



***EFECTOS DE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO DE  
LA FUERZA Y LA ESTABILIDAD DEL CORE SOBRE LA  
CALIDAD DE VIDA, LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA  
DIARIA Y LA FATIGA PERCIBIDA EN PACIENTES CON  
ESCLEROSIS MÚLTIPLE***

**MÁSTER EN ALTO RENDIMIENTO DEPORTIVO Y SALUD**

**TRABAJO DE FIN DE MASTER**

**2015/2016**

***Gregori Valero Conesa***

**Tutor investigación**

Francisco David Barbado Murillo.

**Tutor profesional**

Francisco Jose Vera García.

**Cotutor**

Ramón Jesús Gómez i Illan.

## **Resumen**

El objetivo del presente trabajo fue aplicar programas de entrenamientos de la potencia mecánica para la mejora del equilibrio en pacientes con Esclerosis Múltiple con objeto de disminuir el número caídas y mejorar la calidad de vida de los mismos. Se estudió a 30 pacientes, 9 hombres y 21 mujeres, (edad  $44,20 \pm 9,31$ ; Expanded Disability Status Scale –EDSS-  $3,02 \pm 1,65$ ). La muestra se dividió en dos grupos de intervención aplicando dos metodologías para la mejora de la fuerza y de la potencia en el tren inferior: una basada en el trabajo de potencia clásico y la otra metodología basada repeticiones óptimas que les permitan trabajar manteniendo la máxima potencia mecánica. Ambas metodologías fueron aplicadas en un programa de 12 semanas de duración realizando mediciones pre- y post-intervención. Para valorar los efectos de los programas de intervención se analizaron parámetros de fuerza del tren inferior tales como el 1RM, pico de potencia máxima y el RFD, parámetros de equilibrio mediante el uso de plataformas de fuerzas. Asimismo se realizaron test funcionales como el T25FW y TUG para valorar la marcha. Finalmente se aplicaron diversos cuestionarios para valorar la fatiga percibida (FSS y MFIS), la calidad de vida (MSQOL54) y el vértigo (DHI). Con objeto de observar que metodología del entrenamiento de la fuerza proporcionaba mayores efectos, se realizó un ANOVA mixto para todas las variables siendo el factor intra-sujeto la *medición* (2 niveles: pre-test y post-test) y el factor intersujeto el *tipo de entrenamiento* (2 niveles: tradicional y potencia óptima). Con objeto de observar si un mayor incremento en la potencia tras el entrenamiento estuvo asociado a una mejora en el resto de variables se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson.

**Palabras clave:** potencia, equilibrio, estabilidad tronco, fatiga, caídas, esclerosis múltiple.

## **Introducción.**

La esclerosis múltiple (EM) es una enfermedad neurodegenerativa inflamatoria y autoinmune que puede afectar cualquier estructura mielinizada del sistema nervioso central (SNC) (1). Es la enfermedad neurológica más frecuente en adultos jóvenes de Europa y Norteamérica, cuyo diagnóstico oscila entre los 20 y 40 años predominando en el sexo femenino sobre el masculino, con una relación de género de 2:1(2).

Las formas progresivas de la esclerosis múltiple EM se clasifican en cinco subtipos: 1) remitente recurrente (RR), la cual es la forma más frecuente y se caracteriza por remisiones sucesivas y recaídas que pueden o no pueden dejar secuelas; 2) secundaria progresiva (PS), en la cual los pacientes con un principio EM remitente-recurrente muestran disminución neurológica cada vez mayor durante remisiones; 3) primaria progresiva (PP), caracterizada por un empeoramiento progresivo después de los síntomas iniciales; 4) progresiva recurrente (PR), caracterizada por una disminución progresiva de la capacidad funcional que sin embargo se entremezcla con recaídas; y 5) la EM Benigna, la cual se caracteriza por una recuperación completa tras la aparición de uno o dos brotes iniciales (1,2).

Los síntomas más frecuentes de la enfermedad son la debilidad muscular, la fatiga, los problemas de estabilidad, el deterioro de la marcha, la disfunción cognitiva, la depresión y la espasticidad (3,4). Estos síntomas hacen que se produzcan cambios en la función corporal del paciente que afectan negativamente a su calidad de vida dificultando el realizar las tareas de la vida diaria, entre ellas el desempeñar su trabajo, por lo que las personas que padecen EM suelen adoptar un estilo de vida más sedentario que provoca una disminución progresiva de su nivel de condición física (3,4,5).

La inflamación, desmielinización y destrucción del sistema nervioso central (SNC) conlleva la inadecuada transmisión del impulso nervioso dificultando así la contracción muscular (6), lo que conlleva una reducción en la capacidad de producir fuerza, especialmente en las extremidades inferiores. Dicha reducción de fuerza, unida a la pérdida de control postural (7,8,9) desemboca en una pérdida global del equilibrio y el cambio en el patrón de la marcha, que puede estar agravado por la espasticidad (9), manifestándose una disminución significativa de la capacidad de ambulación en los pacientes de EM (10). Como consecuencia de todo lo anterior, los pacientes de EM sufren un elevado número de caídas (11). Se estima que entre un 48 y un 68% de pacientes han sufrido al menos una caída accidental (6,12), por lo que resulta de gran interés encontrar un tratamiento rehabilitador que reduzca dicho factor.

