



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN  
FUNDACIÓN TELETÓN MÉXICO A.C.

COMPARACIÓN DEL GASTO ENERGÉTICO, PARÁMETROS DE LA MARCHA Y  
EQUILIBRIO ESTÁTICO ENTRE EL USO DEL ANDADOR ANTERIOR Y  
POSTERIOR EN NIÑOS CON PARÁLISIS CEREBRAL TIPO DIPARESIA  
ESPÁSTICA.

TESIS

Para optar por el grado de  
MÉDICO ESPECIALISTA EN MEDICINA DE REHABILITACIÓN

PRESENTA:

Castillo Ortega Karla Mariana

TUTORES PRINCIPALES

Pérez Moreno Juan Carlos

Médico especialista en Medicina de Rehabilitación. Maestro en Ciencias.

Villanueva Ayala Demetrio

Ingeniero industrial con especialidad en Electrónica. Maestro y Doctor en Ciencias.

Calvo Valencia Grissell

Médico especialista en Medicina de Rehabilitación con alta especialidad en Rehabilitación  
Pediátrica.

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 28 de julio 2016



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

	<b>Fundación Teletón México A.C.</b>	
	<b>Universidad Teletón</b>	

## Índice:

Índice.....	2
Antecedentes científicos.....	3
Planteamiento del problema.....	5
Justificación.....	6
Objetivos.....	7
Hipótesis.....	8
Material y Método.....	9
Aspectos Éticos.....	15
Resultados.....	16
Discusión.....	25
Conclusión.....	27
Referencias bibliográficas.....	28
Anexos	
Anexo 1.....	30
Anexo 2.....	31
Anexo 3.....	32
Anexo 4.....	34
Anexo 5.....	35
Anexo 6.....	36
Anexo 7.....	37
Anexo 8.....	38
Anexo 9.....	39

	<b>Fundación Teletón México A.C.</b>	
	<b>Universidad Teletón</b>	

## I. Antecedentes científicos

La parálisis cerebral (PC) describe un grupo de trastornos del desarrollo del movimiento y la postura, que causan limitación en la actividad, y que se atribuyen a una alteración no progresiva que ocurre en un cerebro fetal o infantil en desarrollo. Los trastornos motores de la parálisis cerebral se acompañan frecuentemente de alteraciones en la sensación, cognición, comunicación, percepción, y/o comportamiento, y/o por crisis convulsivas (1).

Es la parálisis cerebral la causa más frecuente de discapacidad física pediátrica, con una incidencia en países desarrollados de 2-2.5 por 1000 recién nacidos vivos (2, 3). De acuerdo al INEGI, en México las personas que tienen algún tipo de discapacidad son el 5.1% de la población total en el año 2010 (4).

Existen muchas clasificaciones de la PC, la guía HELP de parálisis cerebral la clasifica basada en el cambio del tono muscular, las regiones anatómicas involucradas y la severidad del problema. Con lo que respecta al tono se clasifica en: espástica, discinética, hipotónica/atáxica y mixta. Siendo la PC espástica el tipo más común, abarcando hasta el 70-80% de todos los casos (5).

De acuerdo a su topografía la PC espástica la podemos clasificar en: hemiparesia, diparesia y cuadriparesia (6). Al menos 50% de los niños con PC espástica presentan una afectación topográfica del tono a las 4 extremidades con predominio a miembros pélvicos conocida como diparesia (5).

Hoy en día se clasifica a la PC de acuerdo a su independencia funcional en términos de función motora gruesa y función motora fina. Existen dos clasificaciones que reflejan esta tendencia: El sistema de clasificación de la función motora gruesa (GMFCS por sus siglas en inglés) (Anexo 1) y el sistema de clasificación de las habilidades manuales (MACS por sus siglas en inglés) (Anexo 2) (7).

Los auxiliares de marcha son diseñados con el objetivo de facilitar la marcha y prevenir caídas al proveer de un soporte mecánico externo, mejorando el equilibrio y estabilidad (8, 9). Conforme a la forma en la que se coloca al paciente el andador, se clasifican en: anteriores y posteriores (10).

El gasto energético (GE) durante la marcha en niños con PC espástica es significativamente mayor (40%) comparado con niños sanos (11, 12). La marcha asistida con andador tiene 200% más GE que una marcha sin auxiliares (13). Una marcha eficiente refleja un menor GE (14). La forma objetiva de medir el GE es el consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>) (15), sin embargo, se ha encontrado una buena correlación entre el VO<sub>2</sub> y el Índice de Gasto Energético (EEI, por sus siglas en inglés) en niños con PC tipo diparesia espástica (16).

Con lo que respecta a los parámetros temporales-espaciales: En niños sin discapacidad, la velocidad de marcha tiende a aumentar con la edad; mientras que en niños con PC ésta no varía

	<p><b>Fundación Teletón México A.C.</b></p>	
	<p><b>Universidad Teletón</b></p>	

con la edad. Por lo tanto, la velocidad de marcha es trascendental al compararla entre andadores. La velocidad auto-seleccionada se encontró ser significativamente menor para niños con PC comparado con niños sanos (17).

El control del equilibrio es un componente esencial del movimiento humano. Para mantener un equilibrio estático en bipedestación, una persona debe confinar el centro de masa (CoM por sus siglas en inglés) dentro de su base de sustentación (BoS por sus siglas en inglés) (18, 19); la capacidad para confinarlo se evalúa por el desplazamiento del centro de presión (CoP por sus siglas en inglés) (20). La inestabilidad postural puede resultar cuando el CoM se desplaza en relación con la BoS (18). Por lo tanto, la evaluación del control postural se basa generalmente en la relación del CoP y el CoM (21).

