

ESTIMULACIÓN ELÉCTRICA FUNCIONAL PARA LA REHABILITACIÓN DE LA MANO EN LESIÓN MEDULAR CERVICAL: UNA EXPERIENCIA CLÍNICA

**Isabel Sinovas-Alonso^a, Aitor Martín-Odrizola^b, Montserrat Díaz-
Ayguavives^c, Elena Zamora-Nodal^c, Ana de los Reyes-Guzmán^a, Cristina
Rodríguez-de-Pablo^b, Ángel Gil-Agudo^{a,d}**

^aUnidad de Biomecánica y Ayudas Técnicas. Hospital Nacional de Paraplégicos (SESCAM), Toledo, España, {msinovas,adlos}@sescam.jccm.es; ^bFesia Technology, Donostia-San Sebastián, España, {amartin,crodriguez}@fesia.net; ^cUnidad de Fisioterapia. Hospital Nacional de Paraplégicos (SESCAM), Toledo, España, {mdiaza,ezamoral@sescam.jccm.es}; ^dServicio de Rehabilitación. Hospital Nacional de Paraplégicos (SESCAM), Toledo, España, amgila@sescam.jccm.es

Resumen

La lesión medular cervical conlleva un déficit de funcionalidad de la extremidad superior generando una pérdida de independencia en la realización de las actividades de la vida diaria, donde la rehabilitación funcional de la mano cobra gran relevancia. En este contexto, la estimulación eléctrica funcional resulta de gran interés en la terapéutica rehabilitadora, sin embargo, los dispositivos convencionales no permiten realizar una estimulación selectiva y combinada de los grupos musculares antebraquiales asociados a movimientos funcionales de la mano. Nuevos dispositivos como Fesia Grasp, basados en electrodos multi-campo, permiten suplir esta carencia. El objetivo de este estudio es presentar una experiencia clínica de tratamiento rehabilitador funcional de la mano con un dispositivo de estimulación eléctrica funcional basado en electrodos multi-campo sobre un paciente con lesión medular cervical. Los resultados obtenidos mostraron una mejora en la funcionalidad de la mano en relación a la ejecución de gestos con movimientos combinados, que no son clásicamente ejecutados con los dispositivos de estimulación eléctrica funcional convencional. La tecnología de electrodos multi-campo de Fesia Grasp supone alternativa novedosa para la rehabilitación funcional de la mano con el fin de mejorar la independencia de los pacientes con lesión medular cervical.

Abstract

Cervical spinal cord injury leads to a deficit in upper limb functionality generating a loss of independence in activities of daily living where functional rehabilitation in order to improve hand dexterity is of great significance. In this context, functional electrical stimulation is of huge interest in rehabilitation therapy, however, conventional devices do not allow selective and combined stimulation of the forearm muscles associated with functional hand movements. New devices such as Fesia Grasp, based on multi-field electrodes, make possible to fill this gap. The aim of this study

is to report a clinical experience of a functional rehabilitation treatment to improve hand dexterity with a multi-field functional electrical stimulation device in a patient with cervical spinal cord injury. The results showed an improvement in hand functionality related to the execution of gestures with combined movements, which are not classically stimulated with conventional devices. Multi-field electrode technology of Fesia Grasp device represents a novel alternative for functional hand rehabilitation in order to improve the independence of cervical spinal cord injured patients.

Palabras clave: estimulación eléctrica funcional, rehabilitación, mano, lesión medular cervical.

Keywords: functional electrical stimulation, rehabilitation, hand, cervical spinal cord injury.

1. Introducción

La lesión medular (LM) cervical provoca un déficit en la función de la extremidad superior y, en consecuencia, de independencia en la realización de actividades de la vida diaria (AVD) (Yozbatiran & Francisco, 2019). En este contexto, la mejora de la función de la mano es uno de los objetivos prioritarios en la rehabilitación de personas con tetraplejia (Snoek et al., 2004).

