

# Efectos sobre el rango articular y la marcha tras el entrenamiento con Lokomat en personas con parálisis cerebral. Un estudio de casos

## *Effects on joint range and gait after Lokomat training in people with cerebral palsy. A case study*

Tejero-Hierro PS

Fundación NIPACE. Guadalajara. España

**Correspondencia:**

Pablo Santiago Tejero Hierro  
pablo.tejero7@gmail.com

Recibido: 23 noviembre 2021

Aceptado: 17 enero 2022

### RESUMEN

*Introducción:* se estima que 2 de cada 1000 nacimientos vivos sufren parálisis cerebral a nivel mundial. Muchas de estas personas no podrán desarrollar un patrón de marcha, por eso la robótica en la neurorehabilitación es de gran importancia, en este caso el Lokomat, que facilitará un patrón de marcha más adecuado a las características del usuario. Esta práctica repetida proporciona el acceso al aprendizaje motor que junto con la neuroplasticidad serán los encargados de generar cambios en estas personas. El objetivo del presente estudio de casos es analizar la diferencia de los rangos articulares pre-post intervención con Lokomat en pacientes con parálisis cerebral. Así mismo valorar si se producen cambios durante la marcha de estos pacientes. *Material y método:* la intervención ha constado de un total de 17 sesiones de entrenamiento con el Lokomat con una duración de 35 minutos cada una. Las variables principales estudiadas han sido los rangos articulares de ambas caderas y rodillas en todas las fases de la marcha. *Resultados:* se han obtenido resultados positivos en los rangos articulares, en el ciclo de la marcha y en la espasticidad, aunque no han sido estadísticamente significativos. *Conclusiones:* el entrenamiento de marcha asistida por Lokomat tiene efectos beneficiosos para las personas con alteraciones neurológicas.

**Palabras clave:** parálisis cerebral, Lokomat, marcha, rango articular, espasticidad.

### ABSTRACT

*Introduction:* it is estimated that 2 out of every 1000 live births suffer from cerebral palsy worldwide. Many of these people will not be able to develop a gait pattern, which is why robotics in neurorehabilitation is of great importance, in this case the Lokomat, which will facilitate a gait pattern more suited to the characteristics of the user. This repeated practice provides access to motor learning that together with neuroplasticity will be responsible for generating changes in these people. The objective of the case study is to analyze the difference in joint ranges pre-post intervention with Lokomat in patients with cerebral palsy. Likewise, to assess whether there are changes during the gait of these patients. *Material and method:* the intervention consisted of a total of 17 training sessions with the Lokomat lasting 35 minutes each. The main variables studied have been the joint ranges of both hips and knees in all phases of gait. *Results:* positive results have been obtained in joint ranges, in the gait cycle and in spasticity, although they have not been statistically significant. *Conclusion:* Lokomat-assisted gait training has beneficial effects for people with neurological disorders.

**Keywords:** cerebral palsy, Lokomat, gait, joint range, spasticity.

## DECLARACIÓN DE DISPONIBILIDAD DE LOS DATOS

Los datos generados o analizados durante este estudio se incluyen en el presente artículo.

## INTRODUCCIÓN

La parálisis cerebral (PC) es la causa de discapacidad motora más frecuente durante la infancia. Lo componen un grupo de trastornos del movimiento y la postura, que ocurren en un cerebro inmaduro lo que dificultará o alterará el desarrollo de las actividades de la vida diaria<sup>(1, 2)</sup>. La PC es un conjunto de daños presentes a nivel cortical y subcortical, que aparecen durante los primeros años de vida, es una enfermedad permanente y no progresiva<sup>(3)</sup>. A nivel mundial tiene una incidencia de 2 a 2,5 casos por cada 1.000 nacimientos vivos<sup>(4)</sup>. En la actualidad se observa un incremento de los casos de niños con parálisis cerebral, debido al aumento de la supervivencia en niños muy prematuros<sup>(5)</sup>. Estos diagnósticos suelen ir acompañados de secuelas irreversibles: ataxia, distonía o espasticidad. La presencia de la espasticidad hace que los rangos de movimiento articular (ROM) se vean alterados y disminuidos<sup>(6)</sup>.

