidad en personas con EM debido a la evidencia existente acerca de los beneficios producidos por la mejora de la estabilidad central sobre estas variables. Frecuentemente, los ejercicios característicos empleados en los entrenamientos consisten en aquellos, como puentes o planchas y *bird-dog*, que desafían la capacidad de las personas de mantener la columna vertebral y la pelvis en posición neutra (Amiri et al., 2019; Freeman et al., 2010; Prat-Luri et al., 2023). Teniendo en cuenta todo lo anterior, es habitual emplear el entrenamiento multimodal en esta población, el cual combina diferentes tipos de entrenamiento para lograr una mejora global de los síntomas característicos de la enfermedad (Toledo-González, 2018).

La alta afectación de estas capacidades pone en valor la valoración de estas capacidades físicas, que permitan seguir la evolución de éstas a lo largo del tiempo y prescribir ejercicio físico individualizado para cada persona. Es por ello por lo que el objetivo principal del presente trabajo

final de grado residió en analizar el impacto de un programa de entrenamiento multimodal sobre las capacidades de la estabilidad del tronco, equilibrio general, marcha y movilidad funcional afectadas por la enfermedad en una persona con EM en un periodo de tres meses, durante el cual se evaluaron estas capacidades una vez al mes. La hipótesis principal fue que se observarían mejoras en las variables de estabilidad del tronco, equilibrio general, marcha y movilidad funcional.

MÉTODO

Las evaluaciones se desarrollaron en el laboratorio de Biomecánica y Salud del Centro de Investigación del Deporte de la Universidad Miguel Hernández, el cual está acondicionado con el material necesario para realizar las evaluaciones y con una adecuada luz y temperatura.

CARACTERÍSTICAS DE LA PARTICIPANTE

La participante fue una mujer de 60 años de 161 cm de altura y 57 kg de peso, que presentaba un grado de discapacidad o EDSS de 6. A simple vista, sin tener en cuenta ningún protocolo de evaluación objetiva, se observó que presentaba falta de coordinación, de fuerza y de musculatura en el lado izquierdo del cuerpo, además de percibirse cierta espasticidad, que repercutía en la marcha produciéndose una menor flexión de cadera, rodilla y tobillo izquierdo. La fuerza de los músculos del tronco también parecía haber disminuido con el avance de la enfermedad, al igual que la visión, sobre todo del ojo derecho, que resultaba incapacitante para realizar ciertas actividades, como puede ser la conducción, ya que su nervio óptico ha resultado afectado por la enfermedad. En lo que respecta a la marcha, podía caminar con algo de dificultad y con la ayuda de un implemento unilateral una vez salía a la calle. En cambio, el deterioro cognitivo o la fatiga no formaban parte de los signos y síntomas que padece.

La participante ha presentado un estilo de vida activo a lo largo de su vida, realizando multitud de actividades deportivas (e.g., baile, spinning, yoga, pilates, senderismo, natación, esquí y cicloturismo). En torno a los 5 años de ser diagnosticada la enfermedad, la persona podía realizar cualquier actividad sin problema la primera hora y media. A partir de entonces la debilidad muscular y la pequeña disminución de coordinación le impedían continuar la actividad cómodamente. Poco a poco el tiempo de práctica de estas actividades ha ido disminuyendo debido a la pérdida progresiva de equilibrio y coordinación en sus movimientos, así como pérdida de fuerza en su musculatura. Cabe mencionar que hoy en día puede realizar cualquier actividad doméstica que no implique cargar con peso excesivo ni comprometa el equilibrio. Además, hace uso de las escaleras que tiene en casa. No obstante, antes de empezar con el programa de entrenamiento multimodal que se describe a continuación, estuvo durante un año practicando pilates con máquina. Esta actividad, al realizarse en posición supino no le resultaba limitante.