La estimulación eléctrica funcional (*functional electrical stimulation*, FES) favorece la restauración de la función motora aprovechando los sistemas neuromusculares intactos (Doucet et al., 2012; Ho et al., 2014). Los dispositivos FES se han basado tradicionalmente en electrodos convencionales, sin embargo, en los últimos años han emergido los electrodos multi-campo, los cuales han demostrado un enorme potencial para retrasar la fatiga muscular y aumentar la selectividad muscular (Malešević et al., 2017), lo que toma especial relevancia en la rehabilitación de la mano. El objetivo de este trabajo es presentar los resultados de una experiencia clínica de rehabilitación funcional de la mano llevada a cabo mediante un dispositivo FES basado en electrodos multi-campo.

2. Desarrollo

2.1 Marco teórico

Fesia Grasp (Fesia Technology, Donostia-San Sebastián, España) es un dispositivo FES empleado para la rehabilitación funcional de la mano. Está basado en la generación de trenes de pulsos bifásicos de diferentes anchos (150-300 μ m) y amplitudes de pulso (1-40 Hz), los cuales son transmitidos al cuerpo humano a través de un electrodo multi-campo. El dispositivo (Figuras 1 y 2) está compuesto por: estimulador, textil con electrodo multi-campo integrado (32 cátodos y 8 ánodos) que se adhiere al antebrazo del usuario y tableta con aplicación *software*, a través de la cual se pueden configurar los diferentes campos y parámetros de estimulación.

Mediante el dispositivo Fesia Grasp se pueden generar 8 movimientos aislados diferentes (flexión y extensión de muñeca, pulgar, índice y dedos 3, 4 y 5) que se pueden combinar entre ellos.



Figura 1: Componentes del dispositivo Fesia Grasp.
A) Textil. B) Estimulador. C) Electrodo multi campo.



Figura 2: Colocación del electrodo multicampo en el antebrazo.

2.2 Planteamiento del problema

La aplicación de FES basada en electrodos multi-campo es de carácter novedoso en el ámbito de la rehabilitación de la función de la mano en LM cervical. El objeto de este trabajo es conocer la capacidad de respuesta de la musculatura antebraquial para la recuperación de la funcionalidad de la mano con el dispositivo Fesia Grasp en un paciente con LM cervical durante su proceso rehabilitador en el Hospital Nacional de Parapléjicos (Toledo, España) a los 3 meses de la lesión. El paciente es un varón de 20 años con nivel neurológico de lesión C4 y clasificación de la *American Spinal Injury Association Impairment Scale* (AIS) (Kirshblum et al., 2011) tipo C.

2.3 Método

El paciente realizó 10 sesiones de tratamiento en la mano izquierda -más afecta- con el dispositivo Fesia Grasp durante el mes de julio de 2021. En este contexto, se llevaron a cabo dos evaluaciones, antes del comienzo de las sesiones y al final de las mismas, con objeto de valorar la motricidad gruesa y fina de la mano, consistentes en el desarrollo de los siguientes test y escalas de valoración: (i) Box and Block Test (BBT) -Figura 3-, (ii) Nine-Hole Peg Test (9-HPT) -Figura 4-, (iii) valoración de la espasticidad (Escala modificada de Ashworth o *Modified Ashworth Scale*, MAS) y (iv) medida del balance muscular (escala de fuerza muscular del Medical Research Council) de la musculatura antebraquial que se evalúa clásicamente con el test de valoración de discapacidad del miembro superior GRASSP (*Redefined Assessment of Strength, Sensibility and Prehension*).



Figura 3: Box and Block Test.



Figura 4: Nine Hole peg Test.

Las sesiones constaron de dos partes: (i) protocolo de entrenamiento, en el que el paciente se familiarizó con el dispositivo y la intensidad de estimulación a través de un barrido aleatorio individual o por parejas de cada uno de los campos del electrodo, alternando entre flexores y extensores; (ii) protocolo de agarre, en el que se configuraron 8 movimientos primitivos (flexión y extensión de muñeca, pulgar, índice y dedos 3, 4 y 5) -Figura 5- que se estimularon de forma aislada y combinada a través de las funciones complejas de agarre palmar, agarre lateral, agarre pinza y apertura mano que permite el propio dispositivo. Una vez configuradas las funciones a entrenar, la intensidad -rango de 5 a 30 mA- y el número de repeticiones fueron modificados en función de la tolerancia del paciente. La duración máxima de sesión fue de 30 minutos.



