



# **Estabilidad del tronco y su relación con el equilibrio en pacientes con Esclerosis Múltiple – Revisión Bibliográfica y Propuesta de Intervención.**

Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

Trabajo fin de grado

2016/2017

**Autor:**

Jacques Acevedo Martin

**Tutor académico:**

Francisco David Barbado Murillo

## Índice

1.	CONTEXTUALIZACIÓN .....	3
2.	PROCEDIMIENTO DE REVISIÓN (METODOLOGÍA) .....	4
3.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA (DESARROLLO) .....	7
4.	DISCUSIÓN .....	9
5.	PROPUESTA DE INTERVENCIÓN .....	10
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	11
7.	ANEXOS .....	17
	Anexo 1: Posición del smartphone. ....	17
	Anexo 2: Tests estáticos y dinámicos.....	17
	Anexo 3: Multiple Sclerosis Impact Scale.....	19
	Anexo 4: Ficha de sesión.....	20
	Anexo 5: Ejercicios y progresiones.....	21
	Anexo 6: Cronograma de la propuesta de intervención.....	21



## 1. CONTEXTUALIZACIÓN

La esclerosis múltiple es una enfermedad del SNC caracterizada por una inflamación, desmielinización y destrucción de los axones motores y sensoriales del cerebro y la médula espinal (Feinstein, Freeman & Lo, 2015; Lassmann, 1999), siendo la población adulta joven, entre 35 y 51 años, la principalmente afectada, especialmente las mujeres con una proporción respecto a los hombres de 3 a 1 (Souza-Teixeira et al., 2009).

La sintomatología de la persona es dependiente del tipo de EM (remitente-recurrente, primaria progresiva, secundaria progresiva y progresiva recurrente), y de su curso en cuanto a duración, brotes padecidos, etc (Frzovic, Morris & Vowels, 2000; Ketelhut, Kindred & Manago, 2015; Lassmann, 1999; Martin et al., 2006). Sin embargo, de forma general, la inflamación, desmielinización y destrucción del SNC puede dar lugar al deterioro de la función muscular, que conduce a debilidad, fatiga, disminución de la capacidad ambulatoria y del control postural (Cameron, Thielman, Mazumder, Bourdette, 2013), déficits en equilibrio, disminución de la capacidad cardiovascular, ataxia, disfunción de la vejiga, espasticidad, dolor, problemas cognitivos, depresión y afectación pseudobulbar (Feinstein, Freeman & Lo, 2015). Algunas de estas afectaciones incrementan el número de caídas (Feinstein, 2015; Fitzpatrick & McCloskey, 1994; Freeman et al., 2010; Freeman, Fox, Gear, & Hough, 2012; Frzovic et al., 2000; Gallien et al., 2007; Lanzetta, Cattaneo, Pellegatta, & Cardini, 2004; Lassmann, 1999; Martin et al., 2006).

Para mejorar o disminuir el deterioro del equilibrio se recomienda complementar el tratamiento farmacológico con el tratamiento físico. Entre las diferentes terapias existentes, una de las que actualmente se considera más novedosa en la mejora de esta cualidad son las del entrenamiento de la estabilidad del tronco (Freeman et al., 2012).

Para entender el concepto de estabilidad de tronco empezaremos con la definición de estabilidad según Riemann y Lephart (2012): *“el estado de permanecer sin cambios, incluso en presencia de las fuerzas que normalmente modifican el estado o condición”*. Y según Vera-García et al. (2015) la estabilidad del tronco es definida como *“la capacidad de las estructuras osteoarticulares y musculares, coordinadas por el sistema de control motor, para mantener o retomar una posición o trayectoria del tronco, cuando este es sometido a fuerzas internas o externas”*.

El core es un concepto que se ha usado para referirse de manera habitual tanto a las estructuras musculares como osteoarticulares de la parte central del cuerpo, principalmente el raquis lumbo-dorsal, la pelvis y caderas (Kibler, W. Press, J. y Sciascia, A. 2006).

Está compuesto de estructuras pasivas, activas y el sistema nervioso. En cuanto a los elementos pasivos, estos consisten en ligamentos, huesos, cartílago, fascia y otras propiedades no contráctiles. A pesar de proporcionar estructura al core, requieren del apoyo de la musculatura que los envuelve, los elementos activos. Sin el apoyo adecuado de los músculos, la columna vertebral puede volverse inestable bajo cargas tan pequeñas como 90 N. (Rickman, 2012).

Las estructuras activas se dividen en los sistemas de estabilización local y global. La musculatura de estabilización global se compone principalmente de fibras musculares de contracción rápida. Los músculos que tienen la capacidad de producir pares potentes y rápidos, son el erector de la columna, los oblicuos externos, recto del abdomen, y el cuadrado lumbar. Por el contrario, el sistema de estabilización local proporciona un movimiento intersegmentario preciso. Este sistema se compone de los músculos profundos, de contracción lenta como el transversal abdominal, multífido, oblicuo interno, transversal espinoso y los músculos del suelo pélvico (Rickman, 2012).

La estabilidad del core requiere la activación muscular coordinada con el fin de estabilizar los segmentos espinales individuales, minimizar los efectos de las fuerzas externas,

proporcionar la presión intra-abdominal, y reforzar la fascia toracolumbar. Cuando los sistemas pasivos, activos, y neuronales trabajan en armonía, el cuerpo es capaz de soportar mejor las perturbaciones externas y producir un movimiento máximo y eficiente, al tiempo que minimiza las fuerzas excesivas sobre las articulaciones. Teniendo en cuenta que una co-activación excesiva supone una carga alta sobre estas, impidiendo el movimiento y aumentando la compresión de la médula. (McGill, Grenier, Kavcic & Cholewicki, 2003; Rickman, 2012; Vera-Garcia, Brown, Gray & McGill, 2006).

Sin embargo, uno de los problemas fundamentales a nivel clínico es cómo valorar el equilibrio y sobre todo la estabilidad del tronco. Los test de equilibrio que hay son, en cierta medida subjetivos, y además poco sensibles a no ser que el déficit sea evidente. Asimismo, la mayoría de test de campo de estabilidad de tronco están enfocados a mantener una posición isométrica hasta el fallo lo cual parece estar más relacionado con la fuerza o la resistencia más que con la estabilidad (Barbado et al., 2016; Juan-Recio, Murillo y López-Valenciano, 2014; Casto et al., 2013). Algunos ejercicios que ponen a prueba la estabilidad del tronco, consisten en que el sujeto mantenga la columna en posición neutra mientras se le somete a fuerzas internas o externas (Vera-García, Barbado, Flores-Parodi, Alonso-Roque, y Elvira, 2016). La mayoría de los estudios suelen estar medidos empleando la electromiografía de la intensidad de la activación muscular y la coordinación de los músculos del tronco (Vera-García et al., 2015b; Vera-García, Barbado & Moya, 2014), técnica muy fiable y específica para ver la velocidad e intensidad de la activación de la musculatura analizada, pero es una técnica inaccesible para uso particular, tanto por el coste como por el volumen de datos generados que hay que procesar.

Esta carencia de test clínicos válidos y objetivos parece que se podría suplir con el uso de la acelerometría triaxial implementada en los actuales smartphones, los cuales nos permitirían analizar el control postural del tronco, agilizar el proceso de análisis y establecer progresiones de dificultad de los ejercicios de estabilización en base a los resultados obtenidos por el sujeto, así como para programar las cargas de entrenamiento en base a los mismos.

Por tanto, extraigo del presente trabajo los siguientes objetivos:

- 1) Evaluar en qué medida los programas de estabilidad del tronco o similares como el pilates han sido implementados para mejorar el equilibrio en personas con esclerosis múltiple.
- 2) Analizar en qué test de equilibrios y/o estabilidad del tronco ha sido aplicado el smartphone como herramienta de medida.
- 3) Hacer una propuesta de intervención en la cual se valoraría la efectividad de un programa de entrenamiento de estabilidad del tronco controlado con tecnología Smartphone para mejorar el equilibrio en personas con esclerosis múltiple.