Actualmente la participante asiste a un entrenamiento multimodal dos veces a la semana durante una hora y media. El programa se desarrolla en el complejo de formación deportiva "EL CLOT" de la Universidad Miguel Hernández y es ofertado a personas con enfermedades neurológicas, siendo la más común la EM, con participantes entre 40 y 60 años y con diferentes grados de discapacidad. El entrenamiento se conforma por un calentamiento y 3 tipos de actividades organizadas en forma de circuito: (i) Ejercicios funcionales orientado al trabajo de la movilidad funcional, el equilibrio y la marcha, (ii) Ejercicios de fuerza de miembros superiores e inferiores en máquinas, (iii) Ejercicios de estabilidad de tronco. En último lugar, el entrenamiento finaliza con una vuelta a la calma mediante ejercicios de estiramiento, tanto de miembros inferiores como superiores. Este entrenamiento es dirigido por un profesional del deporte y una fisioterapeuta, graduados en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte y Fisioterapia, respectivamente. El programa de entrenamiento se explica en mayor detalle en el trabajo de Toledo-González (2018).

PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

Las evaluaciones llevadas a cabo en el periodo de tres meses se dividieron a lo largo de un mismo mes en dos días diferentes de una misma semana, de manera que uno se centró en las tareas de estabilidad del tronco, y otro para las tareas de equilibrio general, marcha y movilidad funcional.

Test de estabilidad del tronco

Con el objetivo de valorar la estabilidad del tronco se llevaron a cabo diferentes ejercicios isométricos en suelo, los cuales se utilizan habitualmente para trabajar esta capacidad. La posición del cuerpo varía en prono o supino dependiendo del ejercicio. Los ejercicios se dividieron en 4 tipos de puentes (i.e., puente frontal, puente dorsal, puente lateral y *bird-dog*) con diferentes progresiones, sumando un total de 12 ejercicios. Las variantes del puente frontal consistieron en: puente corto con antebrazos apoyados sobre un bosu (diámetro: 45 cm; altura: 23 cm; Medusa T1, Elksport®, Spain) (PF1), puente largo (PF2) y puente largo con ligera elevación de una pierna (PF3). Las variantes del puente dorsal consistieron en: puente corto (PD1), puente corto con apoyo de una sola pierna (PD2) y puente corto con apoyo de ambas piernas sobre el bosu (PD3). Las variantes del puente lateral consistieron en: puente corto (PL1), puente corto con la pierna exterior en ligera abducción de cadera y extensión de rodilla (PL2) y puente largo (PL3). Las variantes del *bird-dog* consistieron en: posición convencional con tres puntos de apoyo y elevación de una pierna (BD1), posición convencional con dos puntos de apoyo con brazo y pierna contralateral elevados (BD2) y posición convencional con dos puntos de apoyo con brazo y pierna contralateral elevados, pero con la punta del pie de la pierna apoyada elevada (BD3) (Prat-Luri et al., 2023; Vera-García et al., 2020).

En las variantes unipodales se elevó la pierna más afectada (i.e., la izquierda), dejando como apoyo la pierna derecha. En los casos de las variantes del puente lateral se hicieron con el lado fuerte, el derecho. Una vez se realizaron todos los ejercicios se dejó un tiempo de descanso de alrededor de 1 minuto para volver a repetirlos todos y tener dos muestras de cada uno. La aceleración causada por los movimientos del cuerpo ocasionados durante la realización de los ejercicios de las dos primeras mediciones se registró mediante la aplicación Core Maker. En cambio, en la tercera medición fue empleada otra aplicación llamada Phyphox.



Figura 1. Variantes de ejercicios de estabilidad del tronco que la participante pudo realizar. Variantes del puente frontal (PF), puente dorsal (PD) y puente lateral (PL), de los cuales PF1: puente corto con antebrazos apoyados sobre un bosu, PF2: puente largo, PD1: puente corto, PD2: puente corto con apoyo de una sola pierna, PD3: puente corto con apoyo de ambas piernas sobre un bosu, PL1: puente corto y PL2: puente corto con la pierna exterior en ligera abducción de cadera y extensión de rodilla.