Figura 5. Configuración de los movimientos en la aplicación software Fesia Grasp.

2.4 Resultados

Se observaron diferencias en la puntuación de los diferentes test realizados antes del comienzo y al final del tratamiento con el dispositivo Fesia Grasp. En el BBT, el paciente logró agarrar y transportar un total de 39 y 50 cubos durante 1 minuto en la primera y segunda evaluación, respectivamente (Figura 6A). En relación al 9-HPT, el paciente empleó 176.2 segundos y 103.1 segundos en completar la tarea -introducir los 9 palitos y dejarlos de nuevo en la bandeja- en la primera y segunda evaluación, respectivamente (Figura 6B).

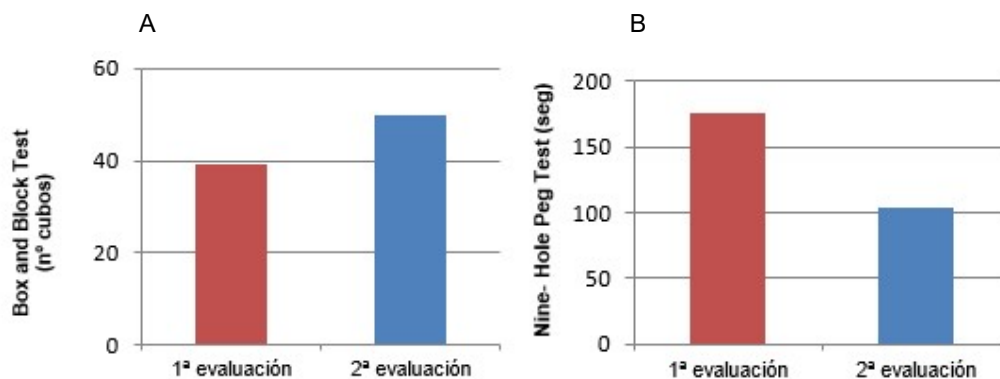


Figura 6. Resultados de los test realizados en la primera (en rojo) y segunda evaluación (en azul).

A) Box and Block Test. B) Nine-Hole Peg Test.

En lo que respecta al balance muscular (Figura 7), el paciente obtuvo puntuaciones de 24/35 y 26/35 en la primera y segunda evaluación, respectivamente, correspondiente al total de los siguientes grupos musculares: extensores de muñeca, extensor de los dedos, oponente del pulgar, flexor largo del pulgar, flexor largo del dedo medio, separador del meñique y separador del índice.

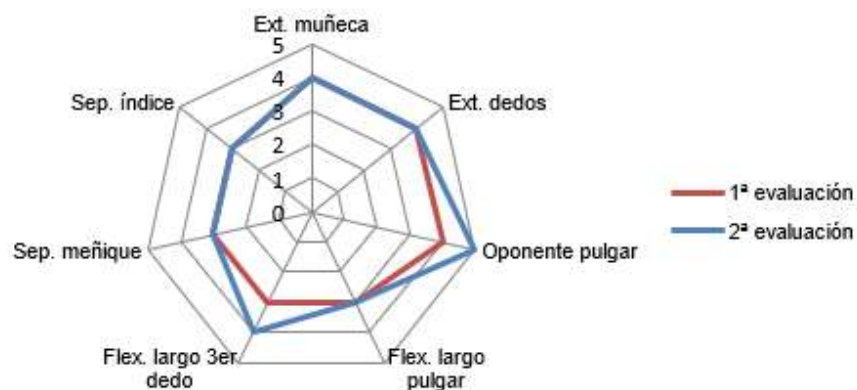


Figura 7. Resultados del balance muscular realizado en la primera (en rojo) y segunda evaluación (en azul) para los grupos musculares: extensores de muñeca, extensor de los dedos, oponente del pulgar, flexor largo del pulgar, flexor largo del dedo medio, separador del meñique y separador del índice.