## 2. PROCEDIMIENTO DE REVISIÓN (METODOLOGÍA)

Con el fin de analizar los efectos del entrenamiento del core en personas con esclerosis múltiple, desarrollé una búsqueda inicial con el objetivo de encontrar trabajos experimentales en la base de datos Pubmed, introduciendo diversas palabras clave. Inicialmente fueron introducidos los términos “Core Stability” and “Multiple Sclerosis” y aplicar los filtros para casos humanos, en los últimos 10 años y casos experimentales, aparecen 5 resultados de los cuales examiné 5 de ellos y seleccioné 3 (Freeman, Fox, Gear y Hough 2012; Freeman et al., 2010; Nilsagård, Koch, Nilsson y Forsberg 2014). Al introducir “Core” and “Multiple Sclerosis” y aplicar los mismos filtros que antes, aparecen 29 resultados, de los cuales se repiten 4 de los que aparecen anteriormente y me quedé con los mismos 3 de antes. Con “Core Strength” and “Multiple Sclerosis” no aparecen resultados. Por último, realicé la búsqueda con las palabras “Core Stability” and “Balance” and “Test” and “Multiple Sclerosis” y aparecieron 2 artículos (Freeman et al., 2012; Freeman et al., 2010).

Realicé otra búsqueda en la base de datos Science Direct introduciendo las mismas palabras clave que introduje anteriormente, aplicando los filtros a solo artículos con acceso y de los últimos 10 años, los resultados son los siguientes: “Core Stability” and “Multiple Sclerosis” de 57 artículos solo seleccioné 1 (Nilsagård et al., 2014), para “Core” and “Multiple Sclerosis” encontré 379, con la intención de afinar la búsqueda, seleccioné que solo buscara las palabras clave en el título, resumen y palabras clave de los artículos, y se redujo la búsqueda en 6, quedándome con el mismo de antes. Con “Core Strength” and “Multiple Sclerosis” no aparecen resultados. Introduciendo “Core Stability” and “Balance” and “Test” and “Multiple Sclerosis” encontré 17 artículos y me quedé con el mismo. En las tres búsquedas el único artículo que examino a fondo y con el que me quedo es el de Nilsagård (2014).

Con el fin de conocer cómo evaluar el equilibrio mediante tecnología smartphone realicé una búsqueda en Pubmed con los filtros para casos humanos y en los últimos 10 años, empleé las palabras clave “Smartphone” and “Balance”, obteniendo 32 resultados de los cuales examiné 7 y me quedé con 3 (Franco et al., 2013; Galán-Mercant, Barón-López, Labajos-Manzanares y Cuesta-Vargas 2014; Mellone, Tacconi y Chiari 2012). Añadí la palabra “test” y obtengo 10 resultados, 5 están relacionados con el tema a abordar, pero solo me quedé con el de Galán-Mercant (2014). Con “Smartphone” and “Balance” and “Training” aparecieron 8 resultados y revisé 3, de los cuales uno de ellos es el de Mourcou, Fleury, Diot, Franco y Vuillerme (2015). Por último, introduje las palabras clave “Smartphone” and “Dynamic” and “Balance” dentro de la base de datos de NCBI, en Pubmed, aparecieron 2 que descarté, y en el apartado de PMC obtuve 480 resultados de los que examiné 8 y me quedé con 2 (Han, Lee y Lee 2016; Patterson, Amick, Thummar y Rogers 2014).

En la búsqueda de Science Direct introduje las mismas palabras clave utilizadas anteriormente, aplicando los filtros a solo artículos con acceso y de los últimos 10 años, los resultados fueron los siguientes: “Smartphone” and “Balance” encontre 189 artículos, para afinar la búsqueda seleccioné que solo buscara las palabras clave en el título, resumen y palabras clave de los artículos, y se redujo la búsqueda en 3, tras examinarlos no me quedé con ninguno; con “Smartphone” and “Balance” and “Test” aparecen 283; y con “Smartphone” and “Dynamic” and “Balance” y “Smartphone” and “Balance” and “Training” aparecen 169 y 167 artículos respectivamente. De estas búsquedas únicamente revisé 2 artículos, pero los rechacé por no aportar información relevante para el trabajo.

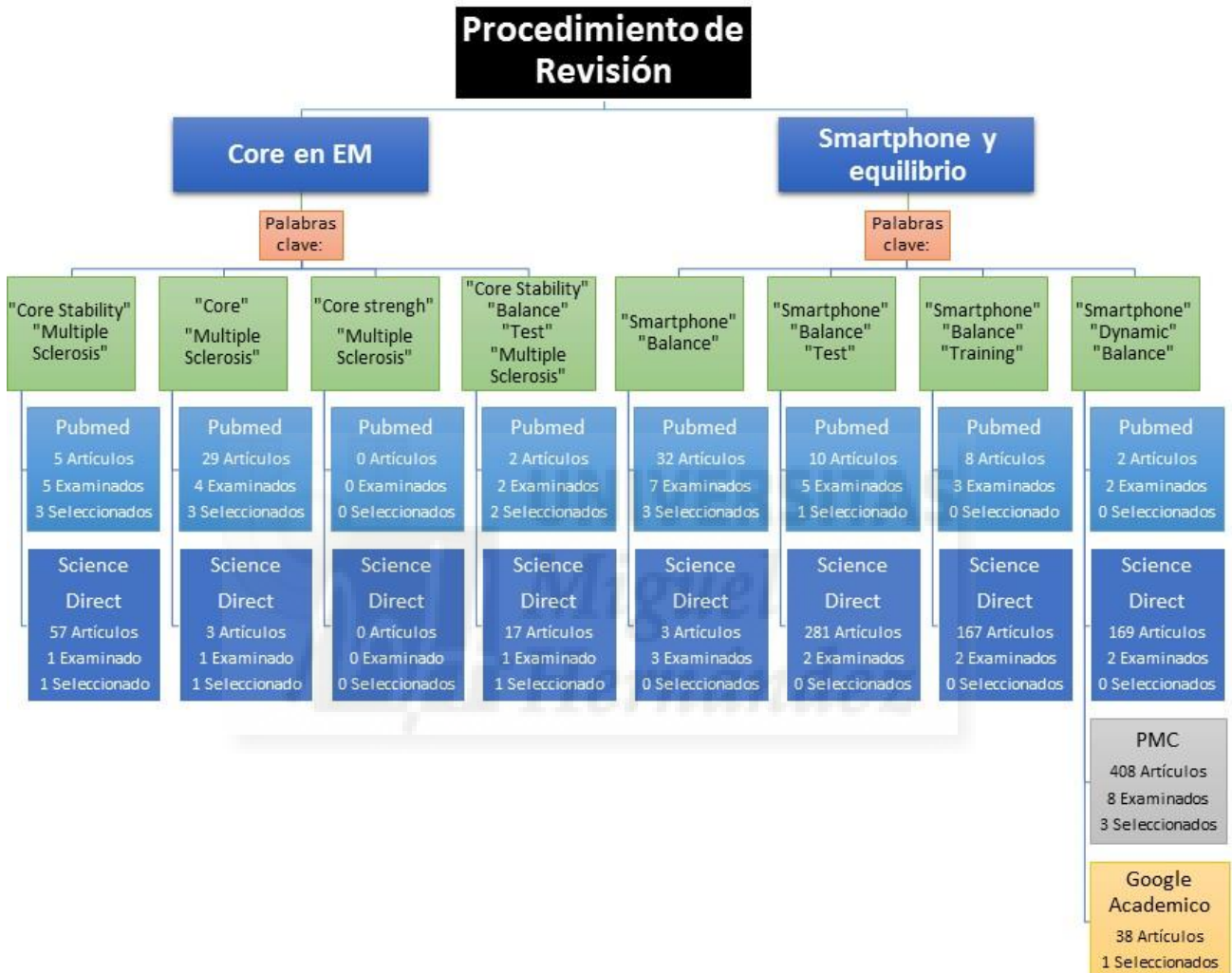
Por último, realicé una última búsqueda en Google Académico introduciendo las anteriores palabras clave, pero los resultados obtenidos son similares, por lo que introduje “Smartphone” and “Accelerometer” con los filtros de 10 años de antigüedad y que las palabras clave estén en el título del artículo, obtuve 38 resultados y me quedé con el artículo de Silva (2013).