Durante los últimos años el ejercicio, entendido como la práctica de actividad física estructurada y repetida en el tiempo, ha empezado a ser considerado una herramienta importante en la rehabilitación física y funcional de los pacientes de EM. Durante años se tendió a recomendar a los pacientes no realizar ejercicio y limitar su actividad física diaria (13,14) debido al temor de exacerbación de algunos síntomas por un aumento de la temperatura corporal (13) y a la aparición

de fatiga tras la práctica (3,5) lo que producía que los pacientes tendieran a ser más sedentarios (15). Esta inactividad además provocaba una mayor debilidad muscular y otras complicaciones relacionadas con la baja condición física como obesidad, problemas cardiovasculares, diabetes tipo II o cáncer (14). No obstante, durante los últimos años la literatura ha constatado la utilidad del entrenamiento físico como método encaminado a mejorar algunos de los síntomas producidos por la patología (16,17), entre ellos la falta de equilibrio y por tanto las caídas, haciendo evidente además que la práctica de ejercicio físico es segura (18) y aporta diferentes beneficios físicos, cognitivos y sociales (3,4,13,19,14).

Llegados a este punto la literatura científica actual trata de analizar qué tipo de ejercicio o programa es más beneficioso para esta población. Las investigaciones no muestra una evidencia clara al respecto, ya que tanto los entrenamientos de fuerza como los de resistencia, e incluso las programaciones de entrenamientos combinando ambas capacidades, han demostrado tener efectos beneficiosos en esta población (4,13,20). No obstante, determinados autores señalan que el ejercicio de fuerza parece ser mejor tolerado por esta población debido sobre todo al menor aumento de la temperatura corporal producido, especialmente en personas sedentarias y/o el que el aumento del calor corporal suponga una pérdida del rendimiento, un bajo estado de ánimo, etc. (21). Los entrenamientos de fuerza se consideran una herramienta útil en la rehabilitación de los pacientes de EM, y han demostrado mejorar su capacidad de producción de fuerza, equilibrio, fatiga percibida y la calidad de vida (19). Además, se ha comprobado como el entrenamiento de fuerza mejora la conducción neural (22) y la señal eferente de las neuronas motoras en sujetos con EM (23).

La mayoría de estudios basados en entrenamientos de fuerza se han centrado en programas progresivos hasta cargas submáximas (<80% de 1RM) y no en desarrollar manifestaciones específicas de la misma. Cruickshank et al (2015) citan diferentes estudios donde muestran metodologías de entrenamiento de la fuerza de frecuencia semanal y duración muy variada – desde las 4 semanas a los 6 meses-, pero en ninguno de ellos se informa de la manifestación o cualidad a trabajar en el programa de fuerza (24).

En este sentido, la literatura ha demostrado que en adultos mayores el entrenamiento basado en la mejora de la potencia ha resultado ser eficaz a la hora de mejorar la funcionalidad y el equilibrio, y por extensión de reducir el número de caídas de la población (25,26). Este tipo de entrenamiento produce una mejora especialmente en los parámetros neuromusculares relacionados con la producción de fuerza en poco tiempo tales como un incremento del reclutamiento de las unidades motoras, de la ratio de descarga y de la sincronización de fibras (25). Dichas adaptaciones están estrechamente relacionadas con las mejoras funcionales anteriormente comentadas (25, 26). En base a esto, y teniendo en cuenta, que los pacientes con esclerosis múltiple muestran una mayor reducción de potencia del tren inferior que de fuerza, parece lógico pensar que dicho entrenamiento puede aportar beneficios similares tanto para la mejora funcional como para las mejoras de equilibrio y la consiguiente reducción del número de caídas. Además, debido a que las mejoras obtenidas en potencia tras un entrenamiento de fuerza se conservan incluso tras 12

semanas de desentrenamiento (27), la aplicación de este tipo de metodologías de entrenamiento que maximizan la producción de potencia parece muy adecuada para esta población más si se tiene en cuenta que los pacientes de EM pueden necesitar o sufrir periodos de no entrenamiento debido a las exacerbaciones o brotes típicos de la patología.

Por lo tanto, en base a lo expuesto, el objetivo del presente fue aplicar programas de entrenamientos de la potencia mecánica para la mejora de la estabilidad y por tanto la disminución de caídas de un grupo de pacientes con EM. Específicamente fueron aplicadas dos metodologías de intervención que pretende mejorar la producción de potencia y fuerza del tren inferior: una basada en el trabajo de potencia clásico, basándonos en las recomendaciones de Izquierdo et al (28) y Siegel et al (29) y otro en el que seleccionamos para cada paciente la carga y repeticiones óptimas que les permitan trabajar manteniendo la máxima potencia mecánica (30). Este último método tiene varias ventajas, en especial para esta población tales como que permite trabajar con cada sujeto en su carga óptima de producción de máxima potencia, y sólo durante un número de repeticiones en las cuales dicha potencia no se reduzca (>90%), reduciendo dos variables que son muy importantes en la calidad de vida y el estado de ánimo de los pacientes de EM como son la fatiga y el sobrecalentamiento.