La marcha o la capacidad de caminar de estas personas se ve alterada<sup>(7)</sup> y por ello uno de los sistemas de evaluación más utilizados es la escala *Gross Motor Function Classification System* (GMFCS), que presenta un marco de evaluación funcional en el que los pacientes se agrupan según su autonomía para caminar<sup>(8)</sup>. La marcha humana es la forma de desplazamiento en la posición bípeda en la que se van alternando apoyos bipodales con apoyos monopodales<sup>(9)</sup>. Una marcha de 10 pasos, sin ayuda de sus brazos y sin caídas ocurrirá entre los 9,6 meses de edad y los 18,4 meses de edad, siempre y cuando exista un desarrollo típico<sup>(10)</sup>. Sin embargo, cuando existen alteraciones neurológicas como es la parálisis cerebral, no siempre se adquiere la marcha y si se adquiere será con características patológicas. Los cambios más importantes en la marcha humana se producen entre los 4 y los 5 años, de ahí la importancia de actuar precoz-

mente en la rehabilitación. El ciclo de la marcha sucede cuando uno de los pies contacta con la superficie y termina cuando ese mismo pie vuelve a contactar con la superficie<sup>(11)</sup>.

Una función locomotora disminuida o alterada predice una capacidad reducida de actividad, participación y de interacción social, lo que les pone en riesgo de inclusión en la sociedad<sup>(12)</sup>. Las personas con mayores dificultades para caminar presentan un mayor deterioro del bienestar físico, por eso, uno de los objetivos centrales de las familias de este colectivo, es que adquieran un patrón de marcha consistente que pueda perdurar en el tiempo<sup>(13)</sup>.

Aparte de la Fisioterapia tradicional, cada vez se está implementando más en neurorehabilitación, el uso de dispositivos tecnológicos como las órtesis robóticas, para que estas personas consigan mejorar su patrón de marcha e incluso adquirirlo. Este entrenamiento mediante el uso de las órtesis robóticas tiene influencia en la organización cortical, y por tanto en la recuperación motora y el aprendizaje motor. Presenta mejores resultados en cerebros inmaduros, debido a una mayor neuroplasticidad<sup>(12)</sup>.

El Lokomat es una de las órtesis robóticas que permite el entrenamiento de la marcha, mediante la repetición de un patrón correcto adaptado a las necesidades de cada usuario, y además permite la neurorehabilitación de pacientes adultos y pediátricos<sup>(5)</sup>. El uso del Lokomat durante largos periodos de tiempo consigue lograr y mantener patrones de marcha muy similares a los fisiológicos<sup>(14)</sup>. Es una herramienta creada por Gery Colombo en el año 2001 para el entrenamiento de la marcha, que cuenta con dos brazos robotizados, que se controlan a través de un ordenador perteneciente al propio sistema<sup>(5)</sup>. Los brazos se adaptan a los miembros inferiores del paciente con el objetivo de buscar un movimiento repetitivo y lo más fisiológico posible en base a las características del usuario. La órtesis Lokomat, además presenta un sistema dinámico de soporte del peso corporal para conseguir una postura más controlada. Este dispositivo cuenta con una pantalla donde pueden interactuar con realidad virtual, lo que sirve de *feedback* y motivación para los usuarios y por lo tanto mayor adhesión a la terapia<sup>(15)</sup>.

## OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El objetivo principal de este estudio es analizar si existe diferencia de los rangos articulares pre-post intervención con Lokomat en pacientes con parálisis cerebral. Asimismo, valorar si se producen cambios durante la marcha de estos pacientes: mayor tiempo de apoyo monopodal, aumento en la longitud del ciclo, velocidad.

## MATERIAL Y MÉTODO

### Diseño

Se trata de un estudio de casos, analítico, longitudinal, cuantitativo, prospectivo. Para realizar este estudio se contó con la aprobación del Comité de Ética del Hospital Universitario Fundación Alcorcón (HUFA) el día 13 de abril de 2021. Además, para este estudio se elaboró un consentimiento informado que fue entregado a cada participante, y en el caso de los menores de edad a su padre/madre/tutor legal. En este consentimiento informado se mostraba de manera completa y detallada en que iba a consistir esta intervención y cómo se iba a realizar. Los derechos de privacidad de los participantes han sido respetados en todo momento.

### Sujetos de estudio

La población total del estudio fueron 4 participantes escogidos mediante aleatorización simple. Todos los participantes pertenecen a la Fundación NIPACE que es una fundación sin ánimo de lucro de carácter nacional que desde el año 2004 viene desarrollando procesos de atención integral a niños y jóvenes con parálisis cerebral y trastornos neuromotores. Se encuentra ubicada en Guadalajara, España. Para la participación en este estudio se determinaron los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

- Criterios de inclusión: pacientes con alteraciones neurológicas (parálisis cerebral) con edades comprendidas entre 10 y 30 años de edad, que pre-

senten espasticidad en miembros inferiores y que tengan una marcha independiente con un nivel de la GMFCS III.

