

Análisis de la espasticidad, el arco de movimiento y el control de cadera y rodilla en niños con parálisis cerebral después del uso de ortesis robótica

Lic. Ft. Beatriz Carolina Torres Arias,* MCE. y Lic. Ft. Claudia Elma Pacheco Soto,*
Dra. Eliganty Bahena Martínez*

RESUMEN

Objetivo: Evaluar los cambios de la espasticidad, el arco de movimiento y el control de cadera y rodilla en niños con parálisis cerebral en el nivel III según el Sistema de Clasificación de la Función Motora Gruesa (GMFCS) después del uso de ortesis robótica. **Material y métodos:** Equipo de entrenamiento robótico de marcha Lokomat®. Estudio preexperimental, longitudinal, prospectivo, sin aleatorización ni grupo control. Se realizó la medición de la fuerza, control motor y arco de movimiento con las herramientas de evaluación con las que cuenta la ortesis robótica Lokomat®, llamadas L-FORCE, L-STIFF y L-ROM, pre- y postintervención de entrenamiento robótico de la marcha, en 21 niños de 6 a 12 años de edad, de ambos sexos. **Resultados:** De las 40 mediciones realizadas a cada sujeto, se obtiene una significancia estadística en el aumento de la fuerza de la cadera derecha en la flexoextensión ($p < 0.05$), con un valor medio de 3 y 4.5 en la prueba final. **Conclusión:** De los 21 pacientes con parálisis cerebral en nivel III según GMFCS, no se observaron cambios en las variables «fuerza», «espasticidad» y «arco de movimiento» posteriores a 15 sesiones de 45 minutos administradas por medio de Lokomat®, cada dos días durante ocho semanas de tratamiento en marcha robótica.

Palabras clave: Entrenamiento, marcha, ortesis, robótica, niños, parálisis cerebral.

ABSTRACT

Objective: To evaluate changes in spasticity, arc of movement and hip and knee control in children with cerebral palsy in the Gross Motor Function Classification System (GMFCS) level III after the use of robotics. **Methods:** Lokomat® robotic gait orthosis. Preclinical, experimental, longitudinal, prospective study, without randomization or control group. We measured the strength, motor control and range of motion with the assessment tools included in the Lokomat®, called L-FORCE, L-STIFF and L-ROM, before and after robotic gait training in 21 children (ages 6 to 12) of both sexes. **Results:** Of the 40 measurements performed on each subject, a statistical significance is obtained in the increase in strength of the right hip in flexo-extension ($p < 0.05$), with a mean value of 3 and 4.5 in the final test. **Conclusion:** Of 21 patients with cerebral palsy in GMFCS level III, no changes were observed in the variables «strength», «spasticity» and «arc of movement» after 15 45-minute sessions administered every 2 days for 8 weeks with the Lokomat® robotic gait orthosis.

Key words: Training, gait, orthosis, robotics, children, cerebral palsy.

INTRODUCCIÓN

La parálisis cerebral se describe como un grupo de trastornos del desarrollo del movimiento y la postura causantes de limitación de la actividad, que se atribuyen a trastornos no progresivos que ocurrieron en el cerebro fetal o infantil en desarrollo¹. El Sistema de Clasificación de la Función Motora Gruesa (GMFCS, por sus siglas en inglés) es una herramienta que se utiliza para la parálisis cerebral; se basa

en el movimiento que se inicia voluntariamente, con énfasis en la sedestación, las transferencias y la movilidad. Existen cinco niveles: nivel I, anda sin limitaciones; nivel II, anda con limitaciones; nivel III, anda utilizando un dispositivo de movilidad con sujeción manual; nivel IV, autonomía para la movilidad con limitaciones, puede usar sistemas de propulsión a motor; y nivel V, transportado en una silla de ruedas manual².

Alrededor del 69% de los niños con parálisis cerebral se encuentran en la clasificación III de la escala de función motora gruesa; la rehabilitación constituye un importante componente en el tratamiento de estos niños con el objetivo de mejorar su independencia en la marcha³. Durante los últimos años se han puesto en práctica diversos tratamientos, entre ellos, el uso de la cinta rodante en donde se enmarca un aprendizaje motor orientado a una función. En el 2010 se publican los resultados

* Centro de Rehabilitación Infantil Teletón Hidalgo.

Recibido para publicación: enero, 2013.

Aceptado para publicación: abril, 2013.