Test de equilibrio general

Con el objetivo de valorar la capacidad física del equilibrio la participante fue sometida a 12 tareas llevadas a cabo en bipedestación. Se registró la oscilación ocasionada por el cuerpo durante las tareas por medio de un smartphone colocado en la zona lumbar de la participante a través de un cinturón elástico, utilizando para ello la aplicación "Gait and Balance" (G&B) (Rashid et al., 2021). Las 4 primeras tareas se llevaron a cabo manteniendo una posición de los pies a una distancia entre ellos semejante a la de la anchura de cadera en: superficie estable con ojos abiertos (A1), superficie estable con ojos cerrados (A2), superficie inestable con ojos abiertos (A3) y superficie inestable con ojos cerrados (A4) (Rashid et al., 2021). Las 8 posteriores requirieron de una posición de los pies en semitandem, de manera que, en las 4 primeras, el pie derecho quedó ligeramente adelantado al izquierdo haciendo coincidir el maleolo tibial con la punta del pie colocado detrás sin llegar a tocarse y en las 4 últimas el pie adelantado fue del izquierdo. Las tareas en esta posición fueron: superficie estable con ojos abiertos (B1), superficie estable con ojos abiertos ejerciendo desplazamientos de la cabeza continuados hacia ambos lados (B2), superficie inestable con ojos abiertos (B3) y superficie estable con ojos cerrados (B4). Cada una de ellas tuvo una duración de 30 segundos y se realizaron dos intentos de cada una, resultando en un total de 24 registros (Kosse et al., 2015).

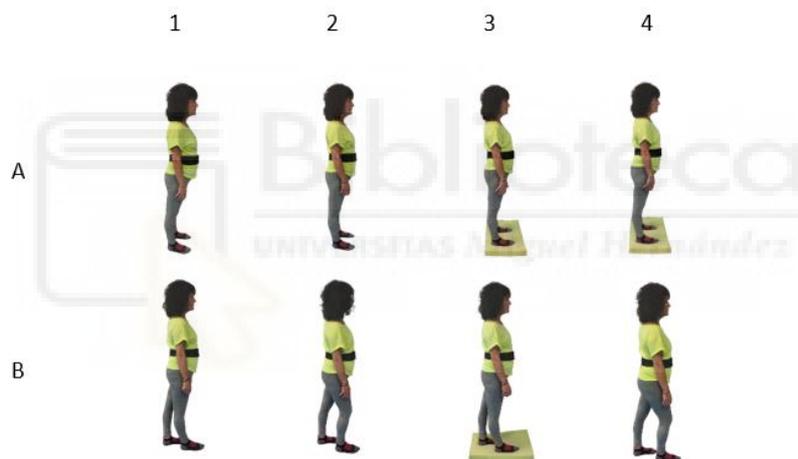


Figura 2. Tareas de equilibrio con una posición de pies a la anchura de cadera (A) y en semitandem (B), siendo A1: superficie estable con ojos abiertos, A2: superficie estable con ojos cerrados, A3: superficie inestable con ojos abiertos, A4: superficie inestable con ojos cerrados, B1: superficie estable con ojos abiertos, B2: superficie estable con ojos abiertos ejerciendo desplazamientos de cabeza continuados hacia ambos lados, B3: superficie inestable con ojos abiertos y B4: superficie estable con ojos cerrados.

Test de marcha y movilidad funcional

Para valorar la capacidad física de la marcha se emplearon dos test, uno que recogió un total de 4 tareas de marcha diferentes, en el que se registró la velocidad de la marcha medida (i.e., m/s) mediante la misma aplicación mencionada anteriormente (G&B) (Rashid et al., 2021), y otro que consistió en una única prueba llamada Timed 25-foot Walk Test (T25FW), en la cual fue registrado el tiempo (i.e., segundos) que se tarda en recorrer una distancia de 7,62 metros mediante un cronómetro digital (Barbado et al., 2020). Las 4 tareas de marcha del G&B fueron: marcha normal (D1), marcha normal con desplazamiento de cabeza continuados hacia ambos lados (D2), marcha rápida (D3) y marcha normal con un recitado de palabras que empiecen por la misma letra (D4), de manera que en esta última la participante tuvo que decir distintas

palabras que le viniesen a la cabeza que empezaran por la letra que se le indicó al inicio de la tarea mientras caminaba (e.g., “letra P”). Cada una de ellas consistió en 4 desplazamientos de 6 segundos, realizándose dos ensayos por cada tarea (Rashid et al., 2021). En cambio, el test T25FW residió en un único desplazamiento tratando de caminar lo más rápido posible por una distancia de 25 pies (i.e., 7,62 m), donde se realizaron tres ensayos (Barbado et al., 2020). Por otro lado, la movilidad funcional fue valorada mediante el test *Timed Up and Go* (TUG). La prueba consistió en levantarse de una silla, desplazarse 3 metros, girar alrededor de un cono y volver a sentarse en el menor tiempo posible, en este caso también, siendo registrado el tiempo en segundos por un cronómetro digital (Barbado et al., 2020).