De acuerdo a los estudios descritos, Logan et al. (1990) reportó que el andador posterior mejoraba la alineación postural durante la marcha y las características de la marcha en niños con parálisis cerebral (10). Mattsson et al. (1997) no encontró diferencias en las variables medidas al caminar entre el andador anterior y posterior en niños con PC, y mencionó que los niños preferían el andador posterior, sobre el anterior (17). Y por último Park et al (2001) demostró que con el análisis de marcha y el medir el consumo de oxígeno, el andador posterior tiene más ventajas que el andador anterior en términos de una posición más erecta y mayor conservación de energía (22). Por lo tanto, existe poca evidencia documentada de que algún tipo de andador ofrezca una ventaja en mejorar la postura, normalizar los patrones de marcha y dar mayor seguridad durante la deambulación (10).

	<p><b>Fundación Teletón México A.C.</b></p>	
<p><b>Universidad Teletón</b></p>		

## II. Planteamiento del problema

Las alteraciones motoras en niños con PC comprenden problemas primarios derivados directamente de la lesión del sistema nervioso central como hipertonia, paresia muscular, alteraciones del control motor selectivo y del equilibrio. Los problemas secundarios corresponden a acortamientos musculotendinosos, retracciones articulares y torsiones óseas que se desarrollan lentamente a lo largo del tiempo y son derivados de los trastornos motores primarios y del crecimiento (23, 24).

Tradicionalmente, los andadores anteriores han sido utilizados como un auxiliar de marcha en niños con PC. Sin embargo, un niño que usa un andador anterior tiene la tendencia a inclinación anterior del tronco y una flexión excesiva de cadera y rodilla al empujar el andador, comprometiendo la integridad de éstas y su alineación, lo que favorece el desarrollo de contracturas musculares, disminución de los arcos de movilidad articular y mayor gasto energético. Además de que existe la posibilidad de perder el equilibrio y presentar caídas (17, 22).

El andador posterior es diseñado para posicionarse detrás del niño, con las agarraderas a los lados, facilitando una posición más erecta y por consiguiente una marcha con menor consumo de oxígeno (17, 22).

Por lo que nos planteamos la siguiente pregunta: ¿Qué tipo de andador es el más indicado en niños con diparesia espástica Gross Motor III de acuerdo al gasto energético, parámetros de la marcha y equilibrio estático?.

	<p><b>Fundación Teletón México A.C.</b></p>	
	<p><b>Universidad Teletón</b></p>	

### III. Justificación

La marcha es una compleja actividad humana, importante para la calidad de vida, y la participación en la vida social y económica (24, 25). Muchos niños con PC presentan dificultades para caminar de forma independiente (17, 22).

El tener una movilidad restringida, evita el adecuado fortalecimiento muscular; traduciéndose en un deterioro musculo-esquelético, porque se impide el crecimiento muscular acorde al crecimiento óseo, ocasionándole torsiones óseas y contracturas articulares que alteran las palancas y con ello, la postura y la eficiencia del movimiento. Además de que se produce interferencia en el aprendizaje y experiencias sensoriales necesarias para el adecuado desarrollo psicomotor, pudiendo provocar un retraso no solo motor, sino global en el desarrollo del niño (26).

El uso de auxiliares de la marcha (andadores) en niños con PC mejoran la movilidad del niño, sin embargo, la selección inadecuada de un andador puede contribuir al desarrollo de una mayor discapacidad o lesión por las fuerzas potencialmente excesivas en el cuerpo y un mayor gasto energético (18).

Actualmente la decisión del tipo de andador utilizado se basa en valoraciones clínicas, por lo que el realizar este estudio permitirá investigar de forma cuantificable que tipo de andador es el más adecuado para estos pacientes. Lo que tendrá trascendencia en la salud no solo al realizar una marcha más eficiente, con menor gasto energético y prevención de caídas, sino también, el permitir una mayor movilidad se traducirá en un mejor desarrollo psicomotor, prevención de contracturas y mejor alineación de la postura. En lo social, permitirá una mayor interacción del niño con el medio ambiente promoviendo la inclusión familiar, social, escolar y posteriormente laboral, así como mayor independencia en sus actividades de la vida diaria. Además tendrá menor repercusión económica al solicitarse el andador más adecuado desde un inicio (17, 18, 26).

Y en el ámbito clínico, este nuevo conocimiento se podría utilizar para una prescripción de los andadores basado en evidencia, repercutiendo no solo en los pacientes que participan en el estudio, sino en todos los niños que tienen esa misma condición en este CRIT y en otros lugares de México.

	<b>Fundación Teletón México A.C.</b>	
	<b>Universidad Teletón</b>	

## IV. Objetivos

### OBJETIVO GENERAL:

Comparar el uso del andador anterior y posterior en niños con parálisis cerebral tipo diparesia espástica.

### OBJETIVOS ESPECIFICOS:

1. Medir el gasto energético en niños sanos mediante el Índice de gasto energético.
2. Comparar el gasto energético en niños con parálisis cerebral tipo diparesia espástica Gross Motor III al usar andador anterior y posterior.
3. Comparar la cinemática de la rodilla en el plano sagital en niños con parálisis cerebral tipo diparesia espástica Gross Motor III, al usar andador anterior y posterior.
4. Medir los parámetros de velocidad, cadencia, longitud de zancada, ancho de paso, periodo de oscilación y periodo de apoyo en niños sanos.
5. Comparar parámetros de velocidad, cadencia, longitud de zancada, ancho de paso, periodo de oscilación y periodo de apoyo en niños con parálisis cerebral tipo diparesia espástica Gross Motor III, al usar andador anterior y posterior.
6. Medir el equilibrio estático en niños sanos con ojos abiertos y ojos cerrados.
7. Comparar el equilibrio estático en niños con parálisis cerebral tipo diparesia espástica Gross Motor III, al usar andador anterior y posterior con ojos abiertos y ojos cerrados.



