

Impacto de un entrenamiento robótico de la marcha en pacientes con mielomeningocele

J. Arriaga-Rivera¹, M.P. Alejo-González², A.G. López-Herrera³, I. Arizmendi-Gallardo⁴, A. Pineda-Rojas⁵, H.A. Quiñones-Campos⁵, M. Pérez-Marin⁶

¹Médico especialista en Rehabilitación. Subdirector de la Clínica B. Centro de Rehabilitación Infantil Teletón (CRIT) Guerrero. ²Médico especialista en Electrodiagnóstico. ³Médico especialista en Rehabilitación. ⁴Médico especialista en Rehabilitación Pulmonar Pediátrica. ⁵Licenciada en Terapia Física. ⁶Licenciada en Terapia Pulmonar. CRIT Guerrero. Acapulco de Juárez (Guerrero, México)

Resumen

Introducción: Los defectos del tubo neural, en especial el mielomeningocele (MMC), son causa de discapacidad para la marcha con un grado variable de severidad, según el nivel de lesión. Dentro de las intervenciones terapéuticas, se propone utilizar el entrenamiento robótico de la marcha (ERM).

Objetivo: Evaluar los efectos del ERM en pacientes con MMC del Centro de Rehabilitación Infantil Teletón (CRIT) Guerrero.

Material y métodos: Estudio casi experimental, prospectivo y longitudinal, realizado en 5 pacientes con MMC de grado L3 o más bajo, según la clasificación de Sharrard, en los que se aplicó la escala American Spinal Cord Association (ASIA), la prueba de la caminata de 6 minutos, los cuestionarios Functional Independence Measure (FIM) y Spinal Cord Independence Measure (SCIM III), y los parámetros de Lokomat (distancia recorrida, velocidad, descarga y fuerza guiada), antes y después del tratamiento. En total se proporcionaron 10 sesiones de 30 minutos, 2 veces por semana. Se llevó a cabo la recopilación de los datos mediante el programa Excel versión 2010, y el análisis estadístico con la prueba de la t de Student ($p < 0,05$) para establecer la significación estadística.

Resultados: Se encontró significación estadística en las variables de la escala ASIA motor total ($p = 0,05$) y la funcionalidad, determinada por las escalas SCIM III ($p = 0,005$) y FIM ($p = 0,0005$), así como la distancia recorrida en la prueba de la caminata de 6 minutos ($p = 0,03$) y los parámetros de Lokomat[®] Pro: fuerza guiada ($p = 0,002$), velocidad de la marcha ($p = 0,03$) y descarga de peso ($p = 0,0008$). Las variables sin cambios fueron la sensibilidad (ASIA) y la distancia recorrida.

Conclusiones: El ERM representa una herramienta más en la mejora de la función para la marcha en pacientes con MMC, ya que es posible controlar las variables de entrenamiento de forma constante, ofreciendo la posibilidad de mejorar la fuerza en miotomos preservados y la funcionalidad.

©2015 Ediciones Mayo, S.A. Todos los derechos reservados.

Palabras clave

Lokomat, marcha, mielomeningocele, entrenamiento robótico

Abstract

Title: Robotic gait training impact in patients with myelomeningocele

Introduction: Neural tube defects, especially myelomeningocele (MMC), are cause of disability for walking with varying degrees of severity, depending on the level of injury. Within therapeutic interventions intends to use the robotic training run (ERM).

Objective: To evaluate the effects of MRA in patients with MMC CRIT Guerrero.

Material and methods: Quasi-experimental, prospective and longitudinal study in 5 patients with MMC Sharrard L3 or lower, evaluating the ASIA, walk test six minutes, FIM, SCIM III and Lokomat parameters (distance, speed, download and Guided) strength, before and after treatment. In total 10 sessions of 30 minutes were provided, 2 times a week. Collecting data using Excel version 2010 and statistical analysis with Student t test ($p < 0.05$) to establish statistical significance.

Results: Statistical significance was found between the variables of the total score ASIA motor ($p = 0.05$); functionality: SCIM III ($p = 0.005$), FIM ($p = 0.0005$), distance in 6-minute walk ($p = 0.03$). Lokomat[®] Pro parameters: guided force ($p = 0.002$), walking speed ($p = 0.03$) and discharge weight ($p = 0.0008$). The variables were unchanged sensitivity (ASIA), and distance.