- Criterios de exclusión: uso de órtesis tipo DAFO durante la marcha, e intervenciones quirúrgicas en los últimos 3 meses.

### Variables

Las variables que se estudiaron fueron el rango articular de ambas caderas, rango articular de ambas rodillas; todo lo cual se analizó en todas las fases de la marcha (contacto inicial, apoyo medio, apoyo final, pre-oscilación, oscilación inicial, oscilación media y oscilación final). Por último, también se analizaron los datos obtenidos en el test de los 6 metros marcha y la prueba *timed get up and go* que es una buena herramienta para evaluar la movilidad funcional en pediatría<sup>(16)</sup>.

### Intervención

La intervención comenzó en marzo de 2021 y finalizó en junio de 2021. Esta intervención ha consistido en una sesión semanal de terapia con la órtesis Lokomat con una duración de 35 minutos por cada sesión. Han sido un total de 17 sesiones de Lokomat por cada participante. Esta órtesis que se muestra de manera más detallada en la figura 1 se ajusta con los parámetros que mejor se adaptan a las características de cada usuario. Además también permite regular el soporte de peso corporal, la velocidad en la que se mueve la órtesis, la velocidad en la que se moverá el tapiz rodante y la asistencia o resistencia que la órtesis ofrece a nuestros participantes. A medida que la sesión va avanzando se pueden ir modificando cualquiera de los parámetros a través de un ordenador incorporado en el sistema.

### Recogida y análisis de datos

Se recogieron los datos después de cada sesión de tratamiento con la órtesis Lokomat. Además, en la primera y última sesión se realizó un video en el que se

Brazaletes que se ajustan en los MMII del usuario para poder realizar un correcto movimiento entre la órtesis y las piernas. Son 3 brazaletes, uno por encima de la rodilla y dos por debajo. Cada uno se puede ajustar con una amplitud y/o profundidad diferente, acorde a las necesidades del usuario.

Estribos que sirven para ajustar y/o corregir la posición del pie/tobillo.



Cinturón con cinchas para control del soporte del peso corporal.

Tapiz rodante.

FIGURA1. Robot Lokomat, visión anterior.

Fotografía de elaboración personal

pidió al participante que camine unos metros, siempre los mismos, 4 metros, que es una longitud suficiente para realizar un ciclo completo de marcha. La grabación se realizó en un patio exterior de la Fundación NIPACE. Estos videos se analizaron mediante la aplicación Kinovea que es precisa, validada y fiable para el análisis del movimiento. Kinovea es una herramienta que se utiliza para realizar estudios de la marcha, permitiendo analizar los videos que se han realizado previamente y de este modo poder estudiar cada fotograma que pueda interesar, pudiendo así conocer los grados de las diferentes articulaciones, longitudes de paso e incluso velocidades y cadencias. Es una herramienta compleja de usar pero intuitiva lo que facilita su utilización<sup>(17)</sup>. Tras ello se analizaron todos los datos recogidos para posteriormente obtener unas conclusiones. Los datos obtenidos se analizaron con el sistema de análisis estadísticos SPSS versión número 25, realizándose un análisis descriptivo e inferencial de los mismos.

## RESULTADOS

El número de participantes de este estudio fue de 4 (n = 4). El estudio tuvo una duración de 17 semanas, con una sesión de 35 minutos a la semana, es decir, un total de 17 sesiones. Todos los participantes (n = 4) fueron valorados y grabados inicialmente, al final de la intervención los participantes que volvieron a ser valorados y grabados para poder analizar los nuevos datos obtenidos fueron 3 (n = 3).

### Datos basales de la muestra

En la tabla 1 se muestran todos los datos basales de la muestra. El 75 % de los participantes eran varones y el 25 % mujeres. Los participantes de este estudio tenían un diagnóstico clínico similar, en este caso que tuvieran parálisis cerebral y que además tuvieran una

marcha independiente. El 100 % de la muestra se clasificaba en un nivel III de la escala GMFCS. Uno de los participantes tuvo que ser excluido de la muestra, puesto que fue sometido a un proceso quirúrgico durante la intervención y por tanto según los criterios de exclusión determinados no pudo continuar con el estudio; correspondía al participante femenino.

**Análisis descriptivo del ROM y aumento del tiempo de apoyo monopodal en pacientes con parálisis cerebral**

En la figura 2 se muestra la gráfica del ángulo de la rodilla izquierda preintervención. En la figura 3 puede verse la secuencia de fases de la marcha y sus ángulos, mediante una captura de pantalla Kinovea. En la figura 4 se muestra la gráfica del ángulo de la rodilla izquierda postintervención.