Este artículo puede ser consultado en versión completa en <http://www.medigraphic.com/medicinafisica>

de un metanálisis respecto al uso de la cinta rodante para el entrenamiento de la marcha, y concluyen que ésta mejora la función de las extremidades inferiores en los parámetros espaciotemporales de la marcha^{4,5}. Sin embargo, con el uso de la cinta rodante, era necesario establecer una herramienta más, el soporte parcial de peso, y aditamentos para guiar el movimiento alterno de las extremidades inferiores y facilitar la creación de un diagrama de movimiento efectivo. En la evolución de la fisioterapia se aplican un conjunto de técnicas que previenen, recuperan y readaptan la función de la marcha, ahora con la incorporación de sistemas electromecánicos capaces de adaptarse a la morfología de los niños, como el Lokomat[®]; ésta es una herramienta útil para conseguir una marcha automática, mejorar la verticalización axial, la alineación de segmentos y la disociación del tronco con las extremidades. Dicho sistema aporta como ventajas una mayor simetría de paso, óptima biomecánica, mejores estímulos propioceptivos, menos fatiga del terapeuta y diagrama de retroalimentación, además de contar con herramientas de evaluación^{6,7}.

En el 2001, Hocoma da a conocer Lokomat[®] como un sistema robotizado de entrenamiento de marcha que cuenta con una ortesis de marcha con accionamiento eléctrico compuesta por un ajuste de cadera y dos ortesis de marcha, cada una de las cuales incorpora un accionamiento de cadera y de rodilla. Lokomat[®] funciona en combinación con una cinta rodante y un sistema de descarga del peso corporal; su control se realiza a través de un ordenador. Fue desarrollado en cooperación con el centro de paraplégicos de la clínica *Universitari Balgris* de Zurich, Suiza^{8,9}.

Lokomat[®] cuenta con un sistema de herramientas de evaluación que miden la fuerza, el rango de movimiento y la espasticidad. Ya que no hay estudios suficientes donde se realice este análisis en pacientes pediátricos, el objetivo de este estudio es analizar los cambios que reflejan estas herramientas de evaluación después del uso de la ortesis robótica en niños con parálisis cerebral que presentan marcha con o sin auxiliares.

Para la medición del control motor se utiliza la herramienta L-FORCE; se realiza mediante una contracción isométrica mantenida voluntaria máxima, para cuatro grupos de músculos: flexores y extensores de la cadera, flexores y extensores de la rodilla de la pierna izquierda o derecha. Éste es uno de los métodos más empleados para la medición de las funciones musculares en pacientes con disfunciones neurológicas de origen variado.

Para la medición de espasticidad se emplea la herramienta L-STIFF; es un método nuevo de medición desarrollado para la marcha robótica, no requiere un esfuerzo adicional puesto que se puede llevar a cabo durante el entrenamiento normal. La marcha robótica determina la resistencia mecánica (rigidez) durante los movimientos pasivos de la pierna, que se asemejan a los movimientos del test manual Ashworth. Cada articulación es movida de forma alterna a tres velocidades diferentes con dos repeticiones cada una.

La herramienta que se utiliza para medir arcos de movimientos es L-ROM, donde la ortesis tiene la opción de medir la posición de las dos articulaciones de forma continua y registra los valores máximos y mínimos. De este modo se determina el rango de movimiento utilizado por las ortesis robóticas, incluido el paciente, siempre que el terapeuta nueva con cuidado las articulaciones de forma manual¹⁰.

MATERIAL Y MÉTODOS

Es un estudio de tipo preexperimental, longitudinal, prospectivo, sin aleatorización ni grupo control. Se estudiaron 21 niños de entre 6 y 12 años de edad, con parálisis cerebral de ambos sexos, con características que corresponden al nivel III según la escala de función motora gruesa. La selección de dicha muestra fue con un muestreo a conveniencia por un periodo de un mes.

Las unidades de medición utilizadas: se valoró la fuerza (L-FORCE) en Nm, el control voluntario (L-STIFF) en Nm/° con tres variables a 30°/s, 60°/s y 120°/s, y el arco de movimiento (L-ROM) en grados.

Los procedimientos utilizados para este estudio han seguido los principios éticos para las investigaciones sanitarias en seres humanos según se recogen en la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica de 1975, en su versión revisada de 2008; fueron también aprobados por el comité de ética del Centro de Rehabilitación Infantil Teletón de Hidalgo¹¹. Por otro lado, al inicio del trabajo, a cada padre o tutor de los niños participantes se le dio a firmar una carta de consentimiento informado (*Anexo 1*).

PROCEDIMIENTO DE LA APLICACIÓN

En la primera sesión el paciente fue sometido a la toma de su somatometría, así como largo del muslo y la pierna, para determinar el tamaño de las ortesis robóticas (*Anexo 2*). Posteriormente se dio inicio a la valoración inicial en el Lokomat[®], que consistió en la medición de arcos de movimiento (L-ROM), espasticidad (L-STIFF) y control motor (L-FORCE); las dos primeras son pasivas y la última se realizó mediante una contracción isométrica sostenida por 15 segundos, donde el ordenador de Lokomat[®] registró el pico más alto.