Conclusions: The ERM is a tool to improve gait function in patients with MMC, since it is possible to control training variables constantly, offering the possibility of improving strength in myotomes preserved and functionality.

©2015 Ediciones Mayo, S.A. All rights reserved.

Keywords

Lokomat, gait, myelomeningocele, robotic training

Introducción

Los defectos del tubo neural (DTN) se definen como malformaciones secundarias a la falta de cierre del tubo neural durante la embriogénesis. Representan un grupo de patologías de etiología multifactorial por la interacción de factores genéticos y ambientales¹⁻³.

El mielomeningocele (MMC) es uno de los defectos de cierre del tubo neural, caracterizado por la fusión incompleta de los arcos vertebrales que se acompaña de un saco herniario que contiene la médula espinal, las meninges y las raíces, generalmente recubierto de una delgada capa de piel^{4,5}. En la mayoría de los casos existe un déficit neurológico distal a la lesión. La afección funcional se establece según el nivel neurológico, que es el factor más importante para determinar el potencial para la marcha¹⁻³.

Según el Centro de Control y Prevención de Enfermedades de Estados Unidos, los defectos más comunes son la espina bífida y la anencefalia⁶.

Entre los nacimientos anuales registrados en todo el mundo, la frecuencia de DTN incluye 400.000 casos de anencefalia y 300.000 casos de espina bífida (razón: 1,3:1). En Estados Unidos las tasas de DTN oscilan entre 4 y 10 casos por 10.000 nacidos vivos, y se calculan 400.000 casos de anencefalia y 2.500 casos de espina bífida por año (razón: 1,6:1). En el Reino Unido, China, Hungría y México se han notificado cifras superiores¹.

El MMC es una entidad común en todo el mundo, y en México se calcula una prevalencia de 8-9,4 por 1.000 nacidos vivos. La Secretaría de Salud informó sobre 1.414 casos de DTN en 2000⁴. Existen algunos estudios sobre la prevalencia de defectos del cierre del tubo neural. En Guadalajara se documenta una tasa de 1,25 por 1.000 recién nacidos, en el Distrito Federal de 1,51 por 1.000, y en Puebla de 1,36 por 1.000, este último grupo con una frecuencia de MMC de 0,8/10.000^{7,8}.

El tipo y el grado de déficit neurológico de un niño con MMC depende de la localización y el tamaño de la lesión. El 75% de las lesiones se localizan en la región lumbar y el 25% en otras regiones a lo largo del neuroeje^{4,9}.

Entre los pacientes con MMC, los que presentan un nivel lumbar bajo tienen una fuerza muscular de 3 o mayor en determinados músculos, como el cuádriceps; sin embargo, la función de los músculos glúteos es inadecuada. Un 80% de los niños con MMC lumbar pueden realizar la marcha normalmente en su comunidad².

Existen otros factores que influyen en la capacidad para desarrollar la marcha, como la deformidad vertebral y de los miembros inferiores. Cerca de la mitad de los pacientes presentarán algún grado de inestabilidad de cadera durante los 10 primeros años de vida debido a los desequilibrios musculares².

Según el nivel de lesión, el paciente podrá trasladarse en silla de ruedas o realizar la marcha con alguna ortesis u otro objeto auxiliar, como el bastón o las muletas. Además, se deberá considerar si puede realizarse únicamente intramuros o

también en la comunidad. El 30% de los pacientes con MMC representa el grupo lumbar alto (T8-L2), con afectación de la fuerza de los miembros superiores, el tronco y el abdomen, y la afectación total de los miembros inferiores. El grupo lumbar bajo (L3-L5) representa el 60%. El grupo sacro representa el 10% de los casos, en el que el desarrollo potencial motor y funcional es bueno para conseguir una marcha independiente⁵.

Existen varios métodos conocidos para reeducar la marcha de pacientes con afecciones medulares, como la estimulación eléctrica, el *biofeedback* y el soporte de peso¹⁰⁻¹². Además, en el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón (CRIT) del Estado de México se realizó una intervención con técnicas de hidrocinesiterapia y Hallwick, específicamente para pacientes con MMC, con nivel L3 o más bajo⁵.