Realicé las búsquedas introduciendo también la palabra “or”, pero dispersó más la búsqueda, añadiéndose más artículos y menos específicos. Introduje estas mismas palabras clave en otra base de datos, Scielo, encontrando los dos artículos de Freeman (2012) y Freeman (2010) ya seleccionados en Pubmed. El motivo por el que realicé las búsquedas en un período de tiempo de 10 años es para no dejar fuera artículos relevantes para el objeto de estudio, puesto que se dispone de poca información en las bases de datos al respecto.

Durante el proceso de búsqueda realicé una selección en función del contenido del título de los artículos, descartando todos aquellos cuyo contenido no iba en la línea de lo que buscaba o los que se centraban en poblaciones que no son esclerosis múltiple, que medían aspectos diferentes, que no se centrasen en equilibrio o core o en aspectos bioquímicos. Una vez realizada esa selección leí los resúmenes de los artículos, los descarté si median extremidades, no realizaban evaluaciones que midieran la estabilidad de core, si median con el GPS del

smartphone el desplazamiento y no el desequilibrio, o si la población con EM superaba la puntuación de la escala EDSS establecida para el estudio.

Al final de las búsquedas decidí utilizar 3 artículos (Freeman et al., 2012; Freeman et al., 2010; Nilsagård et al., 2014) para mi primer objetivo y para el segundo tengo 6 artículos (Franco et al., 2013; Galán-Mercant et al., 2014; Han et al., 2016; Mellone et al., 2012; Patterson et al., 2014; Silva et al., 2013).





### 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA (DESARROLLO)

ENTRENAMIENTO DEL CORE EN PACIENTES CON ESCLEROSIS MÚLTIPLE							
Artículo	Sujetos	EM EDSS	Material	Procedimiento	Análisis	Duración Ejercicios	Resultados
Freeman et al., 2012	60 sujetos	X 4.0-6.5	10 MTW. Ultrasonic Scale ABC. MSWS-12. Numerical Rating Scale.	Grupo A: Pilates basado en un programa de estabilidad del core. Grupo B: Programa de ejercicio de fisioterapia estándar. Grupo C: Grupo Control. 12 sesiones de 30 min.	SPSS	12 semanas.  Pilates basado en estabilidad del core.	Los beneficios no son mayores que el alcanzado por los programas de fortalecimiento, que son proporcionados por terapeutas dentro de la práctica clínica habitual. Resultados no extrapolables a personas que no pueden caminar.
Freeman et al., 2010	8 sujetos (4h y 4m). >18 años.	X 4.0-6.5	10 MTW. TGUG. MSWS-12. Alcance funcional antero posterior y lateral. Pata coja. ABC y VAS.	Realizan 16 sesiones de 30 min (2 o 3 niveles de dificultad). Más 15 min de ejercicio personalizado en el hogar.	ANOVA	8 semanas.  10 ejercicios entrenamiento del core.	Hay una mejora del equilibrio y la movilidad en personas con EM ambulatorios con entrenamiento de la estabilidad del core. 62% de mejora. Diferencias significativas en todas las pruebas en al menos 5 de los 8 sujetos
Nilsagård, 2014	32 sujetos (6h y 26m) 56 ± 11,3 años	-	Escala equilibrio de Berg. The Four Square Step Test. Sentarse y levantarse. TUG. MSWS-12. Scale ABC. MS Impact Scale.	3 periodos registrando caídas: 1er periodo registro 7 semanas; 2º periodo (intervención y registro): 2 sesiones semanales durante 7 semanas. 20 min de ejercicios de estabilidad del core. 3er periodo registro 7 semanas.	SPSS	7 semanas.  Ejercicios de estabilidad del core. Ejemplos: En posición supina, rodillas dobladas; Acostado de lado, levantar piernas; Agatas, con pelota de gimnasio caminar; De pie, doblándose hacia adelante.	El uso de un programa de ejercicios de estabilidad de core durante 7 semanas puede reducir el número de caídas, así como mejorar el desempeño del equilibrio. Sujetos con 10 o más caídas: Periodo 1 (7); Periodo 2 (3); Periodo 3 (1).
Leyenda	Esclerosis Múltiple (EM) o Multiple Sclerosis (MS), Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), Analysis Of Variance (ANOVA), 10-Metre Timed Walk (10MTW), Activities-specific Balance Confidence (ABC), (MSWS-12, Timed Get Up and Go (TGUG), Visual Analogue Scales (VAS) y Timed Up and Go (TUG).						

RESULTADOS DEL SMARTPHONE PARA EVALUAR EL EQUILIBRIO							
Artículo	Población	App	Posición	Protocolo	Análisis	Resultados	Conclusión
Franco et al., 2013	20 voluntarios sanos (9h y 11m).	iBalance-ABF en iPhone 4	Espalda baja L5	No balancearse en las posiciones: pies paralelos y tándem. Con ABF y sin ABF	t-test p<0.05	Pies paralelos con ABF y no ABF sin diferencia significativa. Tándem con ABF disminución de inclinación en eje sagital y el tiempo de error.	Usar ABF mejora el equilibrio en el eje sagital.
Galán-Mercant et al., 2014	5 sujetos >65 años.	Acelerómetro, giroscopio y magnetómetro en iPhone 4	Esternón	ETGUG 3 veces. Y dividido en las 5 subfases (Si-St, GG, T, GC y T-St-Si) del test.	Coefficiente Correlación Múltiple e Intraclass (CCM y CMI).	CCM de los sujetos en Si-St, GG, T, GC y T-St-Si hay correlación alta o muy alta.	CCI de pico de aceleración entre sensor y iPhone es aceptable.
Han et al., 2016	30 estudiantes sanos de 22 años.	Giroscopio y aceleración en Samsung Galaxi Note 4	Espalda baja L3-L4	Equilibrio dinámico con ojos abiertos (3 veces) y cerrados (3 veces). Con los pies descalzos y juntos y brazos cruzados al hombro.	CCI con SPSS 12.0	CCI índice de al menos 0,7 excepto en el giroscopio con ojos cerrados. En aceleración CCI con índice de al menos 0,8.	Smartphone con potencial suficiente para medir la capacidad de equilibrio dinámico.
Silva et al., 2013	10 sujetos de 74,2 años de media (2h y 8m)	Smartphone o Tablet Android	Espalda baja	45-60 min sesiones de prueba. 6 tareas. Cuestionarios de salud. Realizar un baile 3 veces. Detección de pasos y acelerómetro	-	El juego da retroalimentación en cuanto a precisión sincronización y estabilidad.	El sistema demostró ser una forma exitosa de utilizar el teléfono inteligente como un sensor para un juego de danza, así como evaluar el riesgo de caídas a través de una prueba de andar y un cuestionario.
Mellone et al., 2012	49 sujetos de 59 ± 16 años (35h y 24m).	Acelerómetro tri-axial (McRoberts Dynaport Hybrid (MCR)) y HTC Desire con Android 2.1.	Espalda baja	Realizan 2 veces el test Timed Up and Go (TUG).	Prueba de Bland-Altman y CCI	Desviación típica entre los dos dispositivos son similares	Todos los parámetros muestran una fiabilidad justa a excelente. El smartphone puede emplearse en el análisis del movimiento cuantitativo.
Patterson et al., 2014	30 estudiantes sanos de 26.1 ± 8.5 años (13h y 17m).	Sistema de Balance Biodex SD y la App Sway Balance en iPhod Touch.	Esternón	Equilibrio sobre apoyo podal no dominante sobre Balance Biodex SD	T-test con SPSS 17.0	Eje anteroposterior en plataforma de equilibrio 1.38 ± 0.90 y con App Sway 1.38 ± 0.72. T-test no hay diferencias significativas entre medias.	Los bajos coeficientes de variabilidad sugieren que los valores de sensibilidad en estos dispositivos son altamente consistentes. El iPhone puede ser un método útil para evaluar el equilibrio.
Legenda	Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), Audio-Biofeedback (ABF), Expanded-Time-Get-Up-and-Go (ETGUG), Coeficiente de Correlación Múltiple (CCM), Coeficiente de Correlación Intraclass (CCI), Sit-to-Stand (Si-St), Gait Go (GG), Turn (T), Gait Come(GC) y Turn-to-Stand-to-Sit (T-St-Si).						