Nuestra hipótesis es que el entrenamiento basado en el mantenimiento de la potencia mecánica obtendrá iguales ó mayores beneficios tanto en el pico de potencia máxima, como en el equilibrio corporal general y la estabilidad del tronco, lo que a su vez mejorará variables asociadas a la calidad de vida como la fatiga percibida y la velocidad de la marcha.

### **Material y métodos.**

#### **Participantes.**

30 pacientes, 9 hombres y 21 mujeres, (edad  $44,20 \pm 9,31$ ; Expanded Disability Status Scale (EDSS)  $3,02 \pm 1,65$ ), accedieron voluntariamente al presente estudio. Los criterios de inclusión fueron: 1) Estar diagnosticado de EM por un neurólogo; 2) Ser capaz de realizar la batería de test planteada.

El presente trabajo junto con el consentimiento informado firmado por los participantes, fue aprobado por el Órgano Evaluador de Proyectos de la Universidad Miguel Hernández de Elche.

#### **Instrumental.**

**Dinamómetro isoinercial.** Con objeto de valorar parámetros de potencia y fuerza del tren inferior se utilizó un dinamómetro isoinercial T-Force, Force Dynamic Measurement System, Ergotech©, Spain (31).

**Dinamómetro de presión manual.** Para conocer los niveles de fuerza isométrica en la musculatura del antebrazo se utilizó un dinamómetro de presión manual modelo Hydraulic Hand Dynamometer, Model SH5001 (32).

*Dinamómetro isométrico.* Para valorar los niveles de fuerza isométrica de la musculatura abductora y aductora de la cadera se utilizó un dinamómetro isométrico digital Manual Muscle Tester, Modelo 01165 (33).

*Plataforma de fuerzas.* Con el objetivo de valorar la estabilidad general y del tronco se utilizó una plataforma de fuerzas Kistler, Suiza, Modelo 9286AA (34).

*Timed Up & Go Test* (35). Este cuestionario mide la movilidad y funcionalidad de los sujetos, requiriendo tanto estabilidad estática como dinámica.

*Timed 25 Foot Walk (T25FW)* (35) valora la velocidad de la marcha.

*Fatigue Severity Scale (FSS)* (36) y *Modified Fatigue Impact Scale (MFIS)* (37). Para medir fatiga percibida en distintos momentos temporales se utilizaron ambos cuestionarios.

*Dizziness Handicap Inventory (DHI).* Se utilizó este cuestionario para cuantificar la falta de equilibrio y el nivel de vértigo (38).

*Múltiple sclerosis quality of life questionnaire (MSQOL54).* Para medir la calidad de vida del paciente en distintos aspectos se utilizó el siguiente cuestionario (39).

### Procedimiento.

Se realizó un diseño de dos grupos experimentales, grupo 1 (G1) y grupo 2 (G2), realizando mediciones intra-grupo pre- y post-intervención. G1 y G2 realizaron la misma intervención de trabajo de fuerza para el tren superior, equilibrio corporal y la estabilidad del tronco, mientras que para el tren inferior se persiguió la mejora de la potencia muscular donde G1 basó su entrenamiento en una metodología encaminada a mejorar la potencia atendiendo a recomendaciones clásicas, mientras que G2 entrenó siguiendo los criterios de mejora de potencia basados en el mantenimiento de la potencia mecánica. En la tabla 1 se muestra el cronograma del estudio.

**Tabla 1.** Cronología del estudio.

Semana	Acondicionamiento			Intervención		
	-2	-1	1-4	5	6-12	13
<b>EVALUACIONES</b>		Fuerza				Fuerza
		Estabilidad				Estabilidad
		T25fw				T25FW
		TUG		Evaluación		TUG
		FSS		Fuerza		FSS
		MFIS		Iso-Inercial		MFIS
		DHI				DHI
	MSQOL54				MSQOL54	

T25fw: Timed 25 Foot Walk, TUG: Timed Up & Go Test, FSS: Fatigue Severity Scale, MFIS: Modified Fatigue Impact Scale, DHI: Dizziness Handicap Inventory, MSQOL54: Multiple sclerosis quality of life questionnaire

## Evaluaciones

**Estabilidad del tronco y equilibrio corporal estático.** Se evaluó antes del entrenamiento (pre) y tras el mismo (post) la estabilidad del tronco en posición sedante (ET) y la estabilidad general en posición bipodal tándem (EB). Ambos protocolos se realizaron sobre una plataforma de fuerzas, que registró el desplazamiento del centro de presiones (COP) de los participantes. Un software proporcionó feedback visual en tiempo real al participante tanto del COP como de un punto criterio proyectando en una pantalla colocada a 3,40 m de distancia y a 1 m de altura.