El entrenamiento robótico de la marcha (ERM) se concentra en la reeducación motora funcional a través de los cambios en la plasticidad cerebral, lo que concuerda con los conocimientos actuales sobre la recuperación del sistema nervioso central. Este entrenamiento se puede definir como cualquier programa terapéutico cuyo objetivo sea la recuperación de la marcha a través de una práctica intensa, y puede realizarse con un entrenador robótico¹³.

El Lokomat[®] Pro consiste en una banda con un sistema de descarga de peso corporal, y dos dispositivos robóticos ajustados a las extremidades inferiores de los pacientes. La cadera y la rodilla están posicionadas en el plano sagital mediante un dispositivo integrado a una estructura exoesquelética. La trayectoria cinemática se programa y está ajustada a cada individuo según su talla y peso¹⁴.

La eficacia del entrenamiento depende de diferentes parámetros, como la dosificación (iniciación, duración y frecuencia) y las condiciones del entrenamiento (velocidad de la marcha, fuerza guía, soporte del peso corporal), y requiere ser examinada detalladamente para mejorar las intervenciones terapéuticas¹⁰.

Los avances tecnológicos propician la introducción de nuevos instrumentos terapéuticos, como es el caso de la reeducación motora con Lokomat[®] Pro. La neurorrehabilitación moderna ya no tiene el objetivo de compensar la discapacidad de los pacientes con una lesión medular, sino reactivar su funcionalidad motora explotando la plasticidad y la reparación neural^{13,15-17}.

En la bibliografía consultada, casi todos los estudios al respecto se centran en los pacientes con una lesión medular traumática, pero los resultados sobre los beneficios aún son controvertidos^{13,18}. En el caso de MMC no se han encontrado estudios sobre el ERM.

Las afecciones medulares secundarias a DTN son las más frecuentes en la población atendida en el CRIT Guerrero, después de la parálisis cerebral. Actualmente se atienden en esta clínica 67 niños con lesión medular, de los cuales el 76,1% padece MMC.

Este proyecto pretende aumentar la evidencia respecto a la utilidad de las nuevas tecnologías, como el Lokomat[®] Pro, en la neurorrehabilitación, sobre todo en pacientes pediátricos con MMC.



Figuras 1 y 2. Paciente con mielomeningocele nivel L3 sometido a entrenamiento con Lokomat® Pro

Material y métodos

Estudio observacional, prospectivo y casi experimental, realizado en pacientes adscritos a la Clínica de Lesión Medular del CRIT Guerrero. La muestra se determinó por frecuencia acumulada de los casos en un periodo comprendido entre julio y diciembre de 2014.

Crterios de inclusión

Pacientes con diagnóstico de MMC de nivel L3, o por debajo del mismo, según la clasificación de Sharrard, con un cociente intelectual normal, con una edad de 6-18 años, de ambos sexos.

Crterios de exclusión

Paciente con afección de caderas, contracturas en los isquiotibiales y tríceps sural fijas, cuyo estado cognitivo no les permita seguir las indicaciones, con niveles de afección por encima de L3; pacientes foráneos que no puedan acudir periódicamente a sus sesiones; pacientes con una lesión medular traumática.

Crterios de eliminación

Pacientes que tengan menos del 80% de sesiones en Lokomat® Pro, que no completen la terapia y no cooperen durante la sesión.

Desarrollo del estudio

La intervención se realizó durante un ciclo de 10 sesiones, 2 veces por semana, y se aplicaron dos mediciones de variables al inicio y al final del estudio.

En los pacientes con nivel L3 o más bajo, según la clasificación de Sharrard, se realizó la valoración del tono muscular, en función de la escala de Ashworth modificada, y la medición de los arcos de movilidad de los miembros inferiores (cadera, rodilla y tobillo) con goniometría; asimismo, se determinó el nivel sensitivo y motor en función de la escala American Spinal Cord Association (ASIA). Además, se aplicó una valoración de la movilidad

tomando como referencia el cuestionario Funcional Independence Measure (FIM), aplicándose una validación en versión española, y el Spinal Cord Independence Measure (SCIM III), aplicándose una validación en versión española de México (específicamente en el apartado de movilidad). Posteriormente se realizó una prueba de la caminata de 6 minutos a cada paciente, utilizando dispositivos de apoyo en el servicio de rehabilitación pulmonar, tanto antes como después de la intervención.