	<p><b>Fundación Teletón México A.C.</b></p>	
<p><b>Universidad Teletón</b></p>		

## V. Hipótesis

### **HIPÓTESIS ALTERNA (H1)**

Los niños con parálisis cerebral Gross Motor III tipo diparesia espástica que utilizan andador posterior realizan una marcha más eficiente en base al gasto energético, la cinemática, parámetros temporales-espaciales y equilibrio estático comparados con los que utilizan andador anterior.

### **HIPÓTESIS NULA (H0)**

Los niños con parálisis cerebral Gross Motor III tipo diparesia espástica que utilizan andador posterior no realizan una marcha más eficiente en base al gasto energético, la cinemática, los parámetros temporales-espaciales y equilibrio estático comparados con los que utilizan andador anterior.

	<b>Fundación Teletón México A.C.</b>	
	<b>Universidad Teletón</b>	

## VI. Material y Método

### 1. LUGAR DONDE SE REALIZÓ EL ESTUDIO

En el área de canchas y Laboratorio de Análisis de Marcha y Movimiento del Centro de Rehabilitación e Inclusión Infantil Teletón del Estado de México con la clínica 1A de Lesión cerebral.

Los pacientes ingresaron al Centro previa valoración que analizó cumplimiento de criterios de ingreso a la institución y a la clínica correspondiente.

### 2. DISEÑO

Observacional, transversal, comparativo y prospectivo.

#### 2.2 GRUPOS DE ESTUDIO

- Pacientes (casos):

GRUPO AA (andador anterior): Pacientes con parálisis cerebral tipo diparesia espástica gross motor III del CRIT Estado de México con previo entrenamiento en andador anterior de al menos 1 mes en un rango de edad entre 4-10 años.

GRUPO AP (andador posterior): Pacientes con parálisis cerebral tipo diparesia espástica gross motor III del CRIT Estado de México con previo entrenamiento en andador posterior de al menos 1 mes en un rango de edad entre 4-10 años.

- Niños sanos (control): Se realizó un tercer grupo con el objetivo de tener una referencia de la condición normal de éstos parámetros.

GRUPO C (control): Niños sanos en un rango de edad entre 4-10 años.

- Muestra: por Cuotas.

#### A. CRITERIOS DE SELECCIÓN:

GRUPO DE PACIENTES (CASOS):

##### 1) Criterios de inclusión:

- Pacientes con parálisis cerebral tipo diparesia espástica diagnosticada.

	<p align="center"><b>Fundación Teletón México A.C.</b></p>	
	<p align="center"><b>Universidad Teletón</b></p>	

- Nivel III de la GMFCS.
- Nivel I ó II de MACS.
- Que tuvieran la capacidad de seguir instrucciones sencillas.
- Que tuvieran entrenamiento previo en andador anterior o posterior mínimo de 1 mes.
- Pudieran caminar con un andador por lo menos 6 minutos.
- Con o sin órtesis de miembros pélvicos.

**2) Criterios de Exclusión:**

- Crisis convulsivas descontroladas.
- Déficit visual importante.
- Cirugía ortopédica en miembros inferiores en los últimos 6 meses.
- Aplicación de toxina botulínica de miembros inferiores en los últimos 6 meses.
- Contractura de isquiotibiales mayor a 60°.
- Arcos de movilidad con rezago extensor de rodilla mayor de -15° y equino mayor de 15°.
- Contraindicación cardiovascular para la marcha.
- Tono en escala de Ashworth modificado mayor de 2.

**3) Criterios de eliminación:**

- Que abandonaran el estudio.
- Que no acudieran a cita programada.
- Que fueran dados de baja o de alta del CRIT Estado de México durante la realización del protocolo.

**GRUPO DE SANOS (CONTROL):**

**1. Criterios de inclusión:**

- Niños sanos en rango de edad de 4-10 años.

**2. Criterios de eliminación:**

- Niños que decidieron retirarse del estudio.
- Niños que no acudieron a citas programadas.

**2.3 TIPO DE MUESTREO**

No Probabilístico

	<b>Fundación Teletón México A.C.</b>	
	<b>Universidad Teletón</b>	

#### 2.4 DEFINICION DE LAS VARIABLES.

	Variable	Tipo	Definición conceptual	Definición operacional	Clasificación operacional	Unidad de Medida
DEPENDIENTE						
Parámetros Temporales-Espaciales	Cadencia	Cuantitativa	Número de pasos por minuto	Número de pasos por minuto	Discreta	Pasos/min
	Velocidad	Cuantitativa	Distancia recorrida por unidad de tiempo	Distancia en metros recorridos por segundo	Continua	m/seg
	Longitud de zancada	Cuantitativa	Distancia entre dos contactos sucesivos del talón del mismo pie	Distancia entre dos contactos sucesivos del talón del mismo pie	Continua	Metros (m)
	Ancho de paso	Cuantitativa	Distancia lineal en metros entre la prominencia de ambos calcáneos de los pies.	Distancia lineal en metros entre la prominencia de ambos calcáneos de los pies	Continua	Metros (m)
	Periodo de oscilación	Cuantitativa	Se produce mientras el pie derecho está en el aire, en avance hacia delante para el siguiente contacto con el suelo (desde el despegue de los dedos hasta el siguiente contacto del talón derecho).	Desde el despegue de los dedos hasta el siguiente contacto del talón derecho	Continua	Porcentaje (%)
	Periodo de apoyo	Cuantitativa	Se produce mientras el pie derecho está en el suelo sosteniendo el peso del cuerpo (desde el contacto del talón derecho con el suelo hasta el despegue de los dedos del pie)	Desde el contacto del talón derecho con el suelo hasta el despegue de los dedos del pie	Continua	Porcentaje (%)
	Doble apoyo	Cuantitativa	Porcentaje del ciclo de la marcha en el que ambos pies están en contacto con el suelo al mismo tiempo.	Porcentaje del ciclo de la marcha en el que ambos pies están en contacto con el suelo al mismo tiempo.	Continua	Porcentaje (%)
Cinemática de rodilla	Flexión de rodilla	Cuantitativa	Arco de movimiento de la rodilla en el cual el fémur y la tibia se aproximan en un plano sagital.	Arco de movilidad de la rodilla durante la flexión	Continua	Grados