Cabe mencionar que entre los ensayos de las pruebas T25FW y TUG se descansó en torno a 1 minuto. Además, también es importante mencionar que, pese a que la participante necesite ayuda de un implemento unilateral para caminar, no fue empleada ninguna ayuda para desplazarse en el espacio en ninguna de las tareas.

TRATAMIENTO DE DATOS

Por un lado, los valores obtenidos para el análisis de los datos fueron calculados mediante el promedio del número de ensayos realizados en cada tarea cada uno de los días de medición (i.e., dos ensayos en las variantes de los ejercicios de estabilidad de tronco, en las tareas de equilibrio general y en las de la marcha medidas con el G&B, y tres ensayos en la prueba T25FW de la marcha y en la prueba TUG de la movilidad funcional). Por otro lado, en cuanto a las variantes de los ejercicios de la estabilidad del tronco, aquellas no escogidas para el análisis de los datos fueron las PF3, PL3 y BD3, ya que no las pudo realizar, así como las BD1 y BD2, que finalmente no fueron utilizadas por una mala ejecución, quedando en un total de 7 ejercicios para el análisis.

RESULTADOS

En general se observa unos valores poco cambiantes a lo largo de las 3 mediciones en las diferentes tareas registradas, siendo poco señalada una evolución o empeoramiento de las diferentes capacidades (i.e., estabilidad del tronco, equilibrio general, marcha y movilidad funcional). Los resultados descritos pueden verse más en detalle en las tablas 1 y 2.

Estabilidad del tronco

En lo que concierne a los ejercicios de estabilidad del tronco, aquellos válidos para el posterior análisis de los datos son los que la participante realizó con la posición del cuerpo previamente indicada, manteniendo la columna vertebral y la pelvis en una posición neutra, y aguantando el tiempo de registro requerido para completar la tarea (figura 1). Es por ello, por lo que las variantes PF3, PL3, BD1, BD2 y BD3 no aparecen en el tratamiento de los datos, al igual que la tercera medición del PF2. Por otro lado, en cuanto al registro de datos, a lo largo de las mediciones se observa que apenas hay variación en los valores en los diferentes ejercicios, descartando por lo tanto una mejora o empeoramiento de la capacidad.

Tabla 1. Registro de la aceleración (m/s^2) causada en las progresiones de diferentes ejercicios de estabilidad de tronco.

EJERCICIO	VARIANTE	MEDICIÓN 1	MEDICIÓN 2	MEDICIÓN 3
PUENTE FRONTAL	1	0,138	0,172	0,125
	2	0,298	0,278	-
	3	-	-	-
PUENTE DORSAL	1	0,113	0,087	0,097
	2	0,161	0,178	0,161
	3	0,19	0,261	0,148
PUENTE LATERAL	1	0,167	0,147	0,145
	2	0,206	0,177	0,176
	3	-	-	-
BIRD-DOG	1	0,141	0,127	0,138
	2	0,152	-	0,147
	3	-	-	-

Equilibrio general

En las diferentes tareas de equilibrio registradas con la aplicación G&B se interpreta que, a mayor valor, mejor rendimiento en la tarea. En general, no se observan grandes cambios en las diferentes tareas y posiciones evaluadas (i.e., pies a anchura de caderas y semitandem) en las 3 mediciones realizadas (Tabla 2). No obstante, en la tarea de ojos abiertos en superficie inestable, sobre todo con el pie izquierdo delante, se registró un mayor valor en la tercera medición [2,8 (-ln (m/s^2))], indicando, un mayor rendimiento. Con respecto a la tarea de ojos cerrados en superficie estable, sobre todo con el pie derecho delante, se registró un menor valor en la tercera medición [2,45 (-ln (m/s^2))], resultando en un peor rendimiento.

Marcha y movilidad funcional

En lo que respecta a las tareas de marcha registradas con el G&B, se observa una menor velocidad de la marcha a lo largo de los tres meses de medición, siendo el tercer registro aquel con peores valores, especialmente en la tarea de marcha rápida, con un valor de 1,19 m/s frente a 1,25 m/s del segundo registro y 1,43 m/s del primero. Las demás tareas tienden a mantenerse con valores estables en el tiempo, pese a que en la segunda medición se registró un mayor rendimiento (a excepción de la marcha rápida), la primera y tercera medición fueron muy parecidas. Sobre los test del T25FW y TUG no son observables cambios a lo largo de las 3 mediciones.