#### 4. DISCUSIÓN

Comienzo destacando la escasez de artículos encontrados que hacen referencia al entrenamiento de core en personas con esclerosis múltiple, lo cual es un factor limitante para esta revisión.

Tras realizar un análisis de los artículos seleccionados para abordar el primer objetivo, se observa cómo programas de estabilidad del tronco o similares, como el pilates, aportan beneficios para los sujetos con esclerosis múltiple, por ejemplo, la reducción de caídas y la mejora del equilibrio y de la movilidad (Freeman et al., 2010; Nilsagård et al., 2014). Estos resultados no se pueden extrapolar a personas con esclerosis múltiple que no puedan caminar. Con el entrenamiento de la estabilidad del core suelen alcanzarse mejores resultados que con otros métodos de entrenamiento habituales en esta población (Freeman, Fox, Gear y Hough 2012). En cuanto a los ejercicios que se realizaron en los diferentes estudios, no especificaron que ejercicios se realizaban en los entrenamientos de core, en los artículos de Freeman (2010 y 2012) se nombra la página de la que extrajeron ejercicios muy diferentes para el core, y Nilsagård (2014) pone algún ejemplo de cómo serían los ejercicios. Debido a esta falta de información busco un artículo en el que demuestren la eficacia del entrenamiento basado en core mediante la realización de puentes (frontales, dorsales y laterales), a pesar de que no se realice en personas con esclerosis múltiple (McGill y Karpowicz 2009).

En cuanto al entrenamiento del core, es suficiente con dedicarle una o dos sesiones semanales de unos 30 minutos. En siete semanas ya se producen mejoras, pero lo recomendable es que se introduzca dentro de la rutina habitual de los sujetos con esclerosis múltiple (Freeman et al., 2010; Nilsagård et al., 2014). En lo que a la edad se refiere, los estudios se realizan con sujetos mayores de edad, concretamente uno de ellos lo realiza con sujetos de 56 años de media y se producen mejoras en todos los estudios (Nilsagård et al., 2014). Para la escala EDSS utilizan a sujetos deambulantes, en los que ya hay nivel de afección, entre 4.0 y 6.5 (Freeman et al., 2012; Freeman et al., 2010).

En los estudios analizados se usan los test de campo validados para evaluar diferentes aspectos físicos o psicológicos mediante cuestionarios. Siendo el de 10MTW, TGUG, MSWS-12, equilibrio a la pata coja y actividades específicas de equilibrio (ABC) los más usados a nivel físico y a nivel psicológico los más usados son el Numerical Rating Scale y el MS Impact scale. (Freeman et al., 2012; Freeman et al., 2010; Nilsagård et al., 2014).

Analizando los artículos encontrados para mi segundo objetivo, el de emplear la tecnología smartphone como herramienta de medida para evaluar el equilibrio y estabilidad del tronco, he encontrado que el smartphone tiene una sensibilidad y fiabilidad consistentes, convirtiéndolo en una herramienta útil para evaluar el equilibrio y la aceleración. (Galán-Mercant et al., 2014; Han et al., 2016; Mellone et al., 2012; Patterson et al., 2014).

En los estudios se utilizó a sujetos sanos, con unas edades medias de entre 22-26.1 años y entre 59-65 años. Los dispositivos utilizados han sido tanto Android como IOS situándolos en la zona de la espalda baja entre las vértebras lumbares L3-L5 (Franco et al., 2013; Han et al., 2016; Mellone et al., 2012; Silva et al., 2013).

Los test utilizados para evaluar la fiabilidad del dispositivo han sido probados en situaciones estáticas de apoyo monopodal, bipodal, y tándem y en situaciones dinámicas el TUG y ETGUG (Franco et al., 2013; Han et al., 2016; Mellone et al., 2012). En el estudio de Franco (2013) se apoyan en una ayuda auditiva para dar feedback, interfiriendo de manera positiva en la posición de tándem, mejorando el equilibrio en el eje sagital. Los resultados obtenidos con el smartphone comparados con el de los acelerómetros y giroscopios indican que es un dispositivo fiable para evaluar el equilibrio y aceleración según Han et al., 2016.

Tras el análisis realizado para los dos objetivos, se deduce que podemos utilizar el smartphone en sujetos con esclerosis múltiple, con el fin de evaluar la estabilidad del tronco, para ver qué efectos está teniendo el entrenamiento del core, empleando ejercicios de puentes frontales, dorsales y laterales para el entrenamiento y los diferentes test de campo mencionados anteriormente.

## 5. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

De la revisión que realicé se extrae que el entrenamiento de core, para personas con esclerosis múltiple, mejora la estabilidad del tronco, así como su equilibrio, siendo tanto o más eficiente que otros métodos de entrenamiento clásicos (Freeman et al., 2012; Freeman et al., 2010; Nilsagård et al., 2014). Que el smartphone es una herramienta con sensibilidad y fiabilidad consistentes, como para ser utilizada junto con test de campo para cuantificar cuánta es la estabilidad del tronco (Galán-Mercant et al., 2014; Han et al., 2016; Jeremy et al., 2014; Mellone et al., 2012).

Uniendo todas las conclusiones extraídas se propone una intervención en la que se pretende realizar un entrenamiento de pilates basado en el core, mediante la ejecución de puentes frontales, dorsales y laterales, los cuales he seleccionado del estudio de McGill y Karpowicz (2009) ya que en los estudios analizados anteriormente no especificaban que ejercicios realizaban, únicamente añadían un enlace de una página web en la que tenían diversos ejercicios, pero no especificaban cuales seleccionaban.

Dicho entrenamiento será evaluado con diferentes test de campo, tanto dinámicos como estáticos (Freeman et al., 2012; Freeman et al., 2010; Nilsagård et al., 2014), mediante un smartphone colocado en la zona de la espalda baja a la altura de L4 (Franco et al., 2013; Han et al., 2016; Mellone et al., 2012; Silva et al., 2013), utilizando la aplicación "Accelerometer monitor" indicando la aceleración y desplazamientos generados por el sujeto. (Ver posición del smartphone en anexo 1).

Esta intervención estaría dirigida a personas con esclerosis múltiple con una puntuación en la escala EDSS inferior a 3.0. Los test de campo que serán utilizados para evaluar el equilibrio estático son: posición de bipedestación y de tándem. Para el equilibrio dinámico se evaluará la marcha mediante el test "Time Get Up and Go" (TGUG). Otro test empleado es el llamado "perro de muestra", en el que, desde una posición de cuadrupedia, manteniendo el tronco en una posición estable, deberán extender uno de los miembros superiores y el miembro inferior contrario, hasta una posición horizontal. (Freeman et al., 2012; Freeman et al., 2010; Nilsagård et al., 2014) (Ver tests estáticos y dinámicos en anexo 2).

Para evaluar la fatiga percibida se empleará el cuestionario "Multiple Sclerosis Impact Scale" (MSIS) según Nilsagård (2014) (ver cuestionario en anexo 3).