**Protocolo de ET.** Para evaluar la estabilidad del tronco se utilizó el Paradigma del asiento inestable (33). Se utilizó un asiento de madera plano con una semiesfera de resina (10 cm de altura por 35 cm de diámetro) unida a la parte inferior del mismo, creando una superficie inestable con tres grados de libertad de rotación. El asiento tiene un reposapiés regulable en altura para fijar la posición de las extremidades inferiores y formar una angulación de 90° de rodilla. Este asiento se coloca encima de la plataforma de fuerza que se encuentra encajada en una mesa de madera a 0,90m de altura con respecto al suelo. Se fijó al sujeto las extremidades inferiores con una cinta en cada pie a la altura de los tobillos, una cinta en la cadera y con los brazos en el pecho para evitar movilidad articular (Figura 1A). En esta posición, los sujetos intentaron ajustar su CoP al punto criterio mientras éste describía una trayectoria circular (Figura 1B). El test constó de 5 repeticiones de 70s, con 60s de descanso entre las mismas.

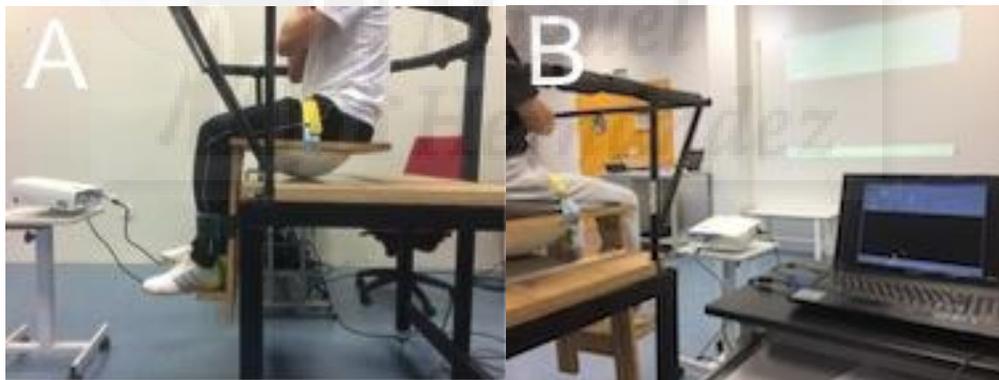


Figura 1A. Posición del sujeto durante la evaluación de estabilidad del tronco. Figura 1B. Software que ofrece la trayectoria circular que describe el punto de criterio (punto rojo) y el CoP (punto amarillo) proyectado en pantalla frente al sujeto.

**Protocolo de EB.** Sobre la plataforma de fuerzas y en posición tándem (Figura 2) los sujetos intentaron ajustar su CoP al punto criterio mientras éste describía una trayectoria vertical. El test constó de 6 repeticiones de 70s, con 60s de descanso entre las mismas: 3 repeticiones en las que el sujeto colocó su pierna dominante delante, y 3 repeticiones con la pierna no dominante.

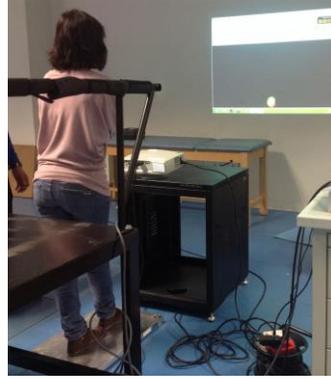


Figura 2. Posición del sujeto durante la evaluación de la estabilidad en posición tándem.

**Fuerza.** Se evaluó antes del entrenamiento (pre) y tras el mismo (post) el PMF del antebrazo y de la abducción y aducción de cadera. Asimismo, se evaluó pre- y post-intervención, y en la quinta semana de la misma, la Repetición Máxima (1RM) y el Pico Máximo de Potencia (PMP) de la musculatura implicada en la realización del ejercicio HalfSquat utilizando un dinamómetro isoinercial. El dinamómetro utilizado para realizar los test no fue utilizado durante las sesiones de entrenamiento de la intervención para minimizar el efecto aprendizaje.

*PMF isométrico del antebrazo.* Con el sujeto en posición anatómica con los brazos extendidos, y para mano dominante y no dominante, el paciente realizó tres contracciones isométricas máximas de 5s, con 30s de descanso entre las mismas, la puntuación de esta prueba se calculó realizando la media de las dos puntuaciones más altas.

*PMF Isométrico de cadera.* Con el sujeto decúbito supino, se realizó para pierna dominante y no dominante, tres contracciones isométricas máximas de 5s con 60s de descanso entre repeticiones para la abducción y la aducción. Se consideró el PMF isométrico de cadera la media de las dos mayores contracciones.

*Test de RM.* Tras el calentamiento, consistente en 5 minutos de cicloergómetro y 10 repeticiones de un Halfsquat (90° de flexión de rodilla) sin peso en una máquina Multipower Smith, los sujetos realizaron test de 1RM mediante la fórmula de Brzycki (40).