Tras la valoración clínica se realizó una medición de los miembros pélvicos, tomando segmentos del muslo y la pierna a partir del trocánter mayor al cóndilo lateral y de la línea articular a la planta del pie. Posteriormente se seleccionó la ortesis robótica de la pierna, los brazaletes y el arnés; según el tamaño del paciente, se ajustaron los brazaletes al mismo, se elevó al paciente mediante un dispositivo de soporte de peso corporal y se sujetaron las ortesis robóticas a las piernas. Se calibró el equipo Lokomat® Pro con una descarga de peso inicial del 50%, modalidad dinámico BWS, se ajustaron los arcos de movilidad con una extensión de rodilla completa y pie a 90°, se colocó una fuerza guía inicial al 100% y se sincronizó la ortesis con la banda sin fin. Se le explicó al paciente que debería simular una caminata, que fue guiada por un avatar en un monitor frente a él. En cada sesión se incrementó de manera gradual la velocidad de la marcha y la descarga de peso, y se modificó la fuerza guiada según la tolerancia del paciente (figuras 1 y 2). Por último, el análisis estadístico se llevó a cabo mediante el programa Excel versión 2010, aplicándose la prueba de la t de Student para el análisis de las variables ($p < 0,05$).

Resultados

Del total de 15 pacientes seleccionados, sólo 5 cumplían los criterios de inclusión (3 varones y 2 mujeres). La edad de los pacientes era de 7-18 años, con una media de 8 años. Predominaba la