En cuanto a la intervención (ver ficha de sesión en anexo 4):

Se realizarán 2 sesiones a la semana de una duración de 50 minutos. Que consistirá en un calentamiento de 10 minutos, en el que se realiza un trabajo de carácter aeróbico entre el 50-70% del Vo2 Max sobre la elíptica según Latimer-Cheung (2013), con el fin de involucrar todo el organismo para conseguir una puesta en marcha adecuada. Parte principal de 30 minutos, dedicada al entrenamiento del tronco empleando el método Pilates basado en la estabilidad del tronco (Freeman et al., 2010; Nilsagård et al., 2014). Los ejercicios que se realizarán serán según McGill y Karpowicz (2009):

- Puente frontal: situado encima de una colchoneta, apoyado en el suelo sobre los antebrazos y manos, con los brazos estirados en posición vertical (codos en 90 grados).

El cuerpo permanece en posición de cubito prono manteniendo la linealidad del cuerpo, apoyado sobre las rodillas, pierna y pies.

- Puente dorsal: situado encima de una colchoneta, manteniendo en contacto con el suelo los hombros, trapecio y cabeza. El tronco en posición de cubito supino, con los brazos cruzados y manos en los hombros, piernas flexionadas apoyando la planta de los pies en el suelo y manteniendo la linealidad del tronco.
- Puentes laterales: situado encima de una colchoneta, de lado, apoyado en el suelo con el antebrazo y mano, con el brazo estirado en posición vertical (codo en 90 grados), el otro brazo estirado pegado al cuerpo. Tronco completamente estirado manteniendo la linealidad, las rodillas permanecen flexionadas y pegadas la una a la otra, la pierna y pie en contacto con el suelo.

A estas posiciones se les realizarán modificaciones para aumentar el nivel de dificultad, comenzando por un puente corto, incremento del brazo de resistencia, reducción de un apoyo, ejercicio sobre superficie inestable y terminar reduciendo un apoyo sobre la superficie inestable. Cada ejercicio comenzará con un nivel de dificultad bajo e irá aumentando progresivamente cada semana. Se realizarán 2 sesiones a la semana de una duración de 50 minutos. Se realizarán cuatro ejercicios, con 5 series cada uno, de 30 segundos de duración cada serie, con descansos entre series de un minuto y entre ejercicios de un minuto y medio. Con estos tiempos de descanso entre series conseguimos descansos incompletos, acumulando un muy poca fatiga, con los descansos entre ejercicios conseguiremos descansos completos, evitando arrastrar la fatiga de unos ejercicios a otros. (Ver ejercicios y progresiones de ejercicios en anexo 5).

Por último, la parte de vuelta a la calma de 10 minutos, en los que se realizarán estiramientos específicos del tronco y hombros, que consistirán en nueve posiciones estáticas con una duración de 30 segundos cada una, realizando dos series por posición, manteniendo un nivel de intensidad identificado como molestia leve.

El cronograma de la propuesta de intervención será el siguiente (ver cronograma en anexo 6):

La intervención tendrá una duración de 14 semanas. Durante el periodo de registro basal, se realizarán 3 evaluaciones con 2 semanas de separación entre ellas. Comenzando la fase experimental, que durará 8 semanas, en la que tendremos un grupo control (no realizará ningún tipo de entrenamiento) y un grupo experimental (realizará un entrenamiento basado en la estabilidad del core). Al terminar el periodo de intervención, se pasará el postest, y tras 2 semanas, que será el período de retención, pasaremos el retest. (Freeman et al., 2010; Nilsagård et al., 2014).

Todas las evaluaciones se realizarán en el Centro Gimnástico – Genevieve Martin Campaña a la misma hora y mismo día de la semana, con el mismo personal cualificado, empleando los mismos procedimientos y el mismo smartphone.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

1. Akuthota, V., Ferreiro, A., Moore, T., & Fredericson, M. (2008). Core stability exercise principles. *Current sports medicine reports*, 7(1), 39-44.
2. Bainbridge, E., Bevans, S., Keeley, B., & Oriel, K. (2011). The effects of the Nintendo Wii Fit on community-dwelling older adults with perceived balance deficits: A pilot study. *Physical & Occupational Therapy in Geriatrics*, 29(2), 126-135.
3. Barbado, D., Elvira, J. L. L., & Moreno, F. J. (2015). Francisco J. Vera-García1.
4. Barbado, D., Lopez-Valenciano, A., Juan-Recio, C., Montero-Carretero, C., van Dieen, J. H., & Vera-García, F. J. (2016). Trunk stability, trunk strength and sport performance level in judo. *PLoS one*, 11(5), e0156267.

5. Behrens, J., Pfüller, C., Mansow-Model, S., Otte, K., Paul, F., & Brandt, A. U. (2014). Using perceptive computing in multiple sclerosis-the Short Maximum Speed Walk test. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 11(1), 89.
6. Bergmark, A. (1989). Stability of the lumbar spine: a study in mechanical engineering. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 60(sup230), 1-54.
7. Borghuis, J., Hof, A. L., & Lemmink, K. A. (2008). The importance of sensory-motor control in providing core stability. *Sports medicine*, 38(11), 893-916.
8. Brauer, S. G., Woollacott, M., & Shumway-Cook, A. (2001). The interacting effects of cognitive demand and recovery of postural stability in balance-impaired elderly persons. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 56(8), M489-M496.
9. Broekmans, T., Roelants, M., Feys, P., Alders, G., Gijbels, D., Hanssen, I., ... & Eijnde, B. O. (2011). Effects of long-term resistance training and simultaneous electro-stimulation on muscle strength and functional mobility in multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*, 17(4), 468-477.
10. Brown, S. H., Vera-Garcia, F. J., & McGill, S. M. (2006). Effects of abdominal muscle coactivation on the externally preloaded trunk: variations in motor control and its effect on spine stability. *Spine*, 31(13), E387-E393.
11. Calatayud, J., Borreani, S., Martin, J., Martin, F., Flandez, J., & Colado, J. C. (2015). Core muscle activity in a series of balance exercises with different stability conditions. *Gait & posture*, 42(2), 186-192.
12. Cameron, M. H., Thielman, E., Mazumder, R., & Bourdette, D. (2013). Predicting falls in people with multiple sclerosis: fall history is as accurate as more complex measures. *Multiple sclerosis international*, 2013.
13. Casto, J. R., BARBADO, D., LOPEZ-VALENCIANO, A., LÓPEZ-PLAZA, D., MONTERO-CARRETERO, C., & Francisco, J. (2013). Condición muscular y estabilidad del tronco en judocas de nivel nacional e internacional. *Revista de Artes Marciales Asiáticas*, 8(2), 451-465.
14. 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.
15. Claerbout, M., Gebara, B., Ilsbroukx, S., Verschueren, S., Peers, K., Van Asch, P., & Feys, P. (2012). Effects of 3 weeks' whole body vibration training on muscle strength and functional mobility in hospitalized persons with multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*, 18(4), 498-505.
16. de Souza-Teixeira F, Costilla S, Ayan C, Garcia-Lopez D, Gonzalez-Gallego J, de Paz JA. Effects of resistance training in multiple sclerosis. *International journal of sports medicine*. 2009;30:245-50.
17. Duclos, C., Miéville, C., Gagnon, D., & Leclerc, C. (2012). Dynamic stability requirements during gait and standing exergames on the wii fit® system in the elderly. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 9(1), 1.
18. Erta, M., Giralt, M., Jiménez, S., Molinero, A., Comes, G., & Hidalgo, J. (2016). Astrocytic IL-6 Influences the Clinical Symptoms of EAE in Mice. *Brain Sciences*, 6(2), 15.
19. Fang, Q., Kong, L., & Zhao, J. (2008). Core Stability of Vertex Cover Games. *Internet Mathematics*, 5(4), 383-394.
20. Feinstein, A., Freeman, J., & Lo, A. C. (2015). Treatment of progressive multiple sclerosis: what works, what does not, and what is needed. *The Lancet Neurology*, 14(2), 194-207.
21. Fitzpatrick, R., & McCloskey, D. I. (1994). Proprioceptive, visual and vestibular thresholds for the perception of sway during standing in humans. *The Journal of physiology*, 478(Pt 1), 173.
22. Fox, E. E. (2015). The effects of pilates based core stability training in people with MS.