Tabla 2. Resultados de las tareas de equilibrio general, marcha y movilidad funcional.

TAREA		MEDICIÓN 1	MEDICIÓN 2	MEDICIÓN 3
EQUILIBRIO (-ln (m/s²))				
Pies anchura cadera	Ojos abiertos superficie estable	3,71	3,67	3,52
	Ojos cerrados superficie estable	3,75	3,85	3,70
	Ojos abiertos superficie inestable	3,45	3,35	3,30
	Ojos cerrados superficie inestable	3,60	3,55	3,50
Semitandem	Ojos abiertos superficie estable	2,34	2,46	2,47
Pierna derecha delante	Ojos abiertos con desplazamiento de cabeza	2,25	2,35	2,30
	Ojos abiertos superficie inestable	2,20	2,40	2,50
	Ojos cerrados superficie estable	2,75	2,90	2,45
Semitandem	Ojos abiertos superficie estable	2,77	2,62	2,84
Pierna izquierda delante	Ojos abiertos con desplazamiento de cabeza	2,50	2,50	2,60
	Ojos abiertos superficie inestable	2,10	2,45	2,80
	Ojos cerrados superficie estable	2,70	2,80	2,65
MARCHA Y MOVILIDAD FUNCIONAL				
Marcha normal (m/s)		1,03	1,13	0,90
Marcha normal con desplazamiento de cabeza (m/s)		0,89	1,02	0,86
Marcha rápida (m/s)		1,43	1,25	1,19
Marcha normal con recitado de palabras (m/s)		0,98	1,03	0,92
T25FW (s)		7,2	6,4	6,9
TUG (s)		10,6	10,3	10,3

T25FW: Timed 25-foot Walk Test; TUG: Timed Up and Go Test.

DISCUSIÓN

El presente trabajo final de grado persiguió el objetivo de analizar el impacto del entrenamiento multimodal sobre las principales capacidades físicas que se ven afectadas por la EM. En relación con la hipótesis planteada que sugería mejoras en las principales capacidades evaluadas (i.e., estabilidad del tronco, equilibrio general, marcha y movilidad funcional), no ha podido ser afirmada, puesto que no han sido registrados cambios. No obstante, los valores demuestran un mantenimiento general de dichas capacidades, lo cual se considera un aspecto positivo. Rechazar la hipótesis de la evolución de las capacidades podría atribuirse al breve periodo de medición empleado, el cual no resultó suficiente para observar una evolución y mejora de las capacidades, contrastando con otros estudios como el de Toledo-González (2018), en el que emplearon el mismo programa de entrenamiento multimodal a lo largo de 28 semanas.

Profundizando en los resultados de cada variable se observa que, en el caso de los ejercicios de estabilidad del tronco no se observaron apenas cambios en los resultados a lo largo de las tres mediciones y, además, el registro en las evaluaciones pudo estar condicionado por la mayor manifestación de los síntomas de la participante (e.g., falta de fuerza y de estabilidad del tronco) en la tercera medición. En segundo lugar, las variantes que no pudo realizar la participante son respaldadas por el estudio de Prat-Luri et al., (2023) en el que la población seleccionada también fue con EM, aunque con una ligera variación de variantes de los ejercicios, a diferencia de estudios como el de Barbado et al., (2018) con población joven físicamente activa. Por otro lado, la capacidad de equilibrio general no presenta grandes cambios en las diferentes tareas y posiciones evaluadas a lo largo de los 3 meses. No obstante, en dos de las tareas la tercera medición resaltó del resto; una de ellas fue la de ojos abiertos en superficie inestable con

