

## **PROPUESTA DE ACTIVIDAD FÍSICA BASADA EN TAREAS DUALES PARA PERSONAS CON AFECCIÓN O ALTERACIONES NEUROLÓGICAS: ESCLEROSIS MÚLTIPLE**

## **PROPOSAL FOR PHYSICAL ACTIVITY BASED TASKS FOR PEOPLE WITH DUAL CONDITON OR NEUROLOGICAL DISORDERS: MULTIPLE SCLEROSIS**

### **Autor:**

Gutiérrez-Cruz, C. <sup>(1)</sup>; Rojas, F. J. <sup>(2)</sup>; De la Cruz-Márquez, J. C. <sup>(3)</sup>

### **Institución:**

<sup>(1)</sup> Facultad de Ciencias de la Actividad Física y Deporte. Universidad de Granada.  
[carmengc@correo.ugr.es](mailto:carmengc@correo.ugr.es)

### **Resumen:**

El propósito de éste estudio pretende conocer la influencia que ejercen las tareas duales (TD) sobre los parámetros biomecánicos de la marcha en personas con esclerosis múltiple (PcEM). Han participado 11 PcEM con capacidad de realizar marcha sin ayuda. Se ha utilizado un diseño intragrupo de medidas repetidas donde cada participante realizaba una marcha con y sin TD, utilizando para ello tres plataformas de fuerza sincronizadas temporalmente a una cámara de vídeo a partir de un sistema electrónico que además gestionaba el sistema de TD. Los resultados manifiestan que las TD en PcEM, reduce la longitud media de zancada, así como el desplazamiento y velocidad horizontal del centro de masas. Además las TD hacen que se vea afectado el equilibrio en comparación con la situación sin TD. Los resultados confirman la necesidad de fomentar la elaboración de programas de ejercicio físico incorporando, de forma intencionada y controlada, tareas cognitivas vinculadas a TD.

## **Palabras Clave:**

Discapacidad, Tareas físicas duales, Biomecánica, Control motor, Neurología, Rehabilitación, Calidad de vida

## **Abstract:**

The purpose of this study is to determine the influence of the dual tasks (DT) on the biomechanical parameters of gait in people with multiple sclerosis (PwME). Eleven PwME able to walk unassisted participated in this study. Intragroup used a repeated measures design where each participant performed a walk with and without DT, using three platforms force temporarily synchronized to a video camera from an electronic system that also managed the DT system. The results show that DT in PwME reduces the average stride length as well as displacement and horizontal velocity of the center of mass. In addition, DT affects to the balance in comparison with the situation without DT. The results confirm the need to encourage the development of exercise programs incorporating intentionally and controlled cognitive tasks related to DT.

## **Key Words:**

Disability, Dual task, Biomechanics, Motor control, Exercise, Neurology, Rehabilitation, Quality of life

## **1. INTRODUCCIÓN**

La Esclerosis Múltiple (EM) afecta en nuestro País a 47.000 personas, siendo la primera causa de discapacidad no traumática entre personas jóvenes, diagnosticándose cada año 1800 nuevos casos en España. La EM es una enfermedad autoinmune de carácter crónico y degenerativo del sistema nervioso central que afecta al cerebro y a la médula espinal, provocando la inflamación, desmielinización y destrucción de los axones motores y sensoriales (Lassmann, 1999). Esta pérdida de mielina dificulta la transmisión neurológica provocando el retardo de la conducción saltatoria entre axones, incluso pudiendo bloquear dicha conducción, ocasionando una reducción o pérdida de su función (Klonoff, Clark, Oger, Paty & Li, 1999). Dicha pérdida de función puede ocasionar limitaciones en la vida diaria de las personas con

esclerosis múltiple (PcEM) debido a ciertas limitaciones físicas, debilidad muscular, alteraciones en el equilibrio provocando una marcha inestable, dificultad de coordinación o problemas atencionales, entre otros (Abbey, Douglas & Sharon, 2011; Tarakci, Yeldan, Huseyinsinoglu, Zenginler & Eraksoy, 2013).