De la sesión 2 a la 16 el niño se inició con el entrenamiento de la marcha en la ortesis robótica durante 45 minutos a velocidad de 1.2 km/h para pacientes que utilizaban la ortesis pediátrica y 1.5 km/h para aquellos que utilizaban la ortesis de adulto, con una descarga de peso del 50% en el soporte parcial y una fuerza de guía al 100%; se utilizó como retroalimentación la pantalla del paciente con una carita que sonreía si éste estaba haciendo movimiento voluntario. En la última sesión se realizaron nuevamente las valoraciones de L-FORCE, L-STIFF y L-ROM.

Para su análisis estadístico se utilizó el programa Excel, donde se calcularon principalmente los promedios de los resultados antes y después del uso de la ortesis robótica, se hizo una correlación de variables y el cálculo de la p.

RESULTADOS

Al final del estudio, se incluyeron un total de 21 pacientes con parálisis cerebral del nivel III según la escala de función motora gruesa, con edad media de 12 años (± 3.6), el 71.4% (15) eran del género masculino y el resto (28.6%) femenino.

Se realizaron 40 mediciones por medio de Lokomat® en cada uno de los 21 pacientes, ocho para fuerza, 24 para espasticidad y ocho para rango de movimiento.

En cuanto a la medición de la fuerza (L-FORCE), pudimos observar que las pruebas de valoración inicial de fuerza en cadera derecha en extensión tuvieron un promedio de 18.94 Nm y en la valoración final este promedio fue de 24.02 Nm; al realizar la prueba estadística de t de Student, obtuvimos un valor de .04, el cual es estadísticamente significativo. En cuanto a la fuerza en cadera derecha en flexión inicialmente tuvieron en promedio 23.69 Nm y en la valoración final fue de 28.77 Nm; tras realizar la prueba estadística obtuvimos un valor de 0.004, el cual es estadísticamente significativo. En cuanto a la fuerza en extensión y flexión de la cadera izquierda, a pesar de mostrar una tendencia a aumentar la fuerza, nuestros resultados no fueron estadísticamente significativos (0.34 y 0.41 para extensión y flexión, respectivamente).

En el caso de la medición de fuerza a nivel de la rodilla, a pesar de que hubo también tendencia a mejorar, ninguno de los datos obtenidos fueron estadísticamente significativos (Cuadro y figura 1).

En lo que se refiere a la espasticidad (L-STIFF), se observa una ligera disminución en espasticidad de la cadera derecha en

extensión en 30°/seg, con un promedio inicial de 0.32 Nm/° y 0.31 Nm/° al final; en cadera derecha en flexión, con 60°/seg de .33 Nm/° al inicio y 31 Nm/° al final, sin ser estas diferencias significativas; sin embargo, en rodilla presentó un ligero aumento en cuanto a la espasticidad, sin ser valores significativos (Cuadro 2 y figuras 2-3).

En relación a los arcos de movimiento L-ROM, se observa que los promedios se mantienen estables con variación de -1 punto en casos relevantes (Cuadro 3 y figura 4).

En 21 pacientes con un tipo parálisis cerebral en el nivel III según GMFCS, sólo 2 mediciones fueron significativas con respecto a la diferencia en los resultados antes/después, usando una prueba t pareada con α de 0.05:

1. Fuerza de cadera derecha en flexión y
2. Fuerza de cadera derecha en extensión.

DISCUSIÓN

La marcha es sin duda uno de los principales objetivos durante el tratamiento de los niños con parálisis cerebral, aunque debido a las exigencias de los padres y capacidades

Cuadro 1. Resultados de la medición de la fuerza en cadera y rodilla.

L-FORCE (Nm)	Extremidad	Momento de medición	Probabilidad posterior a la prueba t
Cadera	Der.	Extensión	0.04
		Flexión	0.004
	Izq.	Extensión	0.34
		Flexión	0.41
Rodilla	Der.	Extensión	0.42
		Flexión	0.49
	Izq.	Extensión	0.11
		Flexión	0.2

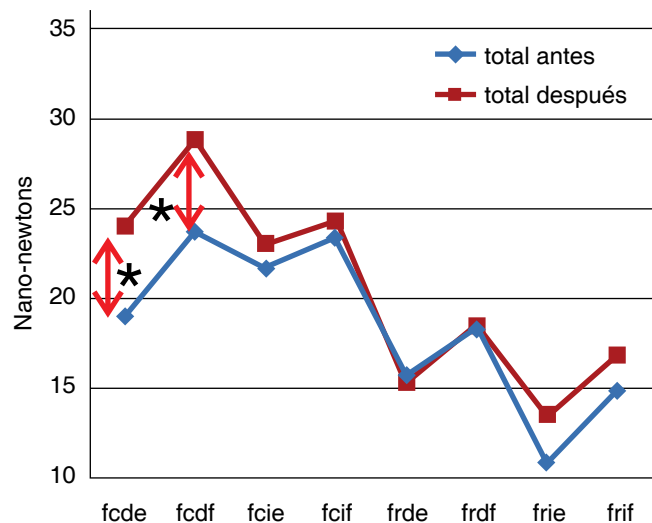


Figura 1. Promedios antes y después—L-FORCE.