*Test de potencia.* Tras un calentamiento igual al del test RM, los sujetos realizaron series de 3 repeticiones al 40, 50, 60 y 70% de 1RM en la máquina Multipower Smith conectada al dinamómetro isoinercial, registrando el PMP obtenido. Además, a G2 se le evaluó con la carga correspondiente a su PMP el Test de Repeticiones Óptimas, entendiéndose como óptimas aquellas en las que el sujeto era capaz de mantener la potencia mecánica, es decir, en las que obtuvo valores de potencia máxima mayores o iguales al 90%PMP.

**Estabilidad dinámica.** Se evaluó antes del entrenamiento (pre) y tras el mismo (post) la estabilidad dinámica y la capacidad funcional mediante el TUG consistente en medir el tiempo que el sujeto, partiendo desde sentado, da la vuelta a un cono situado a 3 metros de la misma y vuelve a sentarse

en la silla con la espalda apoyada en el respaldo de la misma. Se consideró el resultado del TUG a la media de las dos mejores repeticiones de tres intentos con 1' de descanso entre repeticiones.

**Velocidad de la marcha.** Se evaluó antes del entrenamiento (pre) y tras el mismo (post) la velocidad de desplazamiento del sujeto mediante el T25FW, consistente en recorrer una distancia de 25 pies (7,625m) lo más rápido posible. Se consideró el resultado del TUG a la media de las dos mejores repeticiones de 3 intentos con 1' de descanso entre repeticiones.

**Fatiga.** Se evaluó a fatiga percibida de los sujetos antes de la intervención (pre) y después de la misma (post) mediante los cuestionarios cuestionario FSS y el MFIS.

**Equilibrio.** Se evaluó la percepción del equilibrio antes de la intervención y después de la misma mediante el cuestionario (DHI).

**Calidad de Vida.** Se evaluó antes y después de la intervención mediante el cuestionario MSQOL54.

### Intervención.

Los grupos G1 y G2 realizaron un programa de entrenamiento de 12 semanas de intervención con dos semanas de acondicionamiento previo (Tabla 2).

Tabla 2. Prescripción semanal de la carga.

Semana	Grupo	%RM	Series	Repeticiones	Descanso (min)
<i>Tren superior</i>					
1-2		30			
3-4		40			
5-6	G1 y G2	50	3	8	3
7-8		60			
9-10		70			
11-2		70-80			
<i>Tren inferior</i>					
1 a 12	G1	70	3	6	3
	G2	Según Test			

RM: repetición máxima. Min: minutos. G1: grupo 1. G2: grupo 2

Desde la semana -2 a la semana 4 los sujetos de ambos grupos entrenaron 2 días por semana (martes y jueves) los ejercicios: *Front Dumbbell Raise*, *Chest Press* y *Low Pulley Rowing* para el tren superior; *Half Stance Multipower ½ Squat* para el tren inferior; más 3 ejercicios de equilibrio corporal general y 5 de estabilidad del tronco (Anexo I). De la semana 5 a la 12 se añadió un tercer día de entrenamiento (lunes) en el que sólo se realizó el ejercicio de tren inferior.

Las evaluaciones tanto de la estabilidad de tronco como de equilibrio general se realizaron cada 4 semanas para que el nivel de exigencia del ejercicio fuera el adecuado para cada sujeto.

Las sesiones comenzaron con 5' de ejercicio cardiovascular en cinta, bicicleta estática o elíptica seguida de los ejercicios planificados para toda la intervención. Después de cada ejercicio y al finalizar la sesión para la vuelta a la calma se realizó estiramiento de la musculatura implicada.

### **Análisis y reducción de datos**

#### *Variables utilizadas para evaluar la estabilidad del tronco y el equilibrio corporal estático:*

A partir de las fuerzas de reacción registradas por la plataforma, se calculó la posición del centro de presiones en el eje anteroposterior y medio lateral. Los datos registrados a 1000 Hz se submuestrearon a 20 Hz para su análisis. Los primeros 10 s se descartaron para evitar los efectos de la no estacionariedad debidos a la puesta en marcha de la prueba (Van Dieën et al., 2010)

A partir de dicha posición, fue cuantificado el error radial medio (ERM) calculado como la distancia del COP respecto al punto criterio (Hancock et al., 1995).

#### *Variables utilizadas para valorar la fuerza y la potencia del tren inferior*

Para poder prescribir la intensidad del entrenamiento se evaluó a todos los sujetos mediante el protocolo de RM para conocer la repetición máxima en kg en el ejercicio de Half Stance Multipower ½ Squat mediante el dinamómetro isoinercial. Una vez conocido la repetición máxima se calculó porcentajes de esa carga 40, 50, 60, y 70% para conocer en cual de esos porcentajes se alcanzaba el pico máximo de potencia (W) para prescribir intensidades y repeticiones correspondientes para el entrenamiento.

#### *Variables utilizadas para valorar la fuerza isométrica del tren inferior y superior.*

Para valorar el pico máximo de fuerza isométrica medida en kg de la musculatura del antebrazo se utilizó el dinamómetro de presión manual.

Para conocer el pico máximo de fuerza isométrica medida en newton de la musculatura abductora y aductora de la cadera se utilizó un dinamómetro isométrico digital Manual.