23. Francisco, J., & Salvador, E. M. (2012). Efectos de la vibración sobre la actividad del rectus abdominis y sobre la transmisión de aceleraciones durante la realización de un puente frontal.(Effects of whole body vibration on rectus abdominis activity and transmission of accelerations dur..).
24. Franco, C., Fleury, A., Guméry, P. Y., Diot, B., Demongeot, J., & Vuillerme, N. (2013). iBalance-ABF: a smartphone-based audio-biofeedback balance system. *IEEE transactions on biomedical engineering*, *60*(1), 211-215.
25. 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*.
26. Freeman, J., Fox, E., Gear, M., & Hough, A. (2012). Pilates based core stability training in ambulant individuals with multiple sclerosis: protocol for a multi-centre randomised controlled trial. *BMC neurology*, *12*(1), 1.
27. Frzovic, D., Morris, M. E., & Vowels, L. (2000). Clinical tests of standing balance: performance of persons with multiple sclerosis. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, *81*(2), 215-221.
28. Galán-Mercant, A., Barón-López, F. J., Labajos-Manzanares, M. T., & Cuesta-Vargas, A. I. (2014). Reliability and criterion-related validity with a smartphone used in timed-up-and-go test. *Biomedical engineering online*, *13*(1), 156.
29. Galán-Mercant, A., & Cuesta-Vargas, A. I. (2014). Differences in trunk accelerometry between frail and non-frail elderly persons in functional tasks. *BMC research notes*, *7*(1), 1.
30. 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.
31. Grenier, S. G., & McGill, S. M. (2007). Quantification of lumbar stability by using 2 different abdominal activation strategies. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, *88*(1), 54-62.
32. Habib, M. A., Mohktar, M. S., Kamaruzzaman, S. B., Lim, K. S., Pin, T. M., & Ibrahim, F. (2014). Smartphone-based solutions for fall detection and prevention: challenges and open issues. *Sensors*, *14*(4), 7181-7208.
33. Healy, A. T., Mageswaran, P., Lubelski, D., Rosenbaum, B. P., Matheus, V., Benzel, E. C., & Mroz, T. E. (2015). Thoracic range of motion, stability, and correlation to imaging-determined degeneration. *Journal of Neurosurgery: Spine*, *23*(2), 170-177.
34. Hilfiker, R., Vaney, C., Gattlen, B., Meichtry, A., Deriaz, O., Lugon-Moulin, V., ... & Terrier, P. (2013). Local dynamic stability as a responsive index for the evaluation of rehabilitation effect on fall risk in patients with multiple sclerosis: a longitudinal study. *BMC research notes*, *6*(1), 260.
35. Hilgers, C., Mündermann, A., Riehle, H., & Dettmers, C. (2013). Effects of whole-body vibration training on physical function in patients with multiple sclerosis. *NeuroRehabilitation*, *32*(3), 655-663.
36. Hoang, P. D., Cameron, M. H., Gandevia, S. C., & Lord, S. R. (2014). Neuropsychological, balance, and mobility risk factors for falls in people with multiple sclerosis: a prospective cohort study. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, *95*(3), 480-486.
37. Hodges, P. W. (2000). The role of the motor system in spinal pain: implications for rehabilitation of the athlete following lower back pain. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *3*(3), 243-253.
38. Horak, F. B. (2006). Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls?. *Age and ageing*, *35*(suppl 2), ii7-ii11.
39. Izquierdo, M., Martínez-Ramírez, A., Larrión, J. L., Irujo-Espinosa, M., & Gómez, M. (2008, August). Valoración de la capacidad funcional en el ámbito domiciliario y en la



- clínica: Nuevas posibilidades de aplicación de la acelerometría para la valoración de la marcha, equilibrio y potencia muscular en personas mayores. In *Anales del sistema sanitario de Navarra* (Vol. 31, No. 2, pp. 159-170). Gobierno de Navarra. Departamento de Salud.
40. Jeremy, A. P., Amick, R. Z., Thummar, T., & Rogers, M. E. (2014). Validation of measures from the smartphone sway balance application: a pilot study. *International journal of sports physical therapy*, 9(2), 135.
  41. Johnson, J. (2012). Functional Rehabilitation of Low Back Pain With Core Stabilizations Exercises: Suggestions for Exercises and Progressions in Athletes.
  42. Juan-Recio, C., Murillo, D. B., & López-Valenciano, A. (2014). Test de campo para valorar la resistencia de los músculos del tronco/Field Test to Assess the Strength of Trunk Muscles. *Apunts. Educació física i esports*, (117), 59.
  43. Kavcic, N., Grenier, S., & McGill, S. M. (2004). Determining the stabilizing role of individual torso muscles during rehabilitation exercises. *Spine*, 29(11), 1254-1265.
  44. Kerling, A., Keweloh, K., Tegtbur, U., Kück, 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.
  45. Ketelhut, N. B., Kindred, J. H., & Manago, M. M. (2015). Core muscle characteristics during walking of patients with multiple sclerosis. *Journal of rehabilitation research and development*, 52(6), 713.
  46. Khan, A. M., Lee, Y. K., Lee, S. Y., & Kim, T. S. (2010). A triaxial accelerometer-based physical-activity recognition via augmented-signal features and a hierarchical recognizer. *IEEE transactions on information technology in biomedicine*, 14(5), 1166-1172.
  47. Kibler, W. B., Press, J., & Sciascia, A. (2006). The role of core stability in athletic function. *Sports medicine*, 36(3), 189-198.
  48. Lange, B., Flynn, S., Proffitt, R., Chang, C. Y., & "Skip" Rizzo, A. (2010). Development of an interactive game-based rehabilitation tool for dynamic balance training. *Topics in stroke rehabilitation*, 17(5), 345-352.
  49. Lanzetta, D., Cattaneo, D., Pellegatta, D., & Cardini, R. (2004). Trunk control in unstable sitting posture during functional activities in healthy subjects and patients with multiple sclerosis. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 85(2), 279-283.
  50. Lassmann, H. (1999). The pathology of multiple sclerosis and its evolution. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 354(1390), 1635-1640.
  51. Latimer-Cheung, A. E., Pilutti, L. A., Hicks, A. L., Ginis, K. A. M., Fenuta, A. M., MacKibbon, 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.
  52. Marandi, S. M., Nejad, V. S., Shanazari, Z., & Zolaktaf, V. (2013). A comparison of 12 weeks of Pilates and aquatic training on the dynamic balance of women with multiple sclerosis. *International journal of preventive medicine*, 4.
  53. Martin, C. L., Phillips, B. A., Kilpatrick, T. J., Butzkueven, H., Tubridy, N., McDonald, E., & Galea, M. P. (2006). Gait and balance impairment in early multiple sclerosis in the absence of clinical disability. *Multiple sclerosis*, 12(5), 620-628.
  54. McGill, S. M. (1998). Low back exercises: evidence for improving exercise regimens. *Physical therapy*, 78(7), 754-765.
  55. McGill, S. M., & Cholewicki, J. (2001). Biomechanical basis for stability: an explanation to enhance clinical utility. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 31(2), 96-100.