Se muestran los promedios en la valoración inicial y final de fcde (fuerza de cadera derecha en extensión), fcd (fuerza de cadera derecha en flexión), fcie (fuerza de cadera izquierda en extensión), fcif (fuerza de cadera izquierda en flexión), frde (fuerza de rodilla derecha en extensión), frdf (fuerza de rodilla derecha en flexión), frie (fuerza de rodilla izquierda en extensión), frif (flexión de rodilla izquierda en flexión), con unidad de medida en nano-Newtons (Nm). Los asteriscos muestran las diferencias estadísticamente significativas.

Cuadro 2. Resultados obtenidos en la medición del control motor.

L-STIFF (Nm/°)	Extremidad	Momento de medición	Probabilidad posterior a prueba t		
Cadera	Der.	Extensión 30°/s	0.43		
		Extensión 60°/s	0.47		
		Extensión 120°/s	0.48		
		Flexión 30°/s	0.42		
		Flexión 60°/s	0.26		
		Flexión 120°/s	0.34		
	Izq.	Extensión 30°/s	0.23		
		Extensión 60°/s	0.22		
		Extensión 120°/s	0.15		
		Flexión 30°/s	0.41		
		Flexión 60°/s	0.31		
		Flexión 120°/s	0.29		
		Rodilla	Der.	Extensión 30°/s	0.37
				Extensión 60°/s	0.21
				Extensión 120°/s	0.38
Izq.	Flexión 30°/s		0.16		
	Flexión 60°/s		0.3		
	Flexión 120°/s		0.21		
	Extensión 30°/s		0.26		
	Extensión 60°/s		0.21		
	Extensión 120°/s		0.31		

de los niños es uno de los más complejos de lograr. A través de los años, esto ha propiciado la creación de nuevas formas de entrenamiento hasta llegar, como hoy en día, al uso de las maquinas. Lokomat® cuenta con un sistema de herramientas de evaluación que miden fuerza, rango de movimiento y espasticidad, siendo la fuerza medida por contracción isométrica en la extremidad inferior. Se ha demostrado que dicha medición es ampliamente utilizada en la rehabilitación de pacientes con trastornos del movimiento neurológicos y genera resultados tangibles respecto a la fuerza del cuádriceps con su intervención en la marcha¹².

Después del análisis, se pudo observar que en esta muestra no se mejora con respecto a la situación inicial en cuanto a espasticidad, arco de movimiento y control de cadera y rodilla; sin embargo, se puede observar que la fuerza de cadera

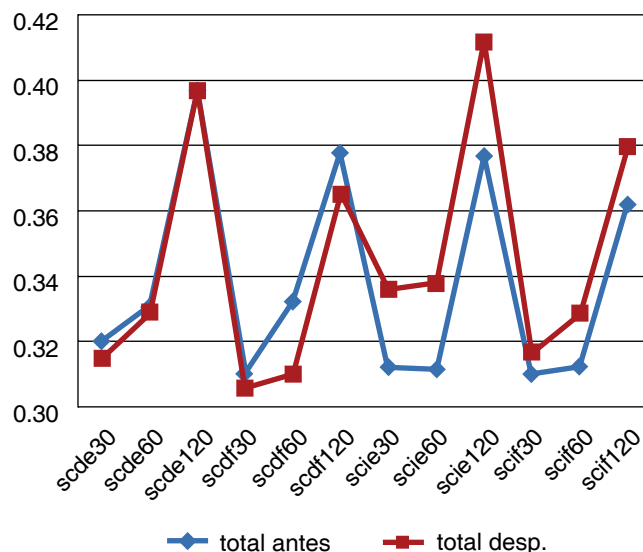


Figura 2. Promedios antes y después—L-STIFF (Lokomat-espasticidad) cadera.

Se muestra la comparación de promedios inicial y final de L-STIFF cadera. Scde (espasticidad de cadera derecha en extensión) a 30°/seg, 60°/seg, 120°/seg. Scdf (espasticidad de cadera derecha en flexión) a 30°/seg, 60°/seg, 120°/seg. Scie (espasticidad de cadera izquierda en extensión) a 30°/seg, 60°/seg, 120°/seg. Scif (espasticidad de cadera izquierda en flexión) a 30°/seg, 60°/seg, 120°/seg. Unidad de medición, Nm/s.