	<b>Fundación Teletón México A.C.</b>		
	<b>Universidad Teletón</b>		

	Extensión de rodilla	Cuantitativa	Arco de movimiento de la rodilla en el cual el fémur y la tibia se alejan en un plano sagital.	Arco de movilidad de la rodilla durante la extensión	Continua	Grados
Equilibrio estático	Recorrido del centro de presión.	Cuantitativa	Desplazamiento de la proyección del centro de masa en la base de soporte	Sumatoria del recorrido del centro de presión.	Continua	Metros (m)
	Recorrido del centro de masa corporal	Cuantitativa	Desplazamiento vertical y medio-lateral del centro de masa corporal	Desplazamiento vertical y medio-lateral del centro de masa corporal	Continua	Milímetros (mm)
Gasto energético	Medición de la frecuencia cardiaca en reposo	Cuantitativa	Promedio de Frecuencia Cardiaca medida en un periodo de 2 minutos (minuto 6 y 7) después de que los pacientes estuvieron sentados por al menos 5 minutos	Promedio de Frecuencia Cardiaca medida en un periodo de 2 minutos (minuto 6 y 7) después de que los pacientes estuvieron sentados por al menos 5 minutos	Discreta	Latidos/minuto
	Medición de la frecuencia cardiaca al final de la prueba	Cuantitativa	Tomada en los minutos 4 y 5 de una deambulacion de 6 minutos a una velocidad autoseleccionada	Tomada en los minutos 4 y 5 de una deambulacion de 6 minutos a una velocidad autoseleccionada	Discreta	Latidos/minuto
	Distancia recorrida	Cuantitativa	Metros caminados al final de los 6 minutos	Metros caminados al final de los 6 minutos	Continua	Metros (m)
	Velocidad	Cuantitativa	Metros caminados por min	Metros caminados por min al final de los 6 minutos	Continua	Metros/minuto (m/min)
<b>INDEPENDIENTE</b>						
Andador	Tipo de andador	Cualitativa	Auxiliar de la marcha	Auxiliar de la marcha de 4 puntos que puede ser de entrada anterior o posterior	Nominal	Anterior o posterior

## 2.5 DESCRIPCION GENERAL DEL ESTUDIO.

Previo autorización del Comité de Investigación y del Comité de Ética; se identificaron pacientes que cumplieron criterios de inclusión por interrogatorio clínico realizado por médico especialista en rehabilitación.

Al momento, se contó en la clínica de lesión cerebral con un universo de 309 pacientes con parálisis cerebral de los cuales 45 tenían parálisis cerebral tipo diparesia espástica Gross Motor III de donde se seleccionó a los pacientes de acuerdo a los criterios de inclusión y exclusión.

	<b>Fundación Teletón México A.C.</b>	
	<b>Universidad Teletón</b>	

El investigador principal invitó a participar en el estudio a los pacientes que cumplieron criterios de inclusión mediante llamada telefónica o bien, de manera personal. Los padres o tutores que aceptaron y autorizaron la participación, se les citó para entrevistarlos y pedirles que firmaran la carta de consentimiento informado (Anexo 3) y carta compromiso de confidencialidad (Anexo 4) explicando y resolviendo dudas del estudio planeado.

Se seleccionaron niños sanos de acuerdo a criterios de inclusión y se les invitó a participar en el estudio mediante vía telefónica o bien, de manera personal. Los padres o tutores que aceptaron y autorizaron la participación, se les citó para entrevistarlos y pedirles que firmaran la carta de consentimiento informado y carta compromiso de confidencialidad explicando y resolviendo dudas del estudio planeado con el objetivo de tener una referencia de la condición normal de éstos parámetros.

Se agendó una cita para análisis de movimiento en el CRIT Estado de México:

Una vez que los pacientes aceptaron su participación en el protocolo, se formaron tres grupos:

- Grupo AA se denominó a los pacientes con entrenamiento previo de andador anterior.
- Grupo AP a los pacientes con entrenamiento previo de andador posterior.
- Grupo C a los niños sanos.

En un inicio pasaron al servicio de enfermería en donde se les pidió a los padres retiraran la ropa exterior del paciente y le colocaran bata de exploración. Se realizó toma de peso en báscula de silla marca SECA® y se midió la talla mediante cinta métrica en decúbito supino en camilla por parte de enfermería.

Se les pidió a los participantes pasaran al laboratorio de marcha, en donde se les realizó una exploración física por parte del investigador principal (Anexo 5) incluyendo: Medición de longitud de miembros pélvicos, amplitud de los arcos de movilidad de cadera, rodilla y tobillo, presencia de espasticidad mediante Escala Modificada de Tardieu (Anexo 6), presencia de contracturas de miembros pélvicos, reflejos de estiramiento muscular (Anexo 7), reflejos patológicos y función de miembros superiores mediante escala de MACS.