56. McGill, S. M., Grenier, S., Kavcic, N., & Cholewicki, J. (2003). Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 13(4), 353-359.
57. McGill, S. M., & Karpowicz, A. (2009). Exercises for spine stabilization: motion/motor patterns, stability progressions, and clinical technique. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 90(1), 118-126.
58. 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.
59. Mellone, S., Tacconi, C., & Chiari, L. (2012). Validity of a Smartphone-based instrumented Timed Up and Go. *Gait & posture*, 36(1), 163-165.
60. 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*, 36(1), 32-37.
61. Mourcou, Q., Fleury, A., Diot, B., Franco, C., & Vuillerme, N. (2015). Mobile phone-based joint angle measurement for functional assessment and rehabilitation of proprioception. *BioMed research international*, 2015.
62. 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.
63. Normann, B., Salvesen, R., & 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.
64. Perrott, M. A., Physio, M. S., Pizzari, T., & Cook, J. (2014). Internet and smartphone delivery of core trunk exercises for a randomised clinical trial: protocol. *Journal of Mobile Technology in Medicine*, 3(2), 46-54.
65. Reche-Orenes, D., & Carrasco, M. (2016). Aportaciones sobre la eficacia del método Pilates en la fuerza, el equilibrio y el riesgo de caídas de personas mayores. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 9(2), 85-90.
66. 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), 131-151.
67. Rickman, A. M. (2012). Core stability: implications for dance injuries. *Medical problems of performing artists*, 27(3), 159.
68. Riemann, B. L., & Lephart, S. M. (2002). The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. *Journal of athletic training*, 37(1), 71.
69. Sánchez-Zuriaga, D., Vera-Garcia, F. J., Moreside, J. M., & McGill, S. M. (2009). Trunk muscle activation patterns and spine kinematics when using an oscillating blade: influence of different postures and blade orientations. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 90(6), 1055-1060.
70. Sell, T. C. (2012). An examination, correlation, and comparison of static and dynamic measures of postural stability in healthy, physically active adults. *Physical Therapy in Sport*, 13(2), 80-86.
71. Shumway-Cook, A., Brauer, S., & Woollacott, M. Timed up & go test (tug).
72. Silva, P. A., Nunes, F., Vasconcelos, A., Kerwin, M., Moutinho, R., & Teixeira, P. (2013, July). Using the smartphone accelerometer to monitor fall risk while playing a game: the design and usability evaluation of dance! Don't fall. In *International Conference on Augmented Cognition* (pp. 754-763). Springer Berlin Heidelberg.
73. Sosnoff, J., Motl, R., & Morrison, S. (2013). Multiple sclerosis and falls-an evolving tale. *US Neurol*, 9, 30-34.
74. Tarakci, E., Yeldan, I., Baydogan, S. N., Olgar, S., & Kasapcopur, O. (2012). Efficacy of a land-based home exercise programme for patients with juvenile idiopathic arthritis: a

- randomized, controlled, single-blind study. *Journal of rehabilitation medicine*, 44(11), 962-967.
75. Van der Burg, J. C. E., Van Wegen, E. E. H., Rietberg, M. B., Kwakkel, G., & Van Dieën, J. H. (2006). Postural control of the trunk during unstable sitting in Parkinson's disease. *Parkinsonism & related disorders*, 12(8), 492-498.
  76. van Dieën, J. H., Cholewicki, J., & Radebold, A. (2003). Trunk muscle recruitment patterns in patients with low back pain enhance the stability of the lumbar spine. *Spine*, 28(8), 834-841.
  77. Van Peppen, R. P., Kortsmit, M., Lindeman, E., & Kwakkel, G. (2006). Effects of visual feedback therapy on postural control in bilateral standing after stroke: a systematic review.
  78. Vera-García, F. J., Barbado, D., Flores-Parodi, B., Alonso-Roque, J. I., & Elvira, J. L. L. (2016). Activación de los músculos del tronco en ejercicios de estabilización raquídea/Trunk muscle activation in spine stabilization exercises. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, (52).
  79. Vera-García, F. J., Barbado, D., & Moya, M. (2014). Trunk stabilization exercises for healthy individuals. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 16(2), 200-211.
  80. Vera-García, F. J., Barbado, D., Moreno-Pérez, V., Hernández-Sánchez, S., Juan-Recio, C., & Elvira, J. L. L. (2015). Core stability. Concepto y aportaciones al entrenamiento y la prevención de lesiones. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 8(2), 79-85.
  81. Vera-García, F. J., Barbado, D., Moreno-Pérez, V., Hernández-Sánchez, S., Juan-Recio, C., & Elvira, J. L. L. (2015). Core stability: evaluación y criterios para su entrenamiento. *Revista andaluza de medicina del deporte*, 8(3), 130-137.
  82. Vera-García, F. J., Brown, S. H., Gray, J. R., & McGill, S. M. (2006). Effects of different levels of torso coactivation on trunk muscular and kinematic responses to posteriorly applied sudden loads. *Clinical Biomechanics*, 21(5), 443-455.
  83. Vera-García, F. J., Elvira, J. L., Brown, S. H., & McGill, S. M. (2007). Effects of abdominal stabilization maneuvers on the control of spine motion and stability against sudden trunk perturbations. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 17(5), 556-567.
  84. Wall, J. C., Bell, C., Campbell, S., & Davis, J. (2000). The Timed Get-up-and-Go test revisited: measurement of the component tasks. *Journal of rehabilitation research and development*, 37(1), 109.
  85. Wai, A. A. P., Duc, P. D., Syin, C., & Haihong, Z. (2014, August). iBEST: Intelligent balance assessment and stability training system using smartphone. In *2014 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* (pp. 3683-3686). IEEE.
  86. White, L. J., & Dressendorfer, R. H. (2004). Exercise and multiple sclerosis. *Sports medicine*, 34(15), 1077-1100.
  87. Willardson, J., Fontana, F. E., & Bressel, E. (2009). Effect of surface stability on core muscle activity for dynamic resistance exercises. *International journal of sports physiology and performance*, 97.
  88. Williams, K., & Hoang, P. (2009). Strength and cardiorespiratory exercises for people with multiple sclerosis (MS).
  89. Zazulak, B., Cholewicki, J., & Reeves, P. N. (2008). Neuromuscular control of trunk stability: clinical implications for sports injury prevention. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 16(8), 497-505.

## 7. ANEXOS

### Anexo 1: Posición del smartphone.

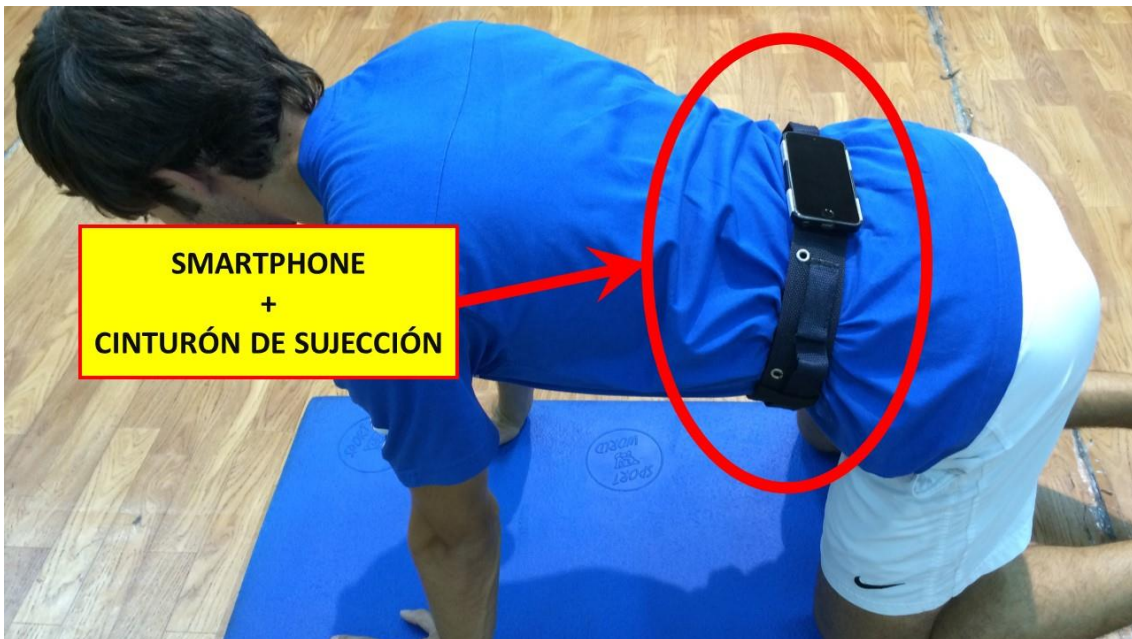
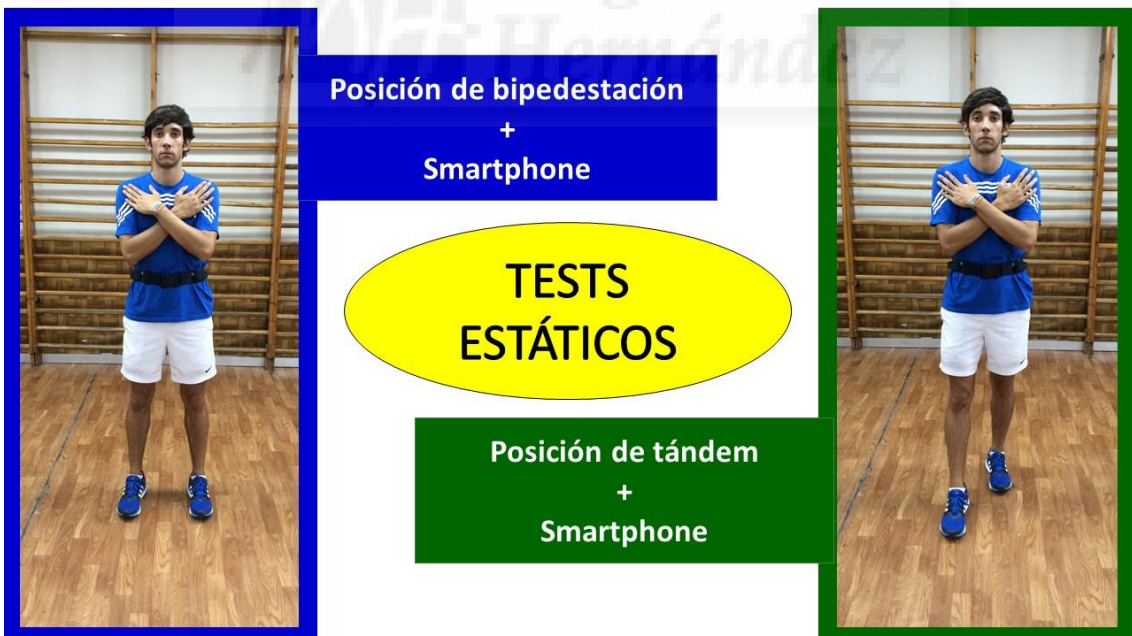