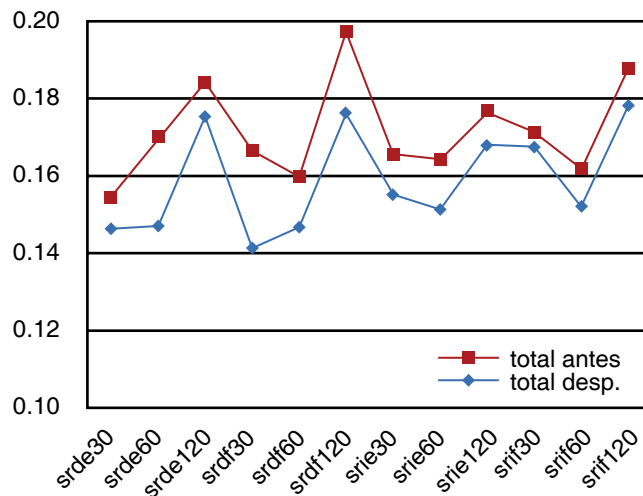


Figura 3. Promedios antes y después—L-STIFF (Lokomat-espasticidad) rodilla.

Comparación de promedios inicial y final de L-STIFF rodilla. Srde (espasticidad de rodilla derecha en extensión) a 30°/seg, 60°/seg, 120°/seg. Srdf (espasticidad de rodilla derecha en flexión) a 30°/seg, 60°/seg, 120°/seg. Srie (espasticidad de rodilla izquierda en extensión) a 30°/seg, 60°/seg, 120°/seg. Srif (espasticidad de rodilla izquierda en flexión) a 30°/seg, 60°/seg, 120°/seg. Unidad de medición, Nm/s.

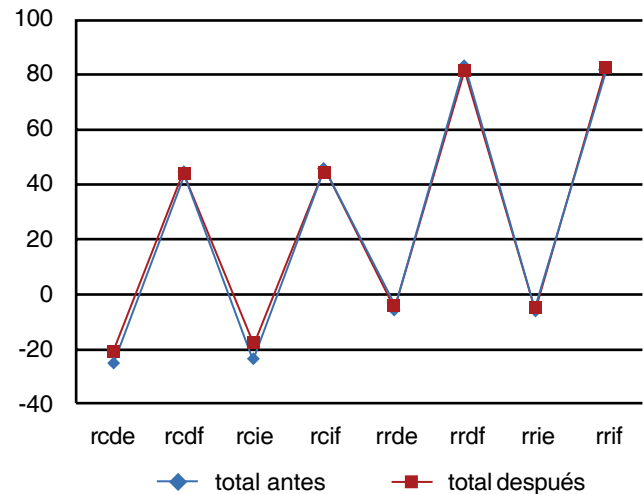
Cuadro 3. Resultados obtenidos en la medición del arco de movimiento

L-ROM (°)	Extremidad	Momento de medición	Probabilidad posterior a la prueba t
Cadera	Der.	Extensión	0.7
		Flexión	0.49
	Izq.	Extensión	0.17
		Flexión	0.23
Rodilla	Der.	Extensión	0.24
		Flexión	0.28
	Izq.	Extensión	0.18
		Flexión	0.47

derecha en flexión y la fuerza de cadera derecha en extensión mejoraron de manera significativa; esto puede deberse a que la mayor parte de los pacientes son de predominancia diestra.

En un estudio que se publicó en julio de 2009, donde se combina la electroestimulación en los músculos flexores dorsales del tobillo durante la marcha, se realizó posteriormente una electromiografía; sin embargo, no se observan cambios significativos, pero se pudo concluir un cambio en la fase de impulso de la marcha. La misma situación se experimentó en este estudio, donde la evidencia subjetiva por parte de los padres y de los propios pacientes es que refieren mejor alineación de segmentos, mayor facilidad en cuanto a los desplazamientos y en especial facilidad para realizar movimientos parecidos a los del robot posterior al uso de la ortesis; esto puede deberse a que la repetición del movimiento correcto varias veces provoca la formación de un engrama de coordinación en el sistema nervioso central. La realización de un patrón incorrecto o variable no sólo retrasa el desarrollo de un engrama correcto, sino que también comienza a introducir un engrama incorrecto, lo que «no deberá aprenderse»; se requiere mucho tiempo para corregir un patrón incorrecto y establecer uno correcto. Es importante saber los cambios cuantificables que se tienen tras el uso de la ortesis en lo que se refiere a variables más específicas de la marcha, como la cinemática y la cinética.

En este estudio se pudo observar que los pacientes que más cambios presentaron fueron aquellos que tenían mayor afectación en las extremidades inferiores por su lesión neurológica. Como lo que establece un estudio realizado por Shamartz¹³, hay cambios significativos en pacientes que tienen una mayor espasticidad; esto nos hace proponer el uso de la escala de Ashworth a la par de las herramientas de evaluación para determinar los cambios de espasticidad antes y después del uso de las ortesis que repercute con los cambios de fuerza muscular y arcos de movimiento.