Actualmente existen numerosas investigaciones sobre la incidencia positiva del ejercicio físico en las PcEM, coincidiendo en que su práctica planificada produce beneficios físicos, cognitivos y emocionales, dependiendo del tipo de seguimiento y tratamiento, así como del plan de ejercicio físico que se les aplique (Dalgas, et al., 2007). En este sentido, se ha descrito cómo las alteraciones atencionales afectan a la función ejecutiva durante la realización simultánea de dos tareas concurrentes, denominadas tareas duales (Fritz, Cheek & Nichols-Larsen, 2015). Por ejemplo: caminar y atender a los estímulos del entorno, lo que se considera como una tarea dual motora/cognitiva-atencional. En estos casos, se ha constatado que las tareas cognitivas prevalecen sobre las motrices y en consecuencia, disminuyen la eficiencia de la tarea motora y aumenta el riesgo de tener caídas (Hamilton et al., 2009; Jacobs & Kasser, 2012).

La interferencia producida como consecuencia del desarrollo de las tareas duales se puede explicar mediante dos teorías complementarias: a) Teoría del filtro atencional o cuello de botella, que sugiere la existencia una fase temporal en el procesamiento de la información donde sólo una tarea puede ser atendida, mientras que la otra se realiza de forma automatizada (Yogev-Seligmann, Hausdorff, & Giladi, 2012) y b) Teoría sobre la conciencia de uno mismo, según la cual se prioriza una actividad sobre la otra conscientemente (Wajda & Sosnoff, 2013).

Investigaciones precedentes con deportistas de alto nivel nos han permitido constatar que las tareas duales motoras/cognitivo-perceptivas incrementan el tiempo de la respuesta motora (Gutiérrez-Dávila, Zingsem, Gutiérrez-Cruz, Giles & Rojas, 2014). Un hecho que se ha justificado desde la Neurociencia cognitiva, en especial, mediante la contribución de dos procesos visuales que

tienen funciones diferentes. Una corriente ventral, asociada a la consciencia explícita, que informa sobre las probabilidades para llevar a cabo la acción y, una corriente dorsal que recoge la información visual implícita en el control del movimiento, inmediata y relativamente rápida (Goodale & Westwood, 2004; Milner & Goodale, 1995).

Según lo expuesto, las fuentes de información que regulan el patrón de la marcha en tareas duales, requerirían de una interacción sincronizada de los dos sistemas visuales, asumiendo cada uno de ellos funciones y usos diferentes. Ambos sistemas trabajaría en distintos momentos de espacio y tiempo. Así, la información que utiliza la corriente dorsal es la inmediata, relativamente rápida y asociada a movimientos automatizados donde no se necesita ser consciente de cómo se mueve o qué tipo de información se utiliza (Goodale & Westwood, 2004). Por el contrario, la corriente ventral estaría asociada a la consciencia explícita, permitiendo identificar la acción más apropiada para alcanzar el objetivo. De este modo, cuando prevalece la corriente ventral sobre la dorsal, el movimiento se hace más lento.

Consideramos que la adecuada planificación de los ejercicios físicos asociados a las tareas duales debe de constituir un beneficio para el rendimiento funcional y cognitivo de PcEM, debido a que el deterioro cognitivo evoluciona de manera simultánea y paralela a las alteraciones funcionales, siendo la preservación de la atención fundamental para conjugar la rehabilitación cognitiva junto con la función ejecutiva, puesto que los problemas de memoria y resolución de problemas derivarían del daño atencional causado por la patología (Omisade et al., 2012; Rao, 2004). Sin embargo, gran parte de las investigaciones han tratado de manera independiente las alteraciones motoras (p.e. Pilutti et al., 2015) y cognitivas (p.e. Jongen, Ter Horst & Brands, 2012), mientras que con esta investigación se pretenden establecer las relaciones entre ambos tipos de alteraciones.