Por último, en relación a la espasticidad, los flexores de muñeca, flexor común de los dedos y oponente del pulgar obtuvieron en ambas sesiones de valoración puntuaciones de 3/4, 2/4 y 1+1/4, respectivamente, en la escala MAS.

2.5 Discusión

El objetivo de este trabajo es presentar los resultados de una experiencia clínica de rehabilitación funcional de la mano en un paciente con LM cervical con el dispositivo Fesia Grasp.

Los resultados obtenidos en el BBT y 9-HPT evidenciaron una mejoría en la funcionalidad de la mano del paciente en la destreza manual gruesa y fina, a pesar de que el balance muscular y espasticidad de la musculatura antebraquial no presentaron cambios sustanciales al inicio y final del tratamiento. Este hecho podría guardar relación con la mejoría presentada en la realización de movimientos combinados resultado de la actividad conjunta de diferentes grupos de la musculatura antebraquial, que, sin embargo, se evalúan de forma analítica en el balance muscular.

El trabajo de funciones complejas tales como la apertura de la mano, el agarre palmar, lateral y la pinza fina que permite el dispositivo Fesia Grasp facilita la estimulación de grupos musculares cuyo movimiento conjunto está asociado a AVD –coger un vaso, una llave (...)-. En este sentido, y a diferencia de los dispositivos FES con electrodos convencionales, la estimulación con electrodo multi-campo permite la reproducción de estos movimientos complejos en aras de facilitar la rehabilitación funcional de la mano con un enfoque orientado a las AVD.

3. Conclusiones

Esta experiencia clínica es un ejemplo de proceso satisfactorio en el tratamiento rehabilitador de la función de la mano en una persona con LM cervical llevado a cabo con un dispositivo FES basado en tecnología multi-campo. La realización de un estudio con una mayor muestra de población con LM cervical es aconsejable para conocer con mayor detalle la repercusión funcional de este tipo de tratamiento.

Referencias

- Doucet, B. M., Lam, A., & Griffin, L. (2012). Neuromuscular electrical stimulation for skeletal muscle function. *The Yale Journal of Biology and Medicine*, 85(2), 201–215.
- Ho, C. H., Triolo, R. J., Elias, A. L., Kilgore, K. L., DiMarco, A. F., Bogie, K., Vette, A. H., Audu, M. L., Kobetic, R., Chang, S. R., Chan, K. M., Dukelow, S., Bourbeau, D. J., Brose, S. W., Gustafson, K. J., Kiss, Z. H. T., & Mushahwar, V. K. (2014). Functional Electrical Stimulation and Spinal Cord Injury. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 25(3), 631–654. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2014.05.001>
- Kirshblum, S. C., Burns, S. P., Biering-Sorensen, F., Donovan, W., Graves, D. E., Jha, A., Johansen, M., Jones, L., Krassioukov, A., Mulcahey, M., Schmidt-Read, M., & Waring, W. (2011). International standards for neurological classification of spinal cord injury (Revised 2011). *The Journal of Spinal Cord Medicine*, 34(6), 535–546. <https://doi.org/10.1179/204577211X13207446293695>
- Malešević, J., Štrbac, M., Isaković, M., Kojić, V., Konstantinović, L., Vidaković, A., Dujović, S. D., Kostić, M., & Keller, T. (2017). Temporal and Spatial Variability of Surface Motor Activation Zones in Hemiplegic Patients During Functional Electrical Stimulation Therapy Sessions. *Artificial Organs*, 41(11), E166–E177. <https://doi.org/10.1111/aor.13057>
- Snoek, G. J., IJzerman, M. J., Hermens, H. J., Maxwell, D., & Biering-Sorensen, F. (2004). Survey of the needs of patients with spinal cord injury: Impact and priority for improvement in hand function in tetraplegics. *Spinal Cord*, 42(9), 526–532. <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101638>
- Yozbatiran, N., & Francisco, G. E. (2019). Robot-assisted Therapy for the Upper Limb after Cervical Spinal Cord Injury. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 30(2), 367–384. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2018.12.008>