Este proceso se ha llevado a cabo con todos los participantes, analizando los grados correspondientes a cada fase de la marcha tanto en caderas y como en rodillas izquierdas y derechas. Como se puede apreciar en las figuras anteriores la mayoría de las fases de la marcha se acercan a unos porcentajes más normalizados en cada una de las fases, algunos valores todavía siguen lejos de los valores fisiológicos o normales como se muestra en las figuras 2 y 4 pero se aprecia una tendencia positiva. En este caso se ha expuesto el análisis de la marcha de uno de los participantes con una clínica de hemiparesia izquierda. Respecto a los tiempos se observa un ligero incremento no significativo, debido a una duración mayor de los apoyos monopodales lo que hace que el tiempo total del ciclo de la marcha en los test realizados se vea aumentado.

Todos los participantes que concluyeron el estudio obtuvieron mejoras, aunque no significativas, en la mayoría de las variables estudiadas.

TABLA 1. Datos basales.

Sexo	Edad	6 metros	Longitud ciclo	Time up and go	Ashworth
Masculino	8	6,12 s	50,04 cm	9,26 s	2
Masculino	22	7,05 s	41,28 cm	11,21 s	3
Masculino	28	8,31 s	44,12 cm	13,49 s	4

s = segundos. cm = centímetros.

**Análisis descriptivo del ROM y aumento del tiempo de apoyo monopodal en pacientes con parálisis cerebral**

Tiempo (%)	Ángulo rodil	Diferencia con valor normal
CI 0	45	
AI 24,4	31	-16,40%
AM 11,1	21	8,90%
AF 14,1	34	5,9
OP 26,7	46	-16,7
OI 7,4	42	5,6
OM 11,1	37	2,9
OF 5,2	42	7,8

CI (contacto inicial), AI (apoyo inicial), AM (apoyo medio), AF (apoyo final), OP (pre oscilación), OI (oscilación inicial), OM (oscilación media) y OF (oscilación final).

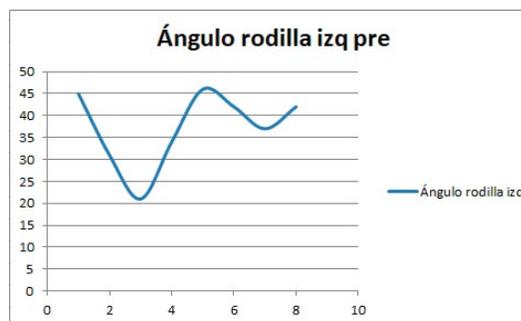


FIGURA 2. Gráfica ángulo rodilla izquierda preintervención.

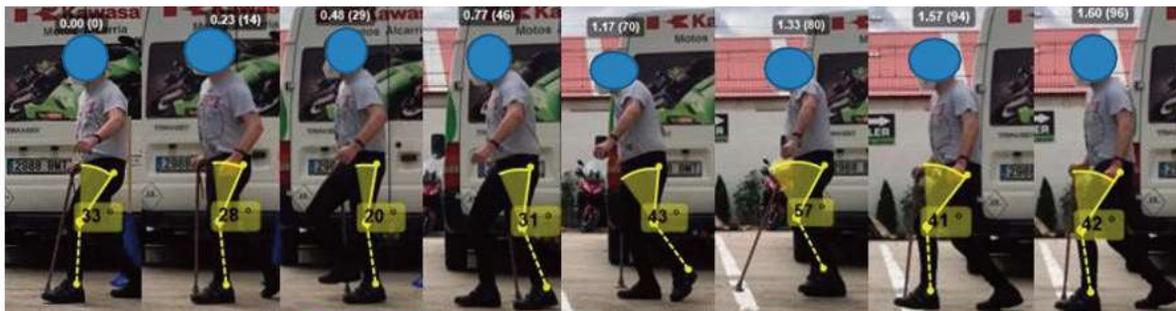


FIGURA 3. Secuencia fases de la marcha y sus ángulos. Captura de pantalla Kinovea.

Tiempo (%)	Ángulo rodil	Diferencia con valor normal
CI 0	33	
AI 14,4	28	-6,40%
AM 15,6	20	4,4
AF 18,1	31	1,9
OP 25,00	43	-15
OI 10,00	57	3
OM 15,00	41	-1
OF 1,9	42	11,1

CI (contacto inicial), AI (apoyo inicial), AM (apoyo medio), AF (apoyo final), OP (pre oscilación), OI (oscilación inicial), OM (oscilación media) y OF (oscilación final).