**Figura 4.** Promedios antes y después—Range of movement.

Promedios de valoración inicial y valoración final.

Durante el proceso de certificación que realiza Hocoma y de acuerdo a sus diferentes investigaciones, sugiere que el tiempo de tratamiento será de 60 minutos y por lo menos tres veces por semana; sin embargo, es difícil mantener a los niños haciendo una misma actividad durante este tiempo, por lo que se redujo el tiempo a 45 minutos como prueba piloto, no obteniendo buenos resultados de motivación. Se sugiere que en los próximos estudios se realice un tratamiento con una duración de 25 a 30 minutos, que es el tiempo estimado en el que el niño no pierde el interés. Como lo mencionan algunas investigaciones, deben centrarse en la aplicación de elementos de diseño interactivo que mantenga una alta motivación efectiva por mayor tiempo para poder cumplir los objetivos de nuestros pacientes pediátricos¹⁴⁻¹⁶.

Durante el estudio se realizaron los criterios de inclusión y de exclusión ya antes mencionados. Aunque existen múltiples posibilidades para clasificar las alteraciones de la marcha según los diferentes tipos de parálisis cerebral, estas descripciones no siempre son útiles, porque no todos los pacientes con el mismo diagnóstico caminan con el mismo patrón de marcha; es por eso que se sugiere que en estudios posteriores se establezca otra clasificación basada en la fase y subfase del ciclo de marcha que se encuentran alteradas, para poder establecer entonces un diagnóstico funcional y un enfoque terapéutico que sea lo más específico posible y que será diferente según el estadio evolutivo del paciente.

CONCLUSIONES

De los 21 pacientes con parálisis cerebral en nivel III según GMFCS, se observaron resultados que tendían a la mejoría en

las variables «fuerza», «espasticidad» y «arco de movimiento» posterior a 15 sesiones de 45 minutos administradas por medio de Lokomat® cada dos días durante ocho semanas de tratamiento en marcha robótica, sin ser estadísticamente significativos.

Se pudo observar de manera subjetiva que hay una mejora importante en cadencia, longitud de paso, disminución en base de sustentación, así como en equilibrio, exacerbándose el efecto inmediato posterior a la sesión de marcha robótica, lo que da pie a hacer pruebas computarizadas de la cinemática de la marcha que permitan hacer tangibles los cambios objetivos durante la marcha en los pacientes pediátricos a corto y largo plazo.

Las herramientas de evaluación integradas en Lokomat® son un instrumento viable para la medición automatizada en niños con parálisis cerebral, pero no son lo suficientemente sensibles como para registrar pequeños cambios en el tono muscular, arcos de movimiento y fuerza muscular.

Se concluye, por lo tanto, que en las próximas investigaciones es importante analizar la marcha antes y después del tratamiento con herramientas objetivas, donde podamos obtener una valoración funcional con pruebas dinámicas en el plano anteroposterior y en el mediolateral, además de un análisis sensorial de los sistemas propioceptivo, visual y vestibular durante movimientos activos; es decir, un análisis de posturografía estática y dinámica, estudiándose los efectos de compensación ejercidos para determinar cuales son los beneficios después del entrenamiento de marcha robótica.