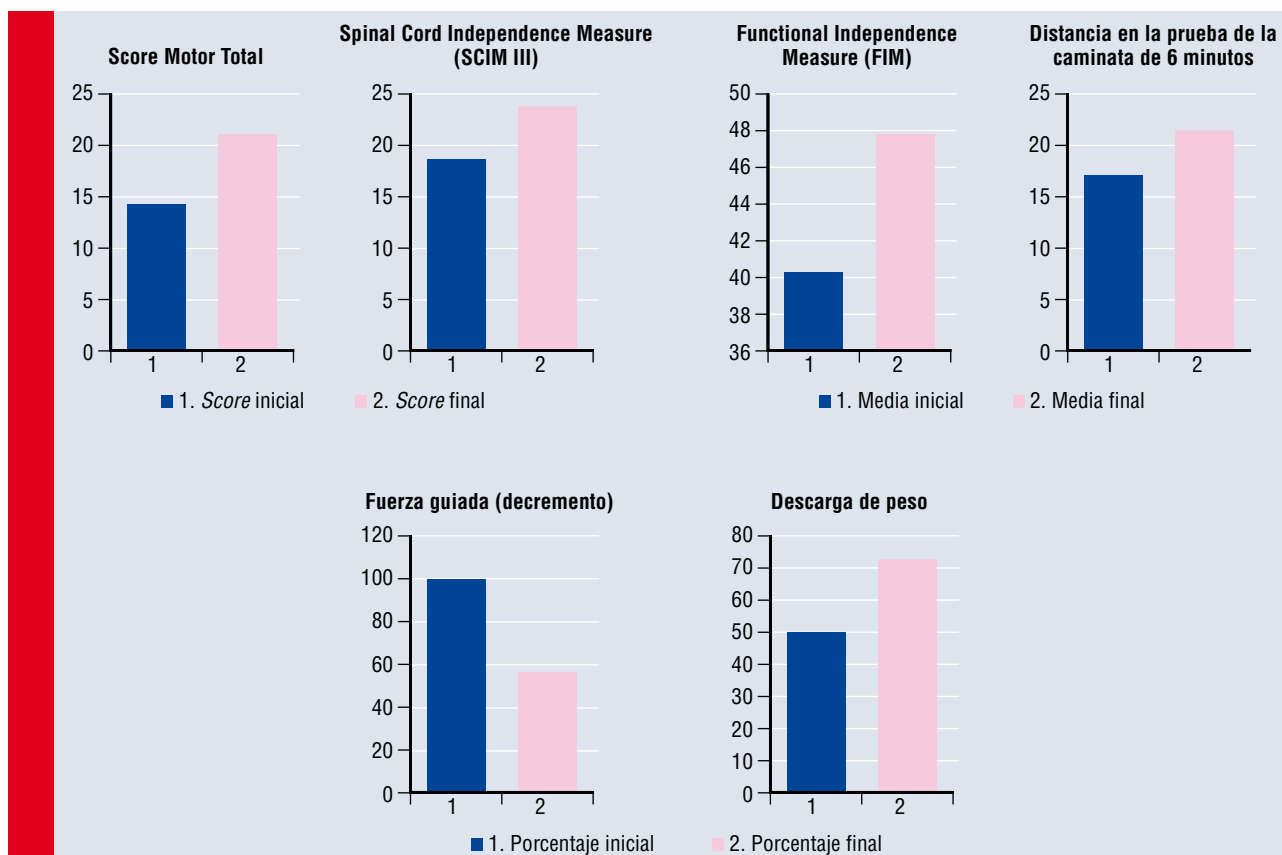


Figura 3. Gráficos de las variables en las que se encontró significación estadística posterior a la intervención

puntuación ASIA A (80%) y el nivel neurológico L3 (80%). En cuanto a los problemas asociados, el 60% de los pacientes presentó escoliosis, el 20% pie cavo y otro 20% una asociación con la enfermedad de Arnold-Chiari. Todos los pacientes (100%) utilizaron alguna ortesis para la marcha (figura 3).

La valoración de la fuerza se realizó en función de la escala ASIA, teniendo en cuenta sólo los miotomos del miembro inferior. En la puntuación total inicial se obtuvo un promedio de 14, mientras que al final fue de 21 en los miembros inferiores, con diferencias significativas según el incremento de la fuerza en los miotomos de los miembros inferiores ($p=0,05$). La sensibilidad se exploró mediante la escala ASIA, teniendo en cuenta el *pin prick* y el *light touch*. La puntuación inicial del *pin prick* fue de 94, mientras que la puntuación final o posterior al ERM no presentó cambios. El *light touch* inicial obtuvo una puntuación de 94, al igual que el *light touch* final, sin mostrar cambios en la sensibilidad posterior al ERM.

Para valorar la funcionalidad se utilizaron las escalas SCIM III, versión en español de México, y FIM (apartado de movilidad). Antes del entrenamiento se obtuvo un promedio de 18 puntos (rango: 12-34) en la escala SCIM III, mientras que en la SCIM III final o posterior a la intervención se obtuvo una media de 23,6 (rango: 17-38), con diferencias significativas ($p=0,005$).

En la FIM inicial se obtuvo un promedio de 40,3 (rango: 27-59) y en la FIM final o posterior al entrenamiento un promedio de 47,7 (rango: 35-68), con diferencias significativas ($p=0,0005$).

En la distancia recorrida, utilizando la prueba de la caminata de 6 minutos antes del entrenamiento o inicial, se obtuvo un promedio de 17 m, y posterior a la intervención de 21,3 m ($p=0,03$).

Así pues, se observa que tras ser sometidos a un ERM, los pacientes de nuestra muestra presentaron una mejora general, en caso de la FIM y de la movilidad-marcha en la SCIM III. La prueba de la caminata de 6 minutos también presentó una mejora significativa en nuestros pacientes, logrando un desplazamiento en metros mayor, posterior a la intervención, en comparación con los estudios de Alcobendas Maestro et al.¹⁹ y Field Fote y Roach²⁰.

La fuerza guía inicial fue del 100% para todos los pacientes, mientras que la fuerza guía final fue del 58%, y se logró reducir de forma paulatina durante el ERM ($p=0,002$).

La velocidad de la marcha valorada en Lokomat[®] Pro de manera inicial presentó una media de 1,2 km/h, mientras que la velocidad final de entrenamiento obtuvo un promedio de 1,6 km/h, incrementándose 0,4 km/h en 10 sesiones ($p=0,03$). La distancia recorrida en Lokomat[®] Pro inicial fue de 407,1 m, mien-

tras que la final fue de 775,5 m; sin embargo, no hubo diferencias estadísticas significativas ($p=0,213$). La descarga de peso inicial fue del 50%, mientras que al final del entrenamiento se obtuvo un promedio de descarga del 72% ($p=0,0008$) (figura 3).