#### *Variables utilizadas para valorar la velocidad de la marcha y el equilibrio dinámico.*

Para medir las variables velocidad de la marcha y equilibrio dinámico se utilizó un cronometro registrando el tiempo en segundos en que los sujetos conseguían realizar las pruebas.

#### *Variables para medir la fatiga percibida.*

Se utilizó el cuestionario FSS para medir la fatiga percibida en EM en periodos semanales. Pacientes con FSS>4 son considerados como pacientes con fatiga severa y MFIS para evaluar la fatiga percibida durante periodos mensuales obteniendo además de un valor total de fatiga tres dimensiones: física, cognitiva y psicosocial, de forma cuantitativa.

### *Variables para medir el nivel de vértigo.*

Se cuantificó el nivel de discapacidad debido al vértigo o falta de equilibrio en tres subescalas (física, emocional y funcional) mediante el cuestionario DHI de forma cuantitativa.

### *Variables para medir la calidad de vida.*

Este cuestionario mide la calidad de vida del paciente atendiendo a aspectos físicos, emocionales, de dolor, percepción de salud, función social y cognitiva, alteración de la salud y función sexual de forma cuantitativa.

### **Análisis estadístico**

Se calcularon los estadísticos descriptivos de todas las variables. Se realizó una prueba de Kolmogorov-Smirnoff con la corrección de Lilliefors para analizar si los datos cumplían el supuesto de normalidad. Posteriormente, se realizó un ANOVA mixto para todas las variables siendo el factor intra-sujeto la *medición* (2 niveles: pre-test y post-test) y el factor intersujeto el *tipo de entrenamiento* (2 niveles: tradicional y potencia óptima). Además, se realizaron análisis inter-grupos los niveles de estadio de la patología según EDSS y las mejoras observadas tras el entrenamiento. Para las comparaciones múltiples “post-hoc” se utilizará el ajuste de Bonferroni con la corrección de Lilliefors.

Con objeto de observar si un mayor incremento en la potencia tras el entrenamiento estuvo asociado a una mejora en el resto de variables se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson. Los valores de correlación fueron categorizados como se detalla 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) (43).

Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS package (versión 22, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) y la hipótesis nula fue rechazada al nivel de significación del 95% ( $p \leq 0.05$ ).

## **Bibliografía.**

1. Understanding MS and Exercise A Fitness and Lifestyle Providers Guide. MS Society of Canada, 2008.
2. Yahia, A., Ghroubi, S., Mhiri, C., & Elleuch, M. H. (2011). Relationship between muscular strength, gait and postural parameters in multiple sclerosis. *Annals of physical and rehabilitation medicine*, 54(3), 144-155.
3. Motl, R. W., & Pilutti, L. A. (2012). The benefits of exercise training in multiple sclerosis. *Nature Reviews Neurology*, 8(9), 487-497.
4. Latimer-Cheung, A. E., Pilutti, L. A., Hicks, A. L., Ginis, K. A. M., Fenuta, A. M., MacKibbin, K. A., & Motl, R. W. (2013). Effects of exercise training on fitness, mobility, fatigue, and health-related quality of life among adults with multiple sclerosis: a systematic review to inform guideline development. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 94(9), 1800-1828.
5. Pilutti, L. A., Greenlee, T. A., Motl, R. W., Nickrent, M. S., & Petruzzello, S. J. (2013). Effects of exercise training on fatigue in multiple sclerosis: a meta-analysis. *Psychosomatic medicine*, 75(6), 575-580.
6. Cattaneo D, De Nuzzo C, Fascia T, et al. Risks of falls in subjects with multiple sclerosis. *Arch Phys Med Rehabil* 2002; 83: 864–867.
7. Lanzetta D, Cattaneo D, Pellegatta D, Cardini R. Trunk control in unstable sitting posture during functional activities in healthy subjects and patients with multiple sclerosis. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2004;85:279-83.
8. Freeman J, Fox E, Gear M, Hough A. Pilates based core stability training in ambulant individuals with multiple sclerosis: protocol for a multi-centre randomised controlled trial. *BMC neurology*. 2012;12:19.
9. Freeman, J. A., Gear, M., Pauli, A., Cowan, P., Finnigan, C., Hunter, H., & 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*.
10. de Souza-Teixeira, F., Costilla, S., Ayan, C., Garcia-Lopez, D., Gonzalez-Gallego, J., & De Paz, J. A. (2009). Effects of resistance training in multiple sclerosis. *Int J Sports Med*, 30(4), 245-50.
11. Nilsagård, Y. E., von Koch, L. K., Nilsson, M., & Forsberg, A. S. (2014). Balance exercise program reduced falls in people with multiple sclerosis: A single-group, pretest-posttest trial. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 95(12), 2428-2434.
12. Kasser SL, Rose DJ and Clark S. Balance training for adults with multiple sclerosis: multiple case studies. *Neurol Rep* 1999; 23: 5–12.
13. Dalgas, U., Stenager, E., & Ingemann-Hansen, T. (2007). Multiple sclerosis and physical exercise: recommendations for the application of resistance-, endurance- and combined training. *Multiple sclerosis*.