REFERENCIAS

1. Cans C. Surveillance of cerebral palsy in Europe: a collaboration of cerebral palsy surveys and register. *Dev Med Child Neurol.* 2000; 42: 816-824.
2. McDowell B, Kerr C, Parkes J. Interobserver agreement of the gross motor function classification system in an ambulant population of children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2007; 49: 528-525.
3. Mutlu A, Pistav P, Kerem M, Karahan S, Livanelioglu A. The importance of motor functional levels from the activity limitation perspective of ICF in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2007; 49: 528-525.
4. Molina F, Águila AM, Maturam M, Molina J, Miangonlanz JC. Pasa-rela rodante con o sin sistema de suspensión del peso corporal en niños con parálisis cerebral infantil [revisión sistemática y metaanálisis]. *Rev Neurolog.* 2010; 51 (3): 135-1310.
5. Farrell E, Naber E, Gaigle P. Description of a multifaceted rehabilitation program including overground gait training for a child with cerebral palsy [case report]. *Physiother Theory Prac.* 2010; 26 (1): 56-561.
6. Koenig A, Wellner M, Koneke S, Meyer-Heim A, Lunenburger L, Riener R. Virtual gait training for children with cerebral palsy using the Lokomat gait orthosis. *Studies Health Technology Inform.* 2008; 132: 204-209.
7. Meyer-Heim A, Borggraefe I, Ammann-Reiffer C. Feasibility of robotic assisted locomotor training in children with central gait impairment. *Dev Med Child Neurol.* 2007; 49: 900-906.
8. Molina F, Águila AM, Molina MJ, Miangolarra JC. Aplicación de sistemas robotizados en la parálisis cerebral infantil. *Rev Neurol.* 2010; 50: 256.
9. Ruz E, Alcobendas M, Casado R, Muñoz A, Florido MA, González E. Sistema robotizado para la reeducación de la marcha en pacientes con lesión medular incompleta. *Rev Neurol.* 2009; 49: 617-622.
10. Hocoma AG. Industriestrasse 4. Sistema Lokomat. Manual de usuario software versión 5:00. 2008.
11. Acevedo PI. Aspectos éticos en la investigación científica. *Cienc Enferm.* 2002; 8 (1): 15-18. doi: 10.4067/S0717-95532002000100003.
12. Bolliger M, Banz R, Dietz V, Lunenburger L. Standardized voluntary force measurement in a lower extremity rehabilitation robot. *J Neuroeng Rehabil.* 2008; 5: 23. doi: 10.1186/1743-0003-5-23.
13. Schmartz C, Meyer-Heim AD, Müller R, Bollieger M. Measurement of muscle stiffness using robotic assisted gait orthosis in children with cerebral palsy: a proof of concept. *Disabil Rehabil Assist Technol.* 2011; 6 (1): 29-37.
14. Brüttsch K, Shuler T, Koenig A, Zimmerli L, Koenke S, Lunenburger L et al. Influence of virtual reality soccer game on walking performance in robotic assisted gait training for children. *J Neuroeng Rehabil.* 2010; 7: 15. doi: 10.1186/1743-0003-7-15.
15. Wellner M, Thüning T, Smajic E, von Zitzewit J, Duschau-Wicke A, Riener R. Obstacle crossing in a virtual environment with the rehabilitation gait robot Lokomat. *Stud Health Technol Inform.* 2007; 125: 497-499.
16. Schuler T, Brüttsch K, Müller R, van Hedel H, Mayer-Heim A. Virtual realities as motivational tools for robotic assisted gait training in children: A surface electromyography study. *Neuro Rehabilitation.* 2011; 28 (4): 401-411. doi: 10.3233/NRE-2011-0670.

Dirección para correspondencia:
Lic. Ft. Beatriz Carolina Torres Arias
Fraccionamiento San Fernando
Calle San Jorge Núm. 133,
Col. Mineral de la Reforma, 42181,
Hidalgo, México.
Tel: 044 771 130 69 86
E-mail: betykar0810@gmail.com

ANEXO 1

CARTA DE AUTORIZACIÓN Y CONSENTIMIENTO INFORMADO OTORGADA POR EL PACIENTE Y/O SU RESPONSABLE AL PROFESIONAL DEL ÁREA MÉDICA PARA LA REALIZACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En la ciudad de _____, Estado de _____ a ___ de _____ de _____ y con fundamento en los artículos 80 y 81 del Reglamento de la Ley General de Salud en materia de Prestación de Servicios de Atención Médica, en las normas y procedimientos de la medicina en general y en los lineamientos y políticas propias de la Fundación Teletón México, A.C., se otorga la presente:

Autorización y consentimiento informado para la realización del proyecto de investigación, que otorgan como «El Paciente», el (la) menor _____ con número de expediente _____ y con diagnóstico _____ y como responsable de «El Paciente», el (la) señor (a) _____, expresamente a la Fundación Teletón México, A.C. en lo sucesivo «La Fundación» y al profesional del área médica _____, en los siguientes términos:

- I. Título del proyecto de investigación:
«Análisis de espasticidad, arco de movimiento y control de cadera y rodilla después del uso de ortesis robótica en niños con parálisis cerebral».
- II. Aceptamos y autorizamos que se lleve a cabo la investigación de «El Paciente», que se hace referencia en el punto anterior.
- III. Aceptamos y autorizamos a que se le administre a «El Paciente» cualquier sustancia o medicamento que, de acuerdo a la opinión del médico investigador sea necesaria para la realización del proyecto de investigación.
Toda vez que «La Fundación» no es el responsable de la producción y contenido de las sustancias o medicamentos, la liberamos de toda responsabilidad que derive o que pueda derivarse de la aplicación en la persona de «El Paciente» así como de los efectos secundarios que pudiera causarle a «El Paciente».
- IV. Manifestamos que el profesional del área médica (investigador) nos ha informado veraz y oportunamente del proyecto de investigación, lo siguiente:
 - a) La explicación de lo que supone la experiencia y las posibles consecuencias o riesgos que pueden derivarse de la participación de «El Paciente» y su familia en la investigación.
 - b) La descripción de los objetivos de la investigación: _____
 - c) Las características básicas del diseño de investigación: _____
 - d) Los posibles efectos secundarios: _____
 - e) Los posibles beneficios: _____
 - f) Los procedimientos y/o pruebas: _____
 - g) La revisión del expediente clínico y radiológico de «El Paciente».
 - h) Entiendo además los beneficios que el presente estudio posee para el cuidado y el tratamiento de «El Paciente» con padecimientos semejantes al mío.
 - i) Preguntar en cualquier momento de la investigación las dudas que surjan.
- V. Es de nuestro conocimiento que seremos libres de retirarnos de la presente investigación en el momento en que así se desee, o bien, de no contestar algún cuestionamiento sin que se afecte la atención que recibimos en «La Fundación» como paciente.
- VI. Aceptamos y autorizamos a «La Fundación» a usar y explotar la imagen fija o en movimiento de «El Paciente» así como la de su familia, por cualquier medio permitido por las leyes respectivas y que esté contenida en retratos, fotografías, video, reportajes, audiovisuales, etcétera, así como llevar a cabo su transmisión por televisión, radio, medios escritos o cualquier otro medio de transmisión, según convenga a los intereses de «La Fundación». Que tenga como objetivo la investigación y el avance de la ciencia.