FIGURA 4. Gráfica ángulo rodilla izquierda postintervención.

### Análisis pre y postintervención de las variables principales estudiadas

En la tabla 2 se detallan todas las variables estudiadas tanto al inicio de la intervención como al final de la misma, donde además se refleja la mediana y los cuartiles primero y tercero inicial y final y el p-valor obtenido al realizar la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon.

### DISCUSIÓN

El objetivo principal de este estudio es analizar si existe diferencia entre los rangos articulares pre y post intervención con Lokomat en pacientes con parálisis cerebral; y asimismo valorar si se producen cambios durante la marcha de estos pacientes (mayor tiempo de apoyo monopodal, aumento en la longitud del ciclo, velocidad). En este estudio han aparecido cambios favorables en los

rangos articulares (ROM). Además los tiempos de apoyo monopodal han aumentado, la longitud del ciclo ha aumentado y también se ha observado una disminución de la espasticidad. Los cambios no han sido estadísticamente significativos, posiblemente debido a la pequeña muestra estudiada, la falta de un grupo control en la intervención y a que la duración del estudio no haya sido la suficiente.

Gallego Antúnez y cols.<sup>(18)</sup> determinaron que el tratamiento combinado de Fisioterapia y toxina botulínica tipo A, disminuye la espasticidad, aumenta el rango articular y mejora la función motora gruesa, todo lo cual genera mejoras en la marcha. Autores como Lillo y cols.<sup>(19)</sup> sugieren que la toxina botulínica debe administrarse cada 4, 6 u 8 meses en función de las características de cada paciente, apareciendo su máxima efectividad a las 2 ó 3 semanas perdurando su efecto entre 3 y 4 meses. Además, Sáinz-Pelayo y cols.<sup>(20)</sup> señalan que la espasticidad está presente entre el 72 y el 91 % de los pacien-

TABLA 2. Mediana y cuartiles iniciales y finales de cada variable.

	Mediana inicial Q1-Q3	Mediana final Q1-Q3	Wilcoxon p-valor
Apoyo inicial cadera izquierda	29,00 (27,50-40,50)	33,00 (28,00-39,00)	$p = 0,785$
Apoyo medio cadera izquierda	21,00 (12,50-24,00)	15,00 (13,50-26,00)	$p = 0,285$
Apoyo final cadera izquierda	1,00 (1,00-10,50)	9,00 (6,00-17,50)	$p = 0,109$
Pre oscilación cadera izquierda	-1,00 (-6,00-8,50)	2,00 (-2,00-14,50)	$p = 0,109$
Oscilación inicial cadera izquierda	19,00 (14,00-22,00)	20,00 (18,50-24,00)	$p = 0,285$
Oscilación media cadera izquierda	26,00 (25,00-26,50)	40,00 (35,50-41,00)	$p = 0,109$
Oscilación final cadera izquierda	27,00 (24,50-35,00)	43,00 (36,50-45,00)	$p = 0,109$
Apoyo inicial cadera derecha	36,00 (34,00-43,00)	34,00 (30,00-38,50)	$p = 0,593$
Apoyo medio cadera derecha	32,00 (23,50-34,00)	23,00 (14,50-26,50)	$p = 0,593$
Apoyo final cadera derecha	19,00 (12,00-20,00)	7,00 (5,00-10,50)	$p = 0,285$
Pre oscilación cadera derecha	9,00 (-2,00-11,50)	-1,00 (-5,00-2,50)	$p = 0,593$
Oscilación inicial cadera derecha	22,00 (20,00-25,00)	13,00 (10,50-19,00)	$p = 0,285$
Oscilación media cadera derecha	33,00 (31,00-37,00)	41,00 (36,00-41,50)	$p = 0,593$
Oscilación final cadera derecha	36,00 (29,00-43,50)	36,00 (31,50-39,00)	$p = 0,999$
Apoyo inicial rodilla izquierda	16,00 (9,50-30,50)	26,00 (19,00-29,50)	$p = 0,999$
Apoyo medio rodilla izquierda	10,00 (2,00-20,50)	7,00 (2,50-17,50)	$p = 0,999$
Apoyo final rodilla izquierda	7,00 (2,50-14,00)	9,00 (5,00-14,50)	$p = 0,285$
Pre oscilación rodilla izquierda	13,00 (10,50-23,50)	8,00 (6,50-19,50)	$p = 0,180$
Oscilación inicial rodilla izquierda	46,00 (26,50-50,50)	43,00 (31,50-43,50)	$p = 0,999$
Oscilación media rodilla izquierda	42,00 (26,00-50,00)	57,00 (41,50-68,50)	$p = 0,109$
Oscilación final rodilla izquierda	13,00 (9,50-25,00)	36,00 (26,00-38,50)	$p = 0,109$
Apoyo inicial rodilla derecha	18,00 (14,50-32,50)	19,00 (17,00-27,00)	$p = 0,999$
Apoyo medio rodilla derecha	1,00 (0,00-21,00)	13,00 (7,50-21,00)	$p = 0,593$
Apoyo final rodilla derecha	11,00 (7,00-27,00)	7,00 (1,00-17,50)	$p = 0,109$
Pre oscilación rodilla derecha	10,00 (9,00-30,00)	7,00 (6,50-27,00)	$p = 0,102$