Con el objetivo de describir la trayectoria de los miembros inferiores durante toda la realización de la tarea, se les colocó a los pacientes del Grupo AA, AP y C mediante cinta adhesiva 15 marcadores reflejantes localizados en a) espina iliaca anterosuperior derecha e izquierda, b) apófisis espinosa sacra 2, c) trocánter mayor del fémur derecho e izquierdo, d) línea interarticular externa de rodilla derecha e izquierda, e) segmento tibial derecho e izquierdo, f) calcáneo derecho e izquierdo, g) cabeza de 5° metatarsiano derecho e izquierdo y h) 1° orjejo de ambos pies. Adicionalmente a los grupos AA y AP se les colocaron 4 marcadores más en cada rueda del andador (Anexo 8).

El andador de este estudio fue el andador tipo NIMBO® junior con mecanismos para usarlo tanto como andador anterior como posterior proporcionado por el departamento de terapia física del CRIT Estado de México (Anexo 9).

Para el registro cinemático de la marcha y parámetros temporales-espaciales, a los grupos AA y AP se les solicitó realizar deambulaci3n asistida con el andador previamente entrenado a una velocidad auto-seleccionada sin 3rtesis, hasta la obtenci3n de al menos 2 capturas v3lidas de la

	<p><b>Fundación Teletón México A.C.</b></p>	
	<p><b>Universidad Teletón</b></p>	

marcha. Al grupo C se le pidió realizar marcha a una velocidad auto-seleccionada hasta la obtención de al menos 2 capturas válidas de la marcha.

Para evaluar el equilibrio estático del niño mediante el centro de presión y centro de masa, se posicionó por individual en una plataforma de fuerza y se pidió mantenerse estático durante 30 segundos con los ojos abiertos, y 30 segundos con los ojos cerrados para el grupo C. En el caso de los grupos AA y AP cada paciente realizó éste mismo procedimiento con ojos abiertos y ojos cerrados, con el andador previamente entrenado.

Por último para evaluar de forma indirecta el consumo de oxígeno mediante el EEI, se solicitó a los participantes de los grupos AA, AP y C acudir al área de las canchas del CRIT. El EEI (latidos/m) se calculó al restar la frecuencia cardíaca (FC) durante la actividad (latidos/min) menos la FC en reposo dividido entre la velocidad (m/min).

Se mantuvo en reposo al niño durante 7 minutos. Mediante un sensor de frecuencia cardíaca tipo Polar®, se midió la frecuencia cardíaca en reposo, la cual se calculó como el promedio de FC en los minutos 6 y 7. Posteriormente se les alentó a caminar a una velocidad auto-seleccionada por 6 minutos (grupo AA con andador anterior, grupo AP con andador posterior y grupo C sin auxiliar). Se midió la frecuencia cardíaca en el minuto 4 y 5 de la caminata, se calculó el promedio y éste se consideró como la frecuencia cardíaca durante la actividad. Al término de los 6 minutos se le dejó al niño nuevamente en reposo durante 10 minutos hasta que la FC regresó a su estado basal. La velocidad se calculó como los metros por minuto deambulados.

Posteriormente todos los datos obtenidos se colocaron en un documento de Excel para su interpretación y análisis.

	<b>Fundación Teletón México A.C.</b>	
	<b>Universidad Teletón</b>	

## VII. Aspectos Éticos

En referencia a los aspectos éticos, el estudio se apegó a las normas nacionales e internacionales sobre la Investigación Clínica en Humanos (Declaración de Helsinki, Finlandia), que ha sido promulgada por la Asociación Médica Mundial y a los lineamientos éticos y de investigación del Centro de Rehabilitación e Inclusión Infantil Teletón del Estado de México.

Se incluyó hoja de consentimiento informado a los participantes del estudio donde se especificó los objetivos del estudio, manteniéndose la confidencialidad de los datos y en resguardo únicamente por el investigador principal.

La Ley General de Salud en materia de investigación para la salud en México en el TÍTULO SEGUNDO de los aspectos éticos de la investigación en seres humanos CAPÍTULO I Disposiciones comunes ARTÍCULO 14 La investigación en seres humanos deberá desarrollarse conforme a las siguientes bases: I. ARTÍCULO 17.- Se considera como riesgo de la investigación a la probabilidad de que el sujeto de investigación sufra algún daño como consecuencia inmediata o tardía del estudio. Para efectos de este Reglamento, esta investigación se clasificó en la siguiente categoría:

I. Investigación con riesgo mínimo: Estudios prospectivos que emplean el riesgo de datos a través de procedimientos comunes en exámenes físicos o psicológicos de diagnósticos o tratamiento rutinarios, entre los que se consideran: pesar al sujeto, pruebas de agudeza auditiva; electrocardiograma, tomografía, colección de excretas y secreciones externas, obtención de placenta durante el parto, colección de líquido amniótico al romperse las membranas, obtención de saliva, dientes deciduales y dientes permanentes extraídos por indicación terapéutica, placa dental y cálculos removidos por procedimiento profilácticos no invasores, corte de pelo y uñas sin causar desfiguración, extracción de sangre por punción venosa en adultos en buen estado de salud, con frecuencia máxima de dos veces a la semana y volumen máximo de 450 ml. en dos meses, excepto durante el embarazo, ejercicio moderado en voluntarios sanos, pruebas psicológicas a individuos o grupos en los que no se manipulará la conducta del sujeto, investigación con medicamentos de uso común, amplio margen terapéutico, autorizados para su venta, empleando las indicaciones, dosis y vías de administración establecidas y que no sean los medicamentos de investigación que se definen en el artículo 65 de este Reglamento, entre otros, y la información fue manejada confidencialmente.