Por lo anterior, en este acto, cedemos a favor de «La Fundación» los derechos patrimoniales sobre dichas imágenes, en los términos del artículo 87 y demás aplicables de la Ley Federal del Derecho de Autor vigente y aceptamos que, en ningún caso y bajo ningún concepto, «La Fundación» tendrá la obligación de pagarnos cantidad alguna o regalías u otorgarnos algún apoyo económico por dicho uso y explotación.

- VII. Que se nos ha explicado en forma expresa, clara y precisa el contenido del presente documento, así como sus alcances y fines.

PACIENTE

Nombre

Firma y/o huella

L. Ft. Beatriz Carolina Torres Arias
L. Ft. Claudia Elma Pacheco Soto

RESPONSABLE DE «EL PACIENTE»

Nombre y firma

Parentesco de «El Paciente»

Investigador

Testigo

Nombre y firma

Testigo

Nombre y firma

ANEXO 2

Usuario: _____ Fecha: _____

Nombre del paciente: _____

Diagnóstico: _____

Médico tratante: _____

Altura _____ Peso _____ Sexo _____ Edad _____ Carnet _____

Talla de la faja: _____ Reposapiés _____ Talla de cintas para piernas _____

Día	Velocidad	Distancia	Duración	L-ROM	L-STIFF	L-FORCE
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						

www.medigraphic.org.mx

Talla faja de descarga

Talla cintas para las piernas

Reposapiés (dcha/izq)

Altura de barras

Profundidad acolchado espalda:

--

Altura acolchado espalda:

--

Acolchonado grueso/fino

Profundidad pelvis:

--

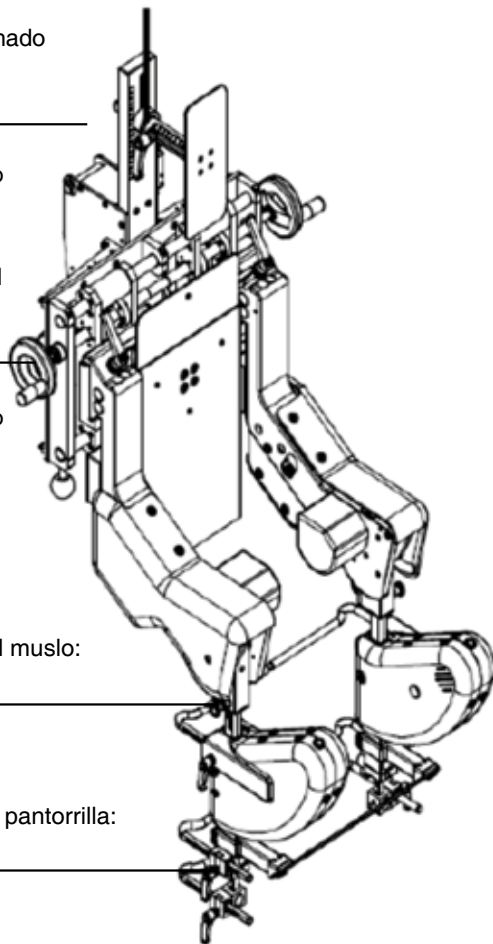
Acolchonado grueso/fino

Longitud del muslo:

--

Longitud de pantorrilla:

--



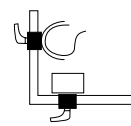
Talla brazaletes superior:

I	D

I	D

D	I

Transversal



I	D

D	I

Longitudinal

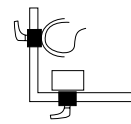
Talla brazaletes central:

I	D

I	D

D	I

Transversal



I	D

D	I

Longitudinal

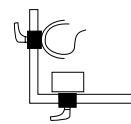
Talla brazaletes inferior:

I	D

I	D

D	I

Transversal



I	D

D	I

Longitudinal

www.medigraphic.org.mx