De este modo, tendríamos que preguntarnos si los programas de ejercicio físico adaptados a PcEM, deberían incorporar ejercicios meramente automatizadas en las que no exista una atención dividida, como habitualmente

se llevan a cabo o se deberían de diseñar programas donde se incorporen de forma intencionada y controlada una incertidumbre vinculada a tareas duales que pudiera asemejarse a las situaciones cotidianas que se presentan a éste tipo de población, como atender a la circulación mientras cruzan un paso de peatones, leer un anuncio sin interferir en la marcha o caminar mientras se mantiene una conversación, etc. Pensamos que de este modo se podría mejorar la calidad de vida de las PcEM además de disminuir el riesgo de caída como consecuencia de la atención a una tarea cognitiva.

Por lo tanto, durante el desarrollo de este trabajo se pretende conocer las diferencias existentes entre la marcha con y sin incertidumbre debida a las tareas duales, sobre los parámetros temporales de la respuesta de reacción y el patrón de la marcha en personas con EM en un rango entre 2 y 6,5 según la escala EDSS.

Según los antecedentes expuestos, se podría plantear como hipótesis que la incertidumbre provocada por acciones ambientales aleatorias (tareas duales), altera los parámetros biomecánicos de eficiencia en la marcha, incrementa el tiempo de movimiento (TM), aumenta las dificultades para mantener el equilibrio y, en consecuencia, existe una mayor probabilidad de caídas en personas con esclerosis múltiple, incrementándose estos efectos cuando se incrementa el grado de afección.

## 2. MATERIAL Y MÉTODO

Han participado 11 personas, nueve mujeres y dos hombres, diagnosticados de esclerosis múltiple (edad,  $35\pm 6$  años; talla,  $1.70\pm 0.4$  m; masa,  $68\pm 12$  Kg) con capacidad de realizar una marcha de cinco metros sin ayuda ni apoyos adicionales. Se ha utilizado un diseño intragrupo de medidas repetidas donde, de forma alternada, cada participante realizaba una tarea simple: marcha a la velocidad elegida por cada participante y una tarea dual motora/cognitivo-perceptiva: marcha manteniendo la atención en el encendido de unas luces. Se ha registrado el tiempo de movimiento (TM) del ciclo de

marcha comprendido entre el primer contacto del pie derecho hasta que se realiza el segundo contacto de ése mismo pie. Además, se analizó la dinámica del centro de masas (CM), utilizando para ello tres plataformas de fuerza sincronizadas temporalmente a una cámara de vídeo a partir de un sistema electrónico que además gestionaba el sistema de incertidumbre.

### 3. RESULTADOS

Se constata que las tareas duales en personas con EM, reduce la longitud media de zancada, así como el desplazamiento y velocidad horizontal del CM, no existiendo diferencias significativas en el tiempo de movimiento, TM, (Tabla 1 y 2).

Tabla 1. Estadística descriptiva e inferencial variables que determinan el análisis temporal y longitud del ciclo de marcha.

Variables	Sin incertidumbre	Con incertidumbre	F
Tiempo de apoyo bipodal pie derecho (s)	0.433 ± 0.291	0.492 ± 0.364	3.63
Tiempo de apoyo monopodal pie derecho (s)	0.509 ± 0.118	0.546 ± 0.162	3.19
Tiempo de apoyo bipodal pie izquierdo (s)	0.396 ± 0.411	0.425 ± 0.412	0.55
Tiempo de apoyo monopodal pie izquierdo (s)	0.469 ± 0.117	0.503 ± 0.145	1,42
Tiempo de zancada (s)	1.809 ± 0.908	1.962 ± 0.906	2.81
Longitud paso derecho (m)	0.414 ± 0.081	0.403 ± 0.076	3.64
Longitud paso izquierdo (m)	0.462 ± 0.109	0.436 ± 0.118	4.10
Longitud de zancada (m)	0.876 ± 0.182	0.839 ± 0.186	11.75**

Tabla 2. Estadística descriptiva e inferencial de los parámetros temporales de la respuesta de reacción para las dos situaciones experimentales.