	<b>Fundación Teletón México A.C.</b>	
	<b>Universidad Teletón</b>	

## VIII. Resultados

Se realizó un análisis univariado de las variables antropométricas utilizando como medida de tendencia central la media, y como medida de dispersión la desviación estándar. Y mediante el programa GraphPad Prism 4 un análisis bivariado para evaluar si había diferencia estadísticamente significativa al comparar valores entre los dos grupos de andadores utilizando estadística no paramétrica mediante la prueba de U de Mann Whitney. Se consideró un valor de significancia estadística de  $p < 0.05$ .

El estudio incluyó 15 pacientes con parálisis cerebral tipo diparesia espástica los cuales se dividieron en dos grupos: Grupo AA (andador anterior) con 8 pacientes (4 mujeres y 4 hombres), edad media de 6 años 5 meses (rango 4 años-9 años 10 meses), peso promedio de 18.38 kg (rango 11.2-29.2kg), talla promedio de 1.09m (rango 0.91-1.24m) e Índice de Masa Corporal (IMC) promedio de 14.95 (rango 12.23-18.99). Grupo AP (andador posterior) con 7 pacientes (masculinos), edad media de 6 años 7 meses (rango 4 años 7 meses-10 años 6 meses), peso promedio de 17.81kg (rango 12.7-29.1kg), talla promedio de 1.08m (rango 0.92-1.13m) e IMC promedio de 14.68 (rango 13.35-17.22). (Tabla 1).

Además de 15 niños sanos como Grupo C (grupo control) conformado por 5 mujeres y 10 hombres, edad media de 7 años 5 meses (rango 4 años 4 meses-10 años), peso promedio 24.74kg (rango 16-40.8kg), talla promedio 1.24m (rango 1.04-1.39m) e IMC de 15.66 (rango 12.41-21.12). (Tabla 1).

<b>Tabla 1.</b>			
<b>Promedio (DE)</b>			
	<b>Anterior (Grupo AA)</b>	<b>Posterior (Grupo AP)</b>	<b>Sanos (Grupo C)</b>
<b>Numero</b>	8	7	15
<b>Género</b>	4 mujeres/ 4 hombres	7 hombres	5 mujeres/ 10 hombres
<b>Edad</b>	6 años 5 meses ( $\pm 2$ años)	6 años 7 meses ( $\pm 1$ año 8 meses)	7 años 5 meses ( $\pm 2$ años 1 mes)
<b>Peso</b>	18.38kg ( $\pm 5.89$ )	17.81kg ( $\pm 5.59$ )	24.74kg ( $\pm 7.2$ )
<b>Talla</b>	1.09m ( $\pm 0.11$ )	1.08m ( $\pm 0.12$ )	1.24m ( $\pm 0.12$ )
<b>IMC</b>	14.95 ( $\pm 1.95$ )	14.68 ( $\pm 1.39$ )	15.66 ( $\pm 2.35$ )

Tabla 1. Descripción por grupos de la n (número de personas) y datos antropométricos. DE (desviación estándar), IMC (índice de masa corporal), kg (kilogramos), m (metros).

	<b>Fundación Teletón México A.C.</b>	
	<b>Universidad Teletón</b>	

### PARÁMETROS TEMPORALES Y ESPACIALES.

En los parámetros temporales y espaciales de las extremidades pélvicas no se identificaron diferencias significativas por lo que se decidió tomar el promedio de ambas extremidades para medir los resultados.

El promedio de la velocidad de la marcha en el grupo con andador anterior fue de 0.31m/s ( $\pm 0.15$ ) contra 0.28m/s ( $\pm 0.17$ ) en el grupo de andador posterior que, aunque no fue significativo ( $p=0.6943$ ), la media es mayor para aquellos pacientes que utilizaron el andador anterior (Tabla 2).

En la misma tabla 2, se observa que la media de la cadencia en el grupo con andador anterior fue de 95.21 pasos/min ( $\pm 34.96$ ), mayor que el de los pacientes del grupo con andador posterior que fue de 85.28 pasos/min ( $\pm 29.16$ ), aunque no hubo diferencia significativa ( $p=0.6126$ ).

Finalmente, en la tabla 2 también se muestra la media del ancho de paso la cual fue menor en la población del grupo con andador anterior de 0.232m ( $\pm 0.032$ ), en relación al grupo con andador posterior de 0.254m ( $\pm 0.047$ ), aunque la diferencia tampoco fue significativa ( $p=0.3969$ ).

<b>Tabla 2.</b>			
<b>PARAMETROS TEMPORALES-ESPACIALES</b>			
	Promedio (DE)		
	Cadencia (pasos/min)	Ancho de paso (m)	Velocidad (m/s)
<b>Anterior</b>	95.21 ( $\pm 34.96$ )	0.232 ( $\pm 0.032$ )	0.31 ( $\pm 0.15$ )
<b>Posterior</b>	85.28 ( $\pm 29.16$ )	0.254 ( $\pm 0.047$ )	0.28 ( $\pm 0.17$ )
	<b>p=0.6126</b>	<b>p=0.3969</b>	<b>p=0.6943</b>
Valor de p significativo (<0.05)*			

Tabla 2. Muestra los parámetros temporales-espaciales de cadencia, ancho de paso y velocidad entre el grupo de andador anterior y el grupo de andador posterior. DE (desviación estándar). min (minuto). m (metro). s (segundo).