el pie izquierdo delante, en la que fue registrado un mayor rendimiento, y la otra fue la de ojos cerrados en superficie inestable con el pie derecho delante, en la que fue registrado un peor rendimiento. Además, cabe mencionar que, pese a los datos, se evidenció una clara mejora en base a las sensaciones percibidas cada uno de los días de medición del equilibrio general, en las tareas en semitandem con el pie izquierdo delante (i.e., pierna débil) en comparación con las realizadas con el pie derecho delante (i.e., pierna fuerte). Esta sensación positiva se debió a una mayor percepción de estabilidad de la participante a la hora de realizar las tareas en esta posición, tanto por parte de la participante como de la evaluadora. Esta diferencia se encuentra respaldada en el estudio de Barbado et al., (2020), en el que afirman un mejor rendimiento, en base a los datos, en aquellas tareas con la pierna fuerte detrás, que en el caso de la participante es la pierna derecha. Por último, las pruebas de la capacidad de la marcha del G&B y la del T25FW no mostraron mejorías ni empeoramientos a lo largo de las diferentes mediciones, al igual que la prueba TUG de movilidad funcional, debido al breve periodo de medición empleado.

El presente trabajo ostenta algunas imitaciones. La primera de ellas es que trata de un estudio de caso, en el que se valoran las capacidades afectadas por la enfermedad de una única persona y, por lo tanto, no es posible generalizar el impacto multimodal en la población. Además, en el registro de los ejercicios de estabilidad del tronco fueron utilizadas dos aplicaciones distintas con un distinto manejo de los datos debido a una imposibilidad de utilizar la aplicación del Core Maker en la tercera medición. Esta aplicación facilita los valores en el momento, la de Phyphox los datos han de ser calculados manualmente a posteriori, por lo tanto, esto podría implicar la presencia de ligeras variaciones en los datos de la tercera medición con respecto a las dos previas. Por otro lado, en futuras investigaciones sería apropiado añadir evaluaciones de la fuerza de los miembros inferiores, debido a que esta capacidad se ve afectada por la enfermedad y es una parte fundamental en numerosos programas de entrenamiento dirigidos a personas con EM. En este caso no pudo incluirse en el trabajo debido a la existencia de una única evaluación, que además quedó fuera del periodo de evaluación del resto de las capacidades valoradas.

CONCLUSIONES

El ejercicio físico aporta grandes beneficios a las personas con EM y el entrenamiento multimodal es uno de los más utilizados en esta población. En éste se trabajan las capacidades físicas mayormente afectadas por la enfermedad (e.g., estabilidad del tronco, equilibrio general, marcha y movilidad funcional) que, a su vez, han sido valoradas en este trabajo. En cuanto a los resultados, a pesar de que no se hayan observado mejoras con relación a las capacidades físicas evaluadas, el mantenimiento de los valores a lo largo de los 3 meses de medición es un hecho importante y positivo a valorar en esta población debido a las características propias de la enfermedad.