Variables	Sin incertidumbre	Con incertidumbre	F
Tiempo de reacción (TR) (ms)	361 ± 122	364 ± 126	0.26
Tiempo de movimiento (TM) (ms)	842 ± 170	852 ± 229	0.04
Tiempo de la respuesta de reacción (TRR) (ms)	1203 ± 252	1216 ± 315	0.81

El comportamiento del CM pone de manifiesto que la incertidumbre hace que se vea afectado el equilibrio en comparación con la situación sin

incertidumbre (Tabla 3). Los resultados confirman la necesidad de fomentar la elaboración de programas de actividad física incorporando, de forma intencionada y controlada, una incertidumbre vinculada a tareas duales.

Tabla 3. Estadística descriptiva e inferencial de las variables relacionadas con el CM.

VARIABLES	SIN INCERTIDUMBRE	CON INCERTIDUMBRE	F
Velocidad horizontal media del CM zancada (m/s)	0.595 ± 0.279	0.531 ± 0.236	9.17*
Desplazamiento horizontal del CM	0.901 ± 0.161	0.868 ± 0.156	6.27*
Desplazamiento transversal máximo del CM	0.172 ± 0.077	0.216 ± 0.100	11.02**
Desplazamiento vertical máximo del CM	0.068 ± 0.008	0.080 ± 0.010	3.59
Reducción velocidad horizontal apoyo pie derecho	0.043 ± 0.031	0.056 ± 0.032	1.88
Reducción velocidad horizontal apoyo pie izquierdo	0.062 ± 0.032	0.098 ± 0.032	10.94**

## 4. DISCUSIÓN

La tarea dual no ha provocado la esperada reducción del TM, sin embargo nuestros resultados coinciden con las aportaciones de estudios anteriores (Felmingham, Baguley & Green, 2004; Reiker, Tombaugh, Walker & Freedman, 2007; Tombaugh, Rees, Stormer, Harrison & Smith, 2007), donde la no significación entre las medias se justificaría con la escasa atención que prestarían al estímulo luminoso ciertas personas con alto grado de afección motora.

En cuanto a lo referente en la longitud media de paso, tanto del paso derecho como del izquierdo se reduce en situación de incertidumbre sin que existan diferencias estadísticamente significativas aunque, este incremento en los dos pasos se constata con claras diferencias entre las medias en la longitud de zancada, siendo menor en la tarea dual y coincidiendo con estudios precedentes que afirman la influencia existente durante situaciones complejas o duales sobre la disminución del rendimiento del ciclo de la marcha en personas con EM (Hamilton et al., 2009; Leone, Patti & Feys, 2015) y específicamente en la longitud de paso (Jacobs & Kasser, 2012).

Además, esta reducción de longitud de zancada es coincidente con otros estudios que relacionan las diferencias existentes en el tipo de marcha cuando los sujetos tienen miedo a caerse, también llamada, marcha cautelosa. Este tipo de marcha se fomenta cuando existe incertidumbre, provocando una disminución en la longitud de paso, reducción de la velocidad, relacionándose, con la disminución del rendimiento de la marcha con el aumento del estado de deterioro funcional de los participantes (Giladi, Herman, Reider-Groswasser, Gurevich, Hausdorff, 2005; Schiniepp et al., 2014).

En el eje transversal se han encontrado diferencias claramente significativas relacionadas con el equilibrio de las PcEM, los resultados muestran un claro aumento en el desplazamiento transversal del CM en situaciones con incertidumbre, deduciendo de este modo, que a mayor complejidad de las tareas el equilibrio en personas con EM empeora claramente, resultados que coinciden con estudios precedentes que corroboran la influencia de la marcha cautelosa, la cual crea inseguridades y situaciones con incertidumbre sobre el empeoramiento del equilibrio durante la marcha en personas mayores con deterioro funcional (Halvarsson, Olsson, Farén, Pettersson, Stahle, 2011).