	<b>Fundación Teletón México A.C.</b>	
	<b>Universidad Teletón</b>	

En la tabla 3 se muestra el porcentaje de la fase de apoyo el cual fue de 63.67% ( $\pm 7.28$ ) y la fase de oscilación que fue de 36.32% ( $\pm 7.31$ ) para el grupo que utilizó el andador anterior, contra un aumento en el porcentaje de la fase de apoyo de 67.43% ( $\pm 8.15$ ) y disminución de la fase de oscilación de 32.37% ( $\pm 8.43$ ) en el grupo con andador posterior, sin llegar a ser significativo ( $p=0.2201$  para el periodo de apoyo y  $p=0.2362$  para el periodo de oscilación).

Así también, en la tabla 3, se muestra la media de la longitud de zancada la cual fue favorable para la población que usó el andador anterior con 0.40m ( $\pm 0.07$ ) en relación a la población del andador posterior de 0.36m ( $\pm 0.13$ ), sin ser significativa ( $p=0.394$ ).

Por último, se muestra en la misma tabla 3, el porcentaje promedio del apoyo doble, siendo discretamente mayor en la población con uso de andador posterior de 16.46 ( $\pm 8.38$ ), en relación a la población con uso de andador anterior de 14.51 ( $\pm 6.68$ ), no siendo significativa ( $p=0.6326$ ).

<b>Tabla 3.</b>				
<b>PARÁMETROS TEMPORALES-ESPACIALES</b>				
Promedio (DE)				
	Apoyo (%)	Oscilación (%)	Apoyo doble (%)	Longitud zancada (m)
<b>Anterior</b>	63.67 ( $\pm 7.28$ )	36.32 ( $\pm 7.31$ )	14.51 ( $\pm 6.68$ )	0.40 ( $\pm 0.07$ )
<b>Posterior</b>	67.43 ( $\pm 8.15$ )	32.37 ( $\pm 8.43$ )	16.46 ( $\pm 8.38$ )	0.36 ( $\pm 0.13$ )
	$p=0.2201$	$p=0.2362$	$p=0.6326$	$p=0.394$
Valor de p significativo ( $<0.05$ )*				

*Tabla 3. Muestra los parámetros temporales-espaciales de periodo de apoyo, periodo de oscilación, doble apoyo y longitud de zancada entre el grupo de andador anterior y el grupo de andador posterior. DE (desviación estándar). % (porcentaje). m (metro).*

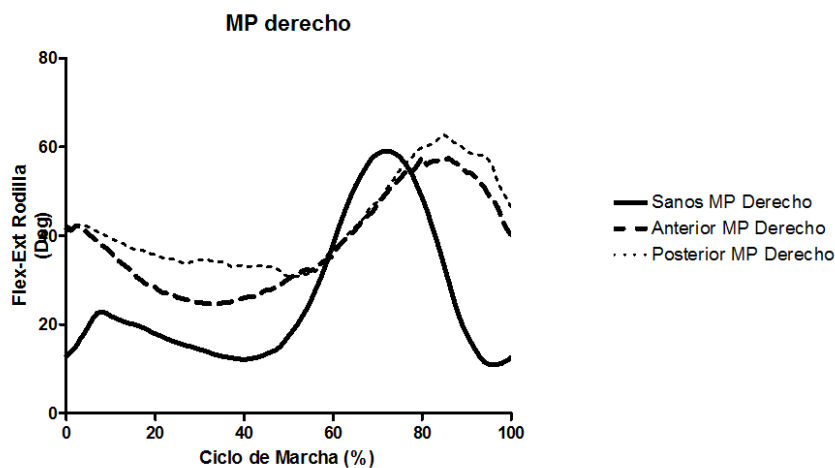


### CINEMÁTICA DE RODILLA

En las gráficas 1 y 2 se observa que el rango de movimiento de la rodilla en el grupo de andador anterior y el grupo de andador posterior se encontró disminuido con respecto a la población del grupo control.

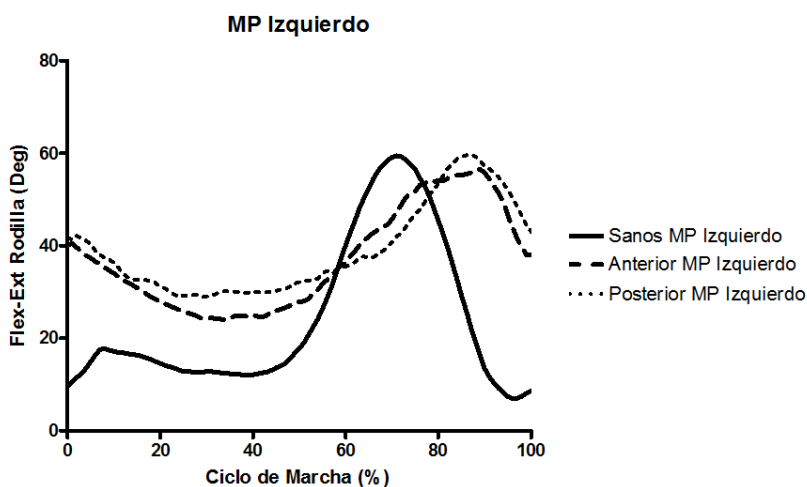
Al comparar los 2 grupos que utilizaron andadores, se obtuvieron 10 grados de diferencia durante la fase de apoyo medio con mayor limitación a la extensión para el grupo de andador posterior (gráficas 1 y 2).

Gráfica 1.



Gráfica 1. Se observa la cinemática de rodilla derecha en el plano sagital de los tres diferentes grupos durante todo el ciclo de la marcha. MP (miembro pélvico), Flex (flexión), Ext (extensión), Deg (grados), % (porcentaje).

Gráfica 2.



Gráfica 2. Se observa la cinemática de rodilla izquierda en el plano sagital de los tres diferentes grupos durante todo el ciclo de la marcha. MP (miembro pélvico), Flex (flexión), Ext (extensión), Deg (grados), % (porcentaje).