REFERENCIAS

- Amiri, B., Sahebozamani, M., & Sedighi, B. (2019). The effects of 10-week core stability training on balance in women with multiple sclerosis according to Expanded Disability Status Scale: A single-blinded randomized controlled trial. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 55(2). <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.18.04778-0>
- Barbado, D., Gomez-Illan, R., Moreno-Navarro, P., Valero-Conesa, G., Reina, R., & Vera-Garcia, F. J. (2020). Postural control quantification in minimally and moderately impaired persons with multiple sclerosis: The reliability of a posturographic test and its relationships with functional ability. *Journal of Sport and Health Science*, 9(6), 677-684. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2018.06.008>
- Brincks, J., Dalgas, U., Franzén, E., Callesen, J., Wallin, A., & Johansson, S. (2023). Unwrapping the “black box” of balance training in people with multiple sclerosis – A descriptive systematic review of intervention components, progression, and intensity. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, 69, 104412. <https://doi.org/10.1016/j.msard.2022.104412>
- Doshi, A., & Chataway, J. (2016). Multiple sclerosis, a treatable disease. *Multiple Sclerosis*.
- Freeman, J., Gear, M., Pauli, A., Cowan, P., Finnigan, C., Hunter, H., Mobberley, C., Nock, A., Sims, R., & Thain, J. (2010). The effect of core stability training on balance and mobility in ambulant individuals with multiple sclerosis: A multi-centre series of single case studies. *Multiple Sclerosis Journal*, 16(11), 1377-1384. <https://doi.org/10.1177/1352458510378126>
- Garg, N., & Smith, T. W. (2015). An update on immunopathogenesis, diagnosis, and treatment of multiple sclerosis. *Brain and Behavior*, 5(9), e00362. <https://doi.org/10.1002/brb3.362>
- Grazioli, E., Tranchita, E., Borriello, G., Cerulli, C., Minganti, C., & Parisi, A. (2019). The Effects of Concurrent Resistance and Aerobic Exercise Training on Functional Status in Patients with Multiple Sclerosis. *Current Sports Medicine Reports*, 18(12), 452-457. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000661>
- Kalb, R., Brown, T. R., Coote, S., Costello, K., Dalgas, U., Garmon, E., Giesser, B., Halper, J., Karpatkin, H., Keller, J., Ng, A. V., Pilutti, L. A., Rohrig, A., Van Asch, P., Zackowski, K., & Motl, R. W. (2020). Exercise and lifestyle physical activity recommendations for people with multiple sclerosis throughout the disease course. *Multiple Sclerosis Journal*, 26(12), 1459-1469. <https://doi.org/10.1177/1352458520915629>
- Kalron, A., Nitzani, D., & Achiron, A. (2016). Static posturography across the EDSS scale in people with multiple sclerosis: A cross sectional study. *BMC Neurology*, 16(1), 70. <https://doi.org/10.1186/s12883-016-0603-6>
- Karussis, D. (2014). The diagnosis of multiple sclerosis and the various related demyelinating syndromes: A critical review. *Journal of Autoimmunity*, 48-49, 134-142. <https://doi.org/10.1016/j.jaut.2014.01.022>
- Kosse, N. M., Caljouw, S., Vervoort, D., Vuillerme, N., & Lamothe, C. J. C. (2015). Validity and Reliability of Gait and Postural Control Analysis Using the Tri-axial Accelerometer of the iPod Touch. *Annals of Biomedical Engineering*, 43(8), 1935-1946. <https://doi.org/10.1007/s10439-014-1232-0>
- Learmonth, Y. C., & Motl, R. W. (2021). Exercise Training for Multiple Sclerosis: A Narrative Review of History, Benefits, Safety, Guidelines, and Promotion. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(24), 13245. <https://doi.org/10.3390/ijerph182413245>

- Moreno-Navarro, P., Gomez-Illán, R., Carpena-Juan, C., P. Sempere, Á., Vera-Garcia, F. J., & Barbado, D. (2020). Understanding the Deterioration of Gait, Postural Control, Lower Limb Strength and Perceived Fatigue Across the Disability Spectrum of People with Multiple Sclerosis. *Journal of Clinical Medicine*, 9(5), 1385. <https://doi.org/10.3390/jcm9051385>
- Prat-Luri, A., Moreno-Navarro, P., Carpena, C., Manca, A., Deriu, F., Barbado, D., & Vera-Garcia, F. J. (2023). Smartphone accelerometry for quantifying core stability and developing exercise training progressions in people with multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, 72, 104618. <https://doi.org/10.1016/j.msard.2023.104618>
- Rashid, U., Barbado, D., Olsen, S., Alder, G., Elvira, J. L. L., Lord, S., Niazi, I. K., & Taylor, D. (2021). Validity and Reliability of a Smartphone App for Gait and Balance Assessment. *Sensors*, 22(1), 124. <https://doi.org/10.3390/s22010124>
- Reina-Gutiérrez, S., Cavero-Redondo, I., Martínez-Vizcaíno, V., Núñez De Arenas-Arroyo, S., López-Muñoz, P., Álvarez-Bueno, C., Guzmán-Pavón, M. J., & Torres-Costoso, A. (2022). The type of exercise most beneficial for quality of life in people with multiple sclerosis: A network meta-analysis. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 65(3), 101578. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2021.101578>
- Vera-Garcia, F. J., Irlés-Vidal, B., Prat-Luri, A., García-Vaquero, M. P., Barbado, D., & Juan-Recio, C. (2020). Progressions of core stabilization exercises based on postural control challenge assessment. *European Journal of Applied Physiology*, 120(3), 567-577. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04313-9>
- Toledo-González, C. (2018). *Efectos de un programa de entrenamiento multimodal de equilibrio, fuerza y estabilidad del tronco en personas con esclerosis múltiple* [trabajo final de máster, Universidad Miguel Hernández], Repositorio RediUMH. <http://hdl.handle.net/11000/5994>