Finalmente, la reducción de la velocidad horizontal durante el apoyo, constituye una forma de ineficiencia del ciclo de marcha, es decir, cuanto mayor es la reducción de la velocidad horizontal, menos eficiente es la marcha. En este caso, los datos muestran que existen claras diferencias en la reducción de la velocidad durante el apoyo del pie izquierdo ( $p < 0.01$ ) cuando la marcha se hace mediante tarea dual, lo que es coincidente con las aportaciones de otros estudios (Hamilton et al., 2009; Jacobs & Kasser, 2012; Leone et al., 2015).

## 5. CONCLUSIONES

A partir de los resultados expuesto y las aportaciones de Coelho et al, 2013; Douglas, Motl & Sosnoff 2013; Learmonth, Pilutti & Motl, 2015; Wajda &



Sosnoff, 2015, se constata la importancia de diseñar actividades duales durante la programación del ejercicio físico en personas con esclerosis múltiple. Consideramos que dicha actividad podría mejorar el automatismo de la marcha en situaciones de interacción ambiental y, en consecuencia, reducir el riesgo de caídas, mejorar el nivel de independencia y la calidad de vida.

Como perspectiva de futuro, se pretende concienciar sobre la importancia de la incorporación de las tareas duales en los entrenamientos e intervenciones a realizar con las PcEM, así como crear una guía básica orientativa sobre diferentes niveles de dificultad de ejecución en los ejercicios duales para mejorar la capacidad motora/cognitiva-perceptiva de esta población.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abbey, J. H., Douglas, R. D. & Sharon, G. L. (2011). Reaction time and rapid serial processing measures of information speed in multiple sclerosis: Complexity, compounding and augmentation. *Journal International Neuropsychological Society*, 17, 111- 1121.

2. Coelho, F. G., Andreade, L. P., Pedroso, R. V., Santos-Galduroz, R., Gobbi, S., Costa, J & Gobbi, L. (2013) Multimodal exercise intervention improves frontal cognitive functions and gait in Alzheimer's disease: a controlled trial. *Geriatric Gerontology International*, 13, 198-203.

3. Dalgas, U., Stenager, E., Lund, C., Rasmussen, C., Petersen, T., Sorensen, H., Ingemman-Hansen, T & Overgaard, O. (2013). Neural drives increases following resistance training in patients with multiple sclerosis. *Journal Neurology*, 260, 1822-1832.

4. Douglas, A., Wajda, R., Motl, R. & Sosnoff, J. (2013). Dual task cost of walking is related to fall risk in persons with multiple sclerosis. *Journal of Neurological Sciences*, 335, 160-163.

5. Felmingham, K. L., Baguley, IJ & Green AS. (2004) Effects of diffuse axonal injury on speed of information processing following severe traumatic brain injury. *Neuropsychology*, 18, 564–571.

6. Fritz, NE., Cheek, F. M. & Nichols-Larsen, DS. (2015). Motor-Cognitive Dual-Task Training in Persons With Neurologic Disorders: A Systematic Review. *Journal Neurologic Physical Therapy*, 39 (3), 142-53.

7. Giladi, N., Herman, T., Reider-Groswasser, I., Gurevich, T & Hausdorff, JM. (2005). Clinical characteristics of elderly patients with a cautious gait of unknown origin. *Journal Neurology*, 252, 300- 306.

8. Goodale, MA & Westwood DA. (2004). An evolving view of duplex vision: separate but interacting cortical pathways for perception and action. *Current Opinion Neurobiology*, 14, 203-211.

9. Gutiérrez-Dávila, M.; Zingsem, C.; Gutiérrez-Cruz, C.; Giles, F.J.; & Rojas, F.J. (2014). Effect of uncertainty in the lunge in fencing. *Journal of Sports Sciences and Medicine*, 13, 66-72.

10. Halvarsson, A., Olsson, E., Farén, E., Pettersson, A & Stahle, A. (2011). Effects of new, individually adjusted, progressive balance group training for elderly people with fear of falling and tent to fall: a randomized controlled trial, *Clinical Rehabilitation*, 25(11), 1021-1031.