14. Sandoval, A. E. (2013). Exercise in multiple sclerosis. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*, 24(4), 605-618.
15. Kent-Braun, J. A., Ng, A. V., Castro, M., Weiner, M. W., Gelinas, D., Dudley, G. A., & Miller, R. G. (1997). Strength, skeletal muscle composition, and enzyme activity in multiple sclerosis. *Journal of Applied Physiology*, 83(6), 1998-2004.
16. Beer, S., Khan, F., & Kesselring, J. (2012). Rehabilitation interventions in multiple sclerosis: an overview. *Journal of neurology*, 259(9), 1994-2008.
17. Langdon, D. W., & Thompson, A. J. (1999). Multiple sclerosis: a preliminary study of selected variables affecting rehabilitation outcome. *Multiple Sclerosis*, 5(2), 94-100.
18. Pilutti, L. A., Platta, M. E., Motl, R. W., & Latimer-Cheung, A. E. (2014). The safety of exercise training in multiple sclerosis: a systematic review. *Journal of the neurological sciences*, 343(1), 3-7.
19. Kjølhede, T., Vissing, K., & Dalgas, U. (2012). Multiple sclerosis and progressive resistance training: a systematic review. *Multiple Sclerosis Journal*, 1352458512437418.
20. Gallien, P., Nicolas, B., Robineau, S., Petrilli, S., Houedakor, J., & Durufle, A. (2007, July). Physical training and multiple sclerosis. In *Annales de réadaptation et de médecine physique* (Vol. 50, No. 6, pp. 373-376). Elsevier Masson.
21. Skjerbæk AG, Møller AB, Jensen E, Vissing K, Sørensen H, Nybo L, Stenager E, Dalgas U. Heat sensitive persons with multiple sclerosis are more tolerant to resistance exercise than to endurance exercise. *Multiple Sclerosis*, 19(7), 932-940.
22. Dalgas, U., Stenager, E., Lund, C., Rasmussen, C., Petersen, T., Sørensen, H., ...& Overgaard, K. (2013). Neural drive increases following resistance training in patients with multiple sclerosis. *Journal of neurology*, 260(7), 1822-1832.
23. Fimland, M. S., Helgerud, J., Gruber, M., Leivseth, G., & Hoff, J. (2010). Enhanced neural drive after maximal strength training in multiple sclerosis patients. *European journal of applied physiology*, 110(2), 435-443.
24. Cruickshank TM, Reyes AR, Ziman MR. (2015). A systematic review and meta-analysis of strength training in individuals with multiple sclerosis or parkinson disease. *Medicine*, 94(4), e411.
25. Rice, J., & Keogh, J. W. (2009). Power training: can it improve functional performance in older adults? A systematic review. *Int J Exerc Sci*, 2(2), 131-51.
26. Tschopp, M., Sattelmayer, M. K., & Hilfiker, R. (2011). Is power training or conventional resistance training better for function in elderly persons? A meta-analysis. *Age and ageing*, 40(5), 549-556.
27. Medina-Perez, C., de Souza-Teixeira, F., Fernandez-Gonzalo, R., & de Paz-Fernandez, J. A. (2014). Effects of a resistance training program and subsequent detraining on muscle strength and muscle power in multiple sclerosis patients. *NeuroRehabilitation*, 34(3), 523-530.
28. Izquierdo, M., Häkkinen, K., Gonzalez-Badillo, J. J., Ibanez, J., & Gorostiaga, E. M. (2002). Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the