Discusión

En la bibliografía consultada se han encontrado dos revisiones con evidencia de beneficio del ERM en los pacientes con lesión de médula (LM)^{13,18}. La primera como colaboración Cochrane en una muestra de 309 pacientes, y la segunda 1 año después, realizada exclusivamente en pacientes con LM incompleta. En ambos estudios se ha concluido que la evidencia de la efectividad es limitada, no presentándose una mejora significativa en la velocidad de la marcha y en la capacidad de ésta. Dichas revisiones se realizaron exclusivamente en casos de LM post-traumática, y no se hallaron evidencias respecto a los pacientes con MMC.

En nuestro estudio encontramos que los pacientes con MMC presentan, en su mayoría, una clasificación de ASIA A o B, y una clasificación de Sharrard de nivel L3 o más bajo, lo que condiciona la posibilidad de realizar la marcha intradomiciliaria con el uso de ortesis, en comparación con otros estudios recientemente publicados sobre el ERM y la LM, cuyos autores han seleccionado pacientes con un tipo de lesión B, C o D¹⁸. Al respecto podemos debatir lo que señalan algunos autores, como Hubli y Dietz¹⁵, quienes describen, basándose en trabajos con modelos animales, tanto de LM completa como incompleta, que se ha aceptado que los circuitos espinales locomotores pueden ser activados por un entrenamiento funcional que proporcione una retroalimentación aferente apropiada.

En los pacientes con una LM completa, la función motora caudal a la lesión entra en desuso, provocando una disfunción neural, en contraste con los sujetos con una LM incompleta, que continúan con el paradigma de entrenamiento para mejorar la capacidad locomotora. Por lo mencionado anteriormente, es primordial que tanto los pacientes con una LM completa como incompleta reciban las ventajas del ERM.

Hubli y Dietz describen que la plasticidad de los circuitos neurales espinales depende de la actividad y el uso, como se ha demostrado en experimentos con modelos animales que presentan una LM completa; por ejemplo, después de varios meses de entrenamiento recuperaron la capacidad de descarga de peso en la banda sin fin¹⁵.

Si un modelo animal con LM es entrenado de forma intensiva para sostenerse, desarrolla la habilidad de soportar su peso durante más de 1 hora. Esto sugiere que los circuitos neuronales espinales aprenden tareas sensoriomotoras debido a la plasticidad neuronal cuando se practican y entrenan de manera específica^{11,12,15}.

Así pues, justificamos la aplicación del ERM en las LM con clasificación ASIA A y B, ya que el fin último es mejorar la

plasticidad de los circuitos medulares, cerebelares y corticales, y no únicamente el tono muscular o la hiperexcitabilidad refleja, evitando el desuso que representa la principal razón por la cual se ha visto limitada la mejora en los pacientes con una LM completa y, a su vez, aplicarse en los casos de MMC.

Cambios en la escala ASIA

En cuanto a los resultados de la escala ASIA, encontramos que no hubo ningún cambio en la exploración de la sensibilidad, tanto *pin prick* como *light touch*. Sin embargo, tanto en la evaluación motora de cada miembro (derecho [$p=0,017$] e izquierdo [$p=0,012$]) como en la puntuación total ($p=0,05$) se encontraron cambios significativos. En el caso de mejora en la fuerza muscular, es necesario aclarar que ésta se observó en los miotomos cuya puntuación inicial fue >3 , ya que los miotomos por debajo de 3 no presentaron cambios. Así pues, se encontró que el ERM mejora la fuerza de los miotomos preservados y beneficia la capacidad para colocar al paciente en bipedestación, lo que conlleva una mayor facilidad para desarrollar la marcha con auxiliares.

Por el contrario, en la bibliografía se refiere que el ERM mejora la fuerza, las características de la marcha, el tono muscular, el equilibrio, el control del tronco y la capacidad funcional, aunque los estudios realizados no incluyen el MMC²¹⁻²³.