TABLA 2. Mediana y cuartiles iniciales y finales de cada variable.

	Mediana inicial Q1-Q3	Mediana final Q1-Q3	Wilcoxon p-valor
Oscilación inicial rodilla derecha	52,00 (32,00-59,50)	35,00 (30,50-40,00)	p = 0,593
Oscilación media rodilla derecha	66,00 (38,00-67,00)	57,00 (39,50-69,50)	p = 0,285
Oscilación final rodilla derecha	21,00 (17,50-37,50)	24,00 (21,00-34,00)	p = 0,999
6 metros	7,05 (6,58-7,68)	7,99 (7,25-10,04)	p = 0,109
Longitud de ciclo	44,12 (42,70-47,08)	47,63 (42,85-50,96)	p = 0,593
Time up and go	11,21 (10,24-12,35)	12,38 (11,13-14,01)	p = 0,109
Ashworth	3,00 (2,50-3,50)	2,00 (2,00-2,50)	p = 0,157

tes con parálisis cerebral y que esta espasticidad provoca alteraciones de los rangos articulares ocasionando alteraciones en la marcha, y concluyen con que la espasticidad tiene un tratamiento multidisciplinar, y desde la Fisioterapia el objetivo principal es disminuir las limitaciones articulares.

Es complejo discutir sobre este tema, ya que apenas hay bibliografía actual que lo aborde. Sin embargo se puede afirmar que los tiempos de apoyo monopodal especialmente en el apoyo inicial han aumentado (figuras 2, 3 y 4) igual que en el estudio de Llorente y cols.<sup>(5)</sup> en el que concluyen que la terapia con Lokomat podría ser un tratamiento efectivo para mejorar la marcha en los parámetros de tiempo y distancia (tiempo de apoyo monopodal, cadencia, velocidad) y kinemáticos (rotación pélvica y flexión dorsal de tobillo en el balanceo) en pacientes con hemiplejía secundaria a parálisis cerebral, GMFCS I y II. Este estudio tiene una duración similar, en este caso 18 sesiones con una duración de 30 minutos cada una. La edad media de estos participantes era de 6 años<sup>(6)</sup>.

Verzaluze-Rodríguez y cols.<sup>(21)</sup> evaluaron si 40 sesiones de terapia con órtesis Lokomat repercuten en la consecución de la marcha independiente en pacientes con parálisis cerebral. Incluyeron 33 participantes que realizaban 2 sesiones de 20 minutos 2 veces a la semana. Obtuvieron una diferencia significativa para la con-

secución de una marcha independiente, ya que 8 de los participantes terminaron consiguiendo dicha marcha independiente. Estos pacientes se encontraban en un nivel III de la GMFCS. En el resto de participantes se observó una mejora en el patrón de marcha con ayuda externa. La mediana de edad de los participantes era de 7 años.

Otros autores como Ingo Borggraefe y cols.<sup>(22)</sup> concluyeron que los niños y los adolescentes con diagnóstico de parálisis cerebral espástica bilateral mostraron mejoras en tareas como estar de pie y caminar después de un entrenamiento prolongado con el Lokomat. La duración de la intervención fue de 3 semanas con un total de 12 sesiones por participante, siendo la duración de las sesiones de 50 minutos. La edad media de sus participantes fue de 11 años con una muestra total de 20 participantes, los cuales estaban clasificados entre los niveles I y IV de la GMFCS. Las mejoras más significativas se observaron en el grupo con nivel GMFCS I-II.

#### Limitaciones del estudio

La primera limitación del estudio ha sido el tiempo de intervención. Este proyecto se enmarca dentro de un trabajo de fin de máster y hubiera sido ideal alargar el tiempo de la intervención, pero no ha sido factible puesto que se tenían que cumplir unos plazos de entrega determinados.