Imagen en la que se ve situado el smartphone en la zona de la espalda baja a la altura de L4. El dispositivo está sujeto a una carcasa del mismo fijada a un cinturón, el cual tiene que estar adaptado a la persona que lo utilice.

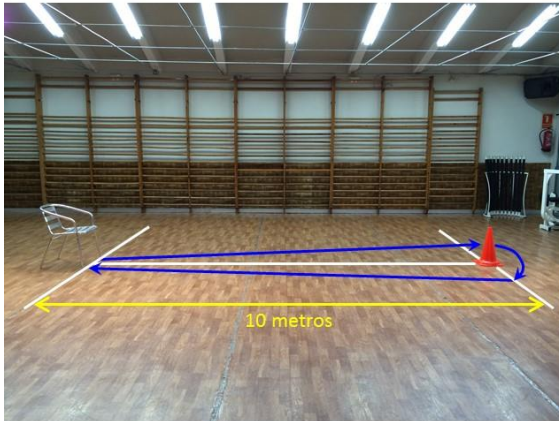
### Anexo 2: Tests estáticos y dinámicos.





# TESTS DINÁMICOS

TIMED GET UP  
AND GO



PERRO DE  
MUESTRA





Anexo 3: Multiple Sclerosis Impact Scale.

**TABLE 1**

Patient's Name: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
month day year

ID# \_\_\_\_\_ Test#: 1 2 3 4





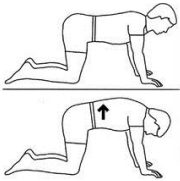
**MODIFIED FATIGUE IMPACT SCALE (MFIS)**

Following is a list of statements that described how fatigue may affect a person. Fatigue is a feeling of physical tiredness and lack of energy that many people experience from time to time. In medical conditions like MS, feeling of fatigue can occur more often and have a greater impact than usual. Please read each statement carefully, and then **circle the one number** that best indicates how often fatigue has affected you in this way during the **past 4 weeks**. (If you need help in marking your responses, tell the interviewer the number of the best response). **Please answer every question**. If you are not sure which answer to select, please choose the one answer that comes closest to describing you. The interviewer can explain any words or phrases that you do not understand.

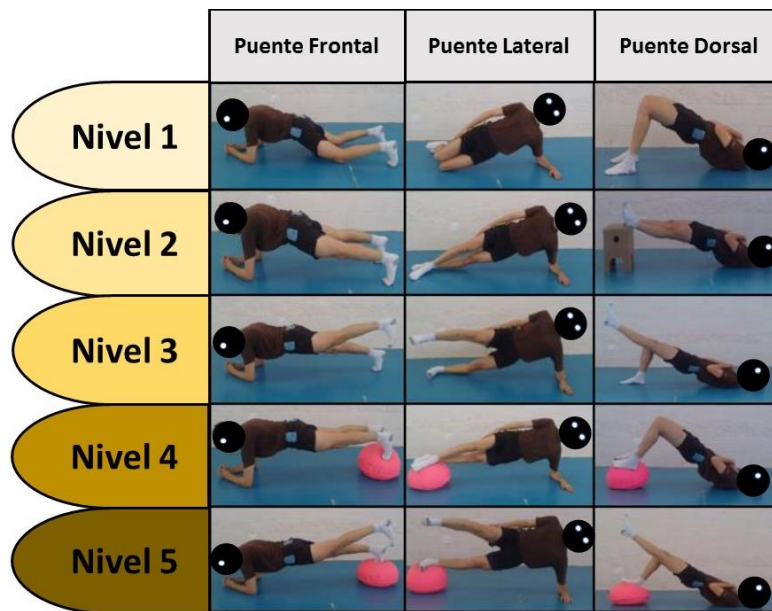
Because of my fatigue during the past 4 weeks.....

	<u>Never</u>	<u>Rarely</u>	<u>Sometimes</u>	<u>Often</u>	<u>Almost always</u>
1. I have been less alert.	0	1	2	3	4
2. I have had difficulty paying attention for long periods of time.	0	1	2	3	4
3. I have been unable to think clearly.	0	1	2	3	4
4. I have been clumsy and uncoordinated.	0	1	2	3	4
5. I have been forgetful.	0	1	2	3	4
6. I have had to pace myself in my physical activities.	0	1	2	3	4
7. I have been less motivated to do anything that requires physical effort.	0	1	2	3	4
8. I have been less motivated to participate in social activities	0	1	2	3	4

Anexo 4: Ficha de sesión.

ENTRENAMIENTO PARA GRUPO EXPERIMENTAL					
Nombre:				Fecha:	
Semana:	1	Sesión:	1	Materiales: Colchoneta y cronómetro.	
Gráfico		Desarrollo		Series/Repeticiones	Descanso S./Ejer.
<b>CALENTAMIENTO</b>					
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Elíptica.</li> </ul>		10 minutos entre el 50-70% del VO2 Máx.	
Tiempo total:		10 minutos.			
<b>PARTE PRINCIPAL</b>					
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Puente frontal.</li> </ul>		5/30"	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Puente dorsal.</li> </ul>		5/30"	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Puente lateral derecho.</li> </ul>		5/30"	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Puente lateral izquierdo.</li> </ul>		5/30"	
Tiempo total:		30 minutos.			
<b>VUELTA A LA CALMA</b>					
		<p>Estiramientos estáticos de pie: flexión frontal y dorsal en el eje transversal, flexión lateral derecho e izquierdo en eje anteroposterior. Brazo derecho e izquierdo extendido por delante y por detrás. Posición del gato.</p>		2/30" por posición.	
Tiempo total:		10 minutos.			

Anexo 5: Ejercicios y progresiones.



Anexo 6: Cronograma de la propuesta de intervención.