Cambios en los parámetros de funcionalidad

Si bien en los estudios realizados en pacientes con LM traumática no se ha encontrado una mejora significativa en las escalas de funcionalidad, en comparación con la terapia convencional, en el caso de otras patologías, como el accidente cerebrovascular, se observó una mejora significativa en las escalas EU-Walking ($p=0,16$), Rivermead Motor Assessment ($p=0,17$), Medical Research Council Scale ($p=0,11$) y la prueba de la caminata de 6 minutos ($p=0,18$)²⁴. En este estudio, la comparación de los efectos del entrenamiento con Lokomat en 16 pacientes muestra superioridad en siete escalas de funcionamiento con respecto a la terapia convencional. En nuestro estudio encontramos que la percepción funcional de los pacientes pediátricos cambió significativamente, tanto en las escalas SCIM III ($p=0,005$) y FIM ($p=0,0005$) como en la prueba de la caminata de 6 minutos ($p=0,03$). Respecto a la FIM, Morawietz¹³ describe, en pacientes con una LM traumática, que el promedio de FIM en la subescala de marcha se incrementó de 1,0 (rango: 1-1) a 6 (rango: 1-6) en el grupo de intervención, y de 1,0 (rango: 1-1) a 6 (rango: 2-6) en el grupo control. Esto implica que la marcha mejoró un 33% en los pacientes con ASIA B intervenidos y un 58% en el grupo control. Para el grupo C los resultados fueron muy similares. Así pues, la mejoría existe, aunque los pacientes del grupo control expresaron una puntuación mayor. A este respecto, nuestro análisis queda limitado al no contar con un grupo control. Es importante aclarar que para nuestro estudio la aplicación de la FIM se consideró en todos sus elementos, no específicamente en el apartado de movilidad, como en el caso de estos autores. No así para el caso del cuestionario SCIM III, el cual se aplicó únicamente en el área de movilidad, encontrándose cambios significativos.

Cambios en los parámetros de Lokomat

De los 4 parámetros evaluados –fuerza guía ($p=0,002$), velocidad de la marcha ($p=0,03$), distancia recorrida ($p=0,21$) y descarga de peso ($p=0,0008$)–, el único que no presentó significación estadística fue la distancia recorrida. Con respecto a la variable distancia recorrida, según la revisión de Morawietz¹³, Alcobendas Maestro et al.¹⁹ y Lucareli et al.²⁵, en los pacientes con LM se encontraron cambios significativos, antes y después de su intervención.

En nuestra muestra se observó que incluso en algunas sesiones la distancia se fue reduciendo, lo que se puede atribuir a la falta de motivación del paciente para realizar la actividad. En cuanto a la variable de velocidad pre/postintervención, Field Fote y Roach²⁰ y Alexeeva et al.²⁶ encontraron cambios significativos, excepto en las variables de distancia recorrida y de velocidad, en las que no se logró demostrar la superioridad del ERM frente a otras intervenciones, como la electroterapia. En este sentido, nuestro estudio está limitado, puesto que no se contó con un grupo control.

Conclusiones

El ERM proporciona beneficio sobre otras terapias convencionales, ya que permite controlar ciertas variables, como la descarga de peso, la fuerza guía y la velocidad de la marcha, y ofrece un entrenamiento constante con la finalidad de establecer un engrama motor y estimular la plasticidad neuronal. Esta propuesta de tratamiento representa una promesa que puede tener un gran impacto en la calidad de vida de los pacientes con LM, como lo ha sido para otras patologías, como el accidente cerebrovascular o la parálisis cerebral.

En el caso del MMC, el ERM representa una herramienta más para mejorar la función de la marcha, aunque dependerá del nivel de lesión (motor), la clasificación de Sharrard y las complicaciones asociadas, debidas a desequilibrios musculares. ■

Bibliografía

- Mancebo Hernández A, González Rivera A, Díaz Omaña L, et al. Defectos del tubo neural. Panorama epidemiológico en México (I de II). *Acta Pediatr Mex.* 2008; 29(1): 41-47.
- Gabrieli TAP, Vankoski S, Dias LS, et al. Laboratorial analysis of the myelomeningocele gait of lower lumbar level and unilateral hip instability. *Acta Ortop Bras.* 2009; 12(2): 91-98.
- Hoffer MM, Feiwell E, Perry R, Perry J, Bonnet C. Functional ambulation in patients with myelomeningocele. *J Bone Joint Surg Am.* 1973; 55: 137-148.
- Valencia SG. Mielomeningocele. Monografía de mielomeningocele. México: Dirección General de Epidemiología de la Secretaría de Salud México, 2000; 15-18.
- Calderón Porras SE, Mancilla Ramírez A, Rolón Lacarriere OG. Eficacia del programa acuático con técnicas de hidrocinesiterapia y Hallwick en niños con mielomeningocele con nivel funcional motor L3 o inferior. *Rev Mex Neuroci.* 2012; 13(2): 86-92.