Otra de las limitaciones es la muestra, puesto que ha sido complejo reunir en un mismo centro pacientes con estas características. Hubiese sido importante hacer un seguimiento de las variables para ver si estos cambios generados se mantenían a corto o medio plazo.

### Líneas futuras de investigación

Sería importante aumentar la muestra de estudio a un número más significativo, y además sería interesante añadir un grupo control, para poder comparar si hay diferencias significativas entre grupos. Además, sería importante considerar el aumento del tiempo de la intervención y realizar un seguimiento. Existen escasas publicaciones actuales que aborden este tema, por lo tanto, se anima a seguir investigando acerca de la terapia Lokomat y la parálisis cerebral.

### CONCLUSIONES

La práctica repetida con órtesis Lokomat es beneficiosa para los pacientes con parálisis cerebral. Esta órtesis es capaz de mejorar los rangos articulares, aumentar la longitud del ciclo de la marcha y además mejorar o disminuir la espasticidad de sus usuarios.

### RESPONSABILIDADES ÉTICAS

**Protección de personas y animales.** Los procedimientos que se han seguido en este estudio cumplen los principios básicos de la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial, actualizada en 2013 en Fortaleza (Brasil) y complementada con la Declaración de Taipei, de 2016 sobre las consideraciones éticas sobre las bases de datos de salud y los biobancos.

**Confidencialidad y consentimiento informado.** El autor declara ser el responsable de llevar a cabo los protocolos establecidos por su Centro para evaluar a los sujetos voluntarios incluidos en el estudio, con finalidad de investigación y divulgación científica y garantiza que se ha cumplido la exigencia de haber informado a todos los

sujetos del estudio, que ha obtenido su consentimiento informado por escrito para participar en el mismo y que está en posesión de dichos documentos.

**Confidencialidad de los datos y derecho a la privacidad.** El autor declara que se ha cumplido con la garantía de la privacidad de los datos de los participantes en esta investigación y manifiesta que el trabajo publicado no incumple la normativa de protección de datos de carácter personal, protegiendo la identidad de los sujetos en la redacción del texto. No se utilizan nombres, ni iniciales, ni números de historia clínica del hospital (o cualquier otro tipo de dato para la investigación que pudiera identificar al paciente).

**Financiación y conflicto de intereses.** Declaro ser el único responsable de esta publicación y que no existe ninguna financiación y ningún conflicto de interés relacionado con este estudio.

**Fuentes de apoyo.** No ha habido ningún tipo de subvención en este estudio. Se utilizó el robot Lokomat perteneciente a la fundación NIPACE (Guadalajara).

**Contribuciones de autoría.** El autor ha participado en el diseño, desarrollo, redacción, supervisión y revisión del estudio y ha tenido acceso completo a su contenido y ha aprobado la versión final presentada

### AGRADECIMIENTOS

A mi familia por darme la oportunidad de poder estudiar Fisioterapia. A toda la familia de la Fundación NIPACE por permitirme ser parte de ella. Por supuesto, a todos los luchadores y guerreros de NIPACE, los que están y los que se han ido.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Stavsky M, Mor O, Mastrolia SA, Greenbaum S, Than NG, Erez O. Cerebral Palsy-Trends in Epidemiology and Recent Development in Prenatal Mechanisms of Disease, Treatment, and Prevention. *Front Pediatr.* 2017 F; 5: 21.