11. Hamilton, F., Rochester, L., Paul, L., Rafferty, D., O’Leary, C & Evans, JJ. (2009). Walking and talking: an investigation of cognitive - motor dual tasking in multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis*, 15 (10), 1215- 1227.

12. Jacobs, JV & Kasser, SL. (2012). Effects of dual tasking on the postural performance of people with and without multiple sclerosis: A pilot study. *Journal Neurology*, 259, 1116- 1176.

13. Jongen, P. J., Ter Horst, AT & Brands AM. (2012). Cognitive impairment in multiple sclerosis. *Minerva Medical*, 103(2), 73-96

14. Klonoff, H., Clark, C., Oger, J., Paty, D. & Li, D. (1999). Neuropsychological performance in patients with mild multiple sclerosis. *Journal Nervous Mental Disease*, 179 (3), 127-131.

15. Lassmann H. (1999). The pathology of multiple sclerosis and its evolution. *Philosophical Transactions Royal Society of London*, 354, 1635-1640.

16. Learmonth, Y.C., Pilutti, LA & Motl, RW. (2015). Generalised cognitive motor interference in multiple sclerosis, *Gate & Postur*, 42, 96- 100.

17. Leone, C., Patti, F & Feys, P. (2015). Measuring the cost of cognitive-motor dual tasking walking in multiple sclerosis, *Journal Multiple Sclerosis*, 21 (2), 123- 131.

18. Milner, AD & Goodale, MA. (1995). *The visual brain in action*. Oxford: Oxford University.

19. Omisade, A., Fisk, JD., Klein, RM., Schmidt, M., Darvesh, S., & Bhan, V.(2012). Information Processing and Magnetic Resonance Imaging Indices of Brain Pathology in Multiple Sclerosis, *International Journal of MS Care*, 14(2), 84-91.

20. Pilutti, LA., Sandroff ,BM., Klaren, RE., Learmonth, YC., Platta HE., Stratton, E & Motl, R. (2015). Physical Fitness Assessment Across the Disability Spectrum in Persons With Multiple Sclerosis: A Comparison of Testing Modalities. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 39, 241-253.

21. Rao, S. (2004) Cognitive Function in Patients with Multiple Sclerosis: Impairment and Treatment. *International Journal of MS Care*, 6(1), 9-22.

22. Reicker, LI., Tombaugh, TN., Walker, L., & Freedman, MS. (2007). Reaction time: An alternative method for assessing the effects of multiple sclerosis on information processing speed, *Archives Clinical Neuropsychology*, 22, 655–664

**23.** Schniepp, R., Wuehr, M., Huth, S., Pradhan, C., Brand, T & Jahn, K. (2014) Gait characteristics of patient with phobic postural vértigo: effects of fear of falling, attention and visual input, *Journal Neurology*, 261, 738-746.

**24.** Tarakci, E., Yeldan, I., Huseyinsinoglu, B., Zenginler, & Eraksoy, M. (2013). Group exercise training for balance, functional status, spasticity, fatigue and quality of life in multiple sclerosis: A randomized controlled trial, *Clinical Rehabilitation*, 27 (9), 813-822

**25.** Tombaugh, TN., Rees, L., Stormer, P., Harrison, AG & Smith, A. (2007) The effect of mild severe traumatic brain injury on speed of information processing as measured by the computerized test of information processing (CTIP). *Archives Clinical Neuropsychology*, 22, 25-36.

**26.** Wajda, DA., Motl, R & Sosnof, J. (2013) Dual task cost of walking is related to fall risk in persons with multiple sclerosis, *Journal of Neurological Sciences*, 335, 160-163.

**27.** Yogev-Seligmann, G., Hausdorff, JM & Giladi, N. (2012). Do we always prioritize balance when walking? Towards an integrated model of task prioritization, *Movement Disorders*, 27, (6) 765–770.