- upper and lower extremities in athletes from different sports. *European journal of applied physiology*, 87(3), 264-271.
29. Siegel, J. A., Gilders, R. M., Staron, R. S., & Hagerman, F. C. (2002). Human muscle power output during upper-and lower-body exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 16(2), 173-178.
  30. Legaz-Arrese, A., Reverter-Masía, J., Munguía-Izquierdo, D., & Ceballos-Gurrola, O. (2007). An analysis of resistance training based on the maintenance of mechanical power. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(4), 427.
  31. Sarabia JM, Fernandez-Fernandez J, Juan-Recio C, Hernandez-Davo H, Urban T, Moya M (Mechanical, hormonal and psychological effects of a non-failure short-term strength training program in young tennis players. *Journal of Human Kinetics*, 45, 81-91.
  32. Cruz-Jentoft, A. J., Baeyens, J. P., Bauer, J. M., Boirie, Y., Cederholm, T., Landi, F., ... & Topinková, E. (2010). Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age and ageing*, 39(4), 411-430.
  33. Thorborg K, Serner A, Petersen J, Madsen TM, Magnusson P, Holmich P (2011). Hip adduction and abduction strength profiles in elite soccer players: implications for clinical evaluation of hip adductor muscle recovery after injury. *The American Journal of Sports Medicine*, 39, 121-126.
  34. López-Elvira JL, Barbado D, Juan-Recio C, García-Vaquero M, López-Valenciano A, López-Plaza D, Montero, C. Vera FJ (2013). Diferencias en la estabilización del tronco sobre un asiento inestable entre piragüistas, judocas y sujetos físicamente activos. *Revista Kronos*, 12(2), 63-72.
  35. Bethoux, F., & Bennett, S. (2011). Evaluating walking in patients with multiple sclerosis: which assessment tools are useful in clinical practice?. *International journal of MS care*, 13(1), 4-14.
  36. Krupp, L. B., LaRocca, N. G., Muir-Nash, J., & Steinberg, A. D. (1989). The fatigue severity scale: application to patients with multiple sclerosis and systemic lupus erythematosus. *Archives of neurology*, 46(10), 1121-1123.
  37. Kos D, Kerckhofs E, Carrea I, Verza R, Ramos M, Jansa J. Evaluation of the modified fatigue impact scale in four different European countries. *MultScler*. 2005; 6: 131-6.
  38. Cattaneo, D., Regola, A., & Meotti, M. (2006). Validity of six balance disorders scales in persons with multiple sclerosis. *Disability and rehabilitation*, 28(12), 789-795.
  39. Aymerich M, Perkal H, Nos C, Porcel J, Berra S, Rajmil L. Adaptación al español del cuestionario específico MSQOL-54 para pacientes con esclerosis múltiple. *Neurologia*. 2006; 21 (4):181-7.
  40. Knutzen KM, Brilla LR, Caine D. Validity of 1RM prediction equations for older adults. *J Strength Cond Res*. 1999; 13(242-246).
  41. Van Dieen, J. H., Koppes, L. L., & Twisk, J. W. (2010b). Postural sway parameters in seated balancing; their reliability and relationship with balancing performance. *Gait & Posture*, 31(1), 42-46. doi: 10.1016/j.gaitpost.2009.08.242

42. Hancock, G. R., Butler, M. S., & Fischman, M. G. (1995). On the Problem of Two-Dimensional Error Scores: Measures and Analyses of Accuracy, Bias, and Consistency. *Journal of Motor Behavior*, 27(3), 241-250. doi: 10.1080/00222895.1995.9941714.
43. Hinkle, Wiersma, & Jurs (2003). *Applied Statistics for the Behavioral Sciences* (5th ed.).



## Anexo I.

### Estabilidad monopodal

Apoyado sobre pierna  
estática



Apoyado sobre pierna  
estática más tarea con brazo:  
señalar con el brazo estirado  
los cuatro puntos cardinales.



Star excursión: apoyado  
sobre pierna estática más  
tarea con pierna contraria:  
señalar con pierna estirada  
los cuatro puntos cardinales.



Apoyado sobre pierna  
estática: flexo-extension  
tronco adelante/atrás.



Se realizan los ejercicios sobre pierna dominante y no dominante

### **Estabilidad dinámica**

---

Andar sobre una línea hacia  
delante punta-talón



Andar sobre una línea hacia  
delante paso normal



Andar sobre una línea hacia  
atrás punta-talón



Andar sobre una línea hacia  
atrás paso normal

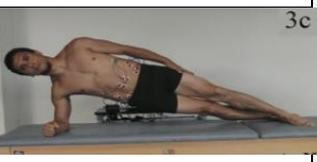
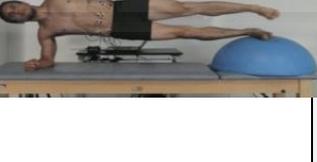


Andar sobre una línea hacia delante paso normal más tarea con brazos: pasarse objeto de una mano a otra



**Ejercicios de tronco**

EJERCICIO	PROGRESION	GRAFICO	EJERCICIO	PROGRESION	GRAFICO
PUENTE FRONTAL	CORTO	 1b	PUENTE DORSAL	CORTO	 2b
	LARGO	 1a		EXTENDIDO	 2a
	BOSU	 1e		BOSU	 2d
	LARGO 1 APOYO	 1c		LARGO 1 APOYO	 2c

	BOSU LARGO 1 APOYO			BOSU LARGO 1 APOYO	
<b>PUENTE LATERAL DERECHO</b>	CORTO		<b>BIRD DOG</b>	BRAZO DCHO/PIERNA IZQ ELEVADO	
	LARGO			BRAZO IZQ/PIERNA DCHA ELEVADO	AL REVÉS DEL ANTERIOR
	BOSU			BRAZO DCHO/PIERNA IZQ CÍRCULOS	
	LARGO 1 APOYO			BRAZO IZQ/PIERNA DCHA CÍRCULOS	AL REVÉS DEL ANTERIOR
	BOSU LARGO 1 APOYO			BRAZO DCHO/PIERNA IZQ ELEV BOSU	
	<b>EJERCICIOS DE ESTABILIDAD DEL TRONCO</b>			BRAZO IZQ/PIERNA DCHA ELEV BOSU	AL REVÉS DEL ANTERIOR
BRAZO DCHO/PIERNA IZQ CÍRC BOSU					
BRAZO IZQ/PIERNA DCHA CÍRC BOSU				AL REVÉS DEL ANTERIOR	