2. Bolaños-Roldán AM. Calidad de vida relacionada con características sociodemográficas y clínicas en niños con parálisis cerebral. *Duazary*. 2020 abril-junio; 17(2): 20–31.
3. Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, Goldstein M, Bax M, Damiano D, et al. A report: the definition and classification of cerebral palsy 2006 Apr. *Dev Med Child Neurol Suppl*. 2007 Feb; 109: 8–14.
4. Hernández Rojas EM, Murillo Álvarez S, Solano Bastos A, Enríquez-Reyna MC. Riesgo de alteraciones músculo-esqueléticas en cuidadores informales de personas con parálisis cerebral. *Revista de Psicología del Deporte*. 2017; 26(2): 107–12.
5. Lorena Llorente D, Katherine Robles C. Experiencia de la terapia con lokomat en pacientes portadores de parálisis cerebral y síndromes atáxicos, instituto de rehabilitación infantil teletón concepción Chile. *Rev Médica Clínica Las Condes*. 2014; 25(2): 249–54.
6. Peñafiel Cortez WX, Moreno Arias RM, Guamán Novillo EE, Cedeño Gilces JE, Bravo Romero RT, Hidalgo Román JF, et al. Beneficios del uso de toxina botulínica en paciente pediátricos con parálisis espástica: serie de casos del Hospital de Niños «Dr. Roberto Gilbert Elizalde». *AVFT – Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*. 2018 Octubre; 37(4): 387–91.
7. Espinoza Diaz CI, Amaguaya Maroto G, Barrionuevo MC, Espinosa Moya J, Silva Acosta J, Angulo Procel A, et al. Prevalencia, factores de riesgo y características clínicas de la parálisis cerebral infantil. *AVFT – Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*. 2019 Diciembre; 38(6): 778–89.
8. Martínez-Caballero I, Chorbadian-Alonso G, Egea-Gámez RM, Pérez-Somarriba Moreno A, Prato de Lima CH, Martín-Gómez C, et al. Evaluation of function and limiting factors of gait disorder treatment in cerebral palsy: development of the Walking Abilities Levels Classification System. *Rev Neurol*. 2020 Oct 1; 71(7): 246–52.
9. Collado-Vazquez S. Análisis de la marcha humana con plataformas dinamométricas: influencia del transporte de carga. [Tesis Doctoral]. Madrid: Universidad Complutense de Madrid; 2014.
10. Miyoshi T, Shirota T, Yamamoto S-I, Nakazawa K, Akai M. Lower limb joint moment during walking in water. *Disabil Rehabil*. 2003 Nov 4; 25(21): 1219–23.
11. Osorio J henry, Valencia M hernando. Bases para el Entendimiento del Proceso de la Marcha Humana. *Arch Med*. 2013; 13(1): 88–96.
12. Peri E, Turconi AC, Biffi E, Maghini C, Panzeri D, Morganti R, et al. Effects of dose and duration of Robot-Assisted Gait Training on walking ability of children affected by cerebral palsy. *Technol Health Care*. 2017 Aug 9; 25(4): 671–81.
13. Ammann-Reiffer C, Bastiaenen CHG, Meyer-Heim AD, van Hedel HJA. Effectiveness of robot-assisted gait training in children with cerebral palsy: a bicenter, pragmatic, randomized, cross-over trial (PeLoGAIT). *BMC Pediatr*. 2017 Mar 2; 17(1): 64.
14. Colombo G, Joerg M, Schreier R, Dietz V. Treadmill training of paraplegic patients using a robotic orthosis. *J Rehabil Res Dev*. 2000 Nov-Dec; 37(6): 693–700.
15. Druzbecki M, Rusek W, Snela S, Dudek J, Szczepanik M, Zak E, et al. Functional effects of robotic-assisted locomotor treadmill therapy in children with cerebral palsy. *J Rehabil Med*. 2013 Apr; 45(4): 358–63.
16. Nicolini-Panisson RD, Donadio MVF. Timed «Up & Go» test in children and adolescents. *Rev Paul Pediatr*. 2013 Sep; 31(3): 377–83.
17. Sanchez A. El uso del kinovea para el analisis biomecanico desde una perspectiva cuantitativa. *TRANCES Rev Transm del Conoc Educ y la Salud*. 2018 Nov-Dic; 10(6): 725–38.
18. Gallego Antúnez A, Rodríguez Bonache MJ. Revisión sistemática de la eficacia del tratamiento combinado de fisioterapia junto con toxina botulínica tipo A en la espasticidad de miembros inferiores en niños con parálisis cerebral. *Rehabilitación*. 2016 ;50(2): 95–107.
19. Susana Lillo S, Mariana Haro D. Usos prácticos de la toxina botulínica en niños y adolescentes en medicina física y rehabilitación. *Rev Médica Clínica Las Condes*. 2014; 25(2): 209–23.
20. Sáinz-Pelayo MP, Albu S, Murillo N, Benito-Penalva J. Spasticity in neurological pathologies. An update on the pathophysiological mechanisms, advances in diagnosis and treatment. *Rev Neurol*. 2020 Jun; 70(12): 453–60.
21. Verazaluce-Rodríguez PR, Rodríguez-Martínez P, Neri-Gámez S, Hernández-Aquino RM. Evolución de la marcha en pacientes con parálisis cerebral y desplazamiento asistido, mediante su entrenamiento con equipo de asistencia robótica. *Rehabilitación*. 2014; 48(1): 3–8.
22. Borggraefe I, Schaefer JS, Klaiber M, Dabrowski E, Ammann-Reiffer C, Knecht B, et al. Robotic-assisted treadmill therapy improves walking and standing performance in children and adolescents with cerebral palsy. *Eur J Paediatr Neurol*. 2010 Nov; 14(6): 496–502.