- Human DC. Neural tube defects. Duke Center for Human Defects [consultado el 30 de junio de 2014]. Disponible en: <http://www.chg.duke.edu/diseases/ntd.html>
- Osnaya VMP. Casos nuevos y acumulados de enfermedades no transmisibles. Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica, S.A., 1999; 16: 33.
- Pérez-Moliniz J, Alfaro-Alfaro N, López-Zermeño MC, Pantoja-Birrueta SL. Defectos del cierre del tubo neural: prevalencia y búsqueda de asociación con algunos factores de riesgo durante el primer trimestre del embarazo. *Bol Med Hosp Infant Mex.* 1998; 55: 435-442.
- Gandy A, Theal J. Myelomeningocele. *Pediatric Database.* 1995; 1-4.
- Oliver Stoller MW. Evaluation of robot assisted gait training using integrated biofeedback in neurologic disorders. *Gait Posture.* 2012; 595-600.
- Lunenburger L, Colombo G, Riener R. Biofeedback for robotic gait rehabilitation. *J Neuroeng Rehabil.* 2007; 4: 1.
- Riener R, Lunenburger L, Jezernik S, Anderschitz M, Colombo G, Dietz V. Patient-cooperative strategies for robot-aided treadmill training: first experimental results. *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering.* IEEE Engineering Med Biol Soc. 2005; 13(3): 380-394.
- Morawietz FM. Effects of locomotor training after incomplete spinal cord injury: a systematic review. *Arch Physic Med Rehabil.* 2013; 2.297-2.308.
- Prevention. Birth Defects COUNT 2013. Center for Disease Control and Prevention Home [consultado el 30 de junio de 2014]. Disponible en: <http://www.cdc.gov/ncbddd/folicacid/global.html>
- Hubli M, Dietz V. The physiological basis of neurorehabilitation-locomotor training after spinal cord injury. *J Neuroeng Rehabil.* 2013; 1-8.
- Barbeau H, Fung J. The role of rehabilitation in the recovery of walking in the neurological population. *Curr Opin Neurol.* 2001; 14: 735-740.
- Dietz V. Neuronal plasticity after spinal cord injury: significance for present and future treatments. *J Spinal Cord Med.* 2006; 29: 481-488.
- Mehrholtz J, Kugler J, Pohl M. Locomotor training for walking after spinal cord injury. *Cochrane Library.* 2012, Issue 11.
- Alcobendas Maestro M, Esclarin Ruiz A, Casado López RM, et al. Lokomat robotic assisted versus overground training within 3 to 6 months of incomplete spinal cord lesion: randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair.* 2012; 26: 1.058-1.063.
- Field Fote EC, Roach KE. Influence of a locomotor training approach on walking speed and distance in people with chronic spinal cord injury: a randomized clinical trial. *Phys Ther.* 2011; 91: 48-64.
- Waldner A, Tomelleri C, Hesse S. Transfer of scientific concepts to clinical practice: recent robot-assisted training studios. *Funct Neur.* 2009; 24(4): 173-178.
- Rodríguez Claudio I. Entrenamiento robótico como medio de rehabilitación para la marcha. *Evid Med Invest Salud.* 2012; 5(2): 46-54.
- Colomer C, Noé E, Revert M, Bermejo C, Galán P, Gómez L, et al. Nuevos avances en la reeducación de la marcha: el robot en la rehabilitación de pacientes con daño cerebral adquirido. *Rehab (Madr).* 2007; 41 Supl 1: 1-32.
- Mayr A. Prospective, blinded, randomized crossover study of gait rehabilitation in stroke patients using the Lokomat gait orthosis. *Neural Repair.* 2007; 307-314.
- Lucareli PR, Lima MO, Lima FP, De Almeida JG, Brech GC, D'Andréa Greve JM. Gait analysis following treadmill training with body weight support versus conventional physical therapy: a prospective randomized controlled single blind study. *Spin Cord.* 2011; 49: 1.001-1.007.
- Alexeeva N, Sames C, Jacobs PL, et al. Comparison of training methods to improve walking in persons with chronic spinal cord injury: a randomized clinical trial. *J Spin Cord Med.* 2011; 34: 362-379.