	<b>Fundación Teletón México A.C.</b>	
	<b>Universidad Teletón</b>	

## EQUILIBRIO ESTÁTICO

### Centro de presión

En el recorrido del centro de presión, se calculó la relación de ojos abiertos contra ojos cerrados y el resultado fue el valor a comparar entre el grupo de andador anterior y grupo de andador posterior.

Para la población que utilizó el andador anterior la relación del recorrido fue de 0.976 ( $\pm 0.116$ ), mientras que para la que uso el andador posterior fue de 0.978 ( $\pm 0.184$ ), no encontrando diferencia significativa ( $p=0.4634$ ) entre ambos grupos de uso de andador (Tabla 4).

<b>Tabla 4.</b>	
<b>RELACIÓN DEL RECORRIDO DEL CENTRO DE PRESIÓN CON OJOS ABIERTOS Y OJOS CERRADOS (m/m: adimensional)</b>	
<b>Promedio (DE)</b>	
<b>Anterior</b>	0.976 ( $\pm 0.116$ )
<b>Posterior</b>	0.978 ( $\pm 0.184$ )
	$p=0.4634$
Valor de p significativo ( $<0.05$ )*	

Tabla 4. Muestra la relación del recorrido del centro de presión con ojos abiertos y ojos cerrados entre el grupo de andador anterior y el grupo de andador posterior. DE (desviación estándar). m (metro).

	<b>Fundación Teletón México A.C.</b>	
	<b>Universidad Teletón</b>	

### Centro de Masa

Con respecto a la trayectoria del centro de masa, también se calculó la relación de ojos abiertos contra ojos cerrados y el resultado fue el valor a comparar entre la población del andador anterior y el andador posterior.

Para el grupo que usó el andador anterior la relación de la trayectoria fue de 1.191 ( $\pm 0.534$ ), mientras que para el grupo de andador posterior fue de 1.198 ( $\pm 0.683$ ), resultando sin diferencia significativa ( $p=0.8665$ ) entre ambos grupos de uso de andador (Tabla 5).

<b>Tabla 5.</b> <b>RELACIÓN DE LA TRAYECTORIA DEL CENTRO DE MASA</b> <b>CON OJOS ABIERTOS Y OJOS CERRADOS</b> <b>(mm/mm: adimensional)</b>	
<b>Promedio (DE)</b>	
<b>Anterior</b>	1.191 ( $\pm 0.534$ )
<b>Posterior</b>	1.198 ( $\pm 0.683$ )
	$p=0.8665$
Valor de p significativo ( $<0.05$ )*	

Tabla 5. Muestra la relación de la trayectoria del centro de masa con ojos abiertos y ojos cerrados entre el grupo de andador anterior y el grupo de andador posterior. DE (desviación estándar). mm (milímetros).

	<b>Fundación Teletón México A.C.</b>	
	<b>Universidad Teletón</b>	

## GASTO ENERGÉTICO

La tabla 6 muestra las variables estudiadas durante la prueba de 6 minutos para obtener el gasto energético.

La frecuencia cardiaca (FC) en reposo fue de 108 lat/min ( $\pm 14.36$ ) para el grupo con andador anterior y de 106.357 lat/min ( $\pm 6.74$ ) para el grupo con andador posterior. La FC durante la actividad fue de 144.68 lat/min ( $\pm 14.02$ ) para los que utilizaron andador anterior y de 140.71 lat/min ( $\pm 25.39$ ) para el grupo con andador posterior. Por lo tanto, la FC en reposo como la FC en la actividad fue mayor para el grupo que usó andador anterior aunque no fue significativa (FC en reposo  $p=0.4634$  y FC durante la actividad  $p=0.6943$ ).

En cuanto a la distancia recorrida durante los 6 minutos, ésta fue mayor para el grupo con andador anterior, la cual fue de 139.56m ( $\pm 19.48$ ), en comparación con 128.81m ( $\pm 55.96$ ) para los niños que usaron andador posterior, aunque sin significancia estadística ( $p=0.5358$ ).

La velocidad fue de 23.25 m/min ( $\pm 3.24$ ) para la población con andador anterior, siendo menor para el grupo con andador posterior con 21.46 m/min ( $\pm 9.32$ ), mostrando aumento en la velocidad (aunque sin significancia estadística  $p=0.5358$ ) para los pacientes que utilizaron el andador anterior.

Mientras que el gasto energético (EEI) fue mayor para el grupo de andador posterior con 1.67 lat/m ( $\pm 0.82$ ) y menor para los que usaron el andador anterior con 1.59 lat/m ( $\pm 0.78$ ), demostrando más gasto energético en aquellos pacientes con andador posterior. También sin significancia estadística ( $p=1$ ).

<b>Tabla 6.</b>					
<b>GASTO ENERGÉTICO</b>					
	Promedio (DE)				
	FC reposo	FC actividad	Distancia (m)	Velocidad (m/min)	EEI (lat/m)
<b>Anterior</b>	108 ( $\pm 14.36$ )	144.68 ( $\pm 14.02$ )	139.56 ( $\pm 19.48$ )	23.25 ( $\pm 3.24$ )	1.59 ( $\pm 0.78$ )
<b>Posterior</b>	106.35 ( $\pm 6.74$ )	140.71 ( $\pm 25.39$ )	128.81 ( $\pm 55.96$ )	21.46 ( $\pm 9.32$ )	1.67 ( $\pm 0.82$ )
	<b>p=0.4634</b>	<b>p=0.6943</b>	<b>p=0.5358</b>	<b>p=0.5358</b>	<b>p=1</b>
Valor de p significativo ( $<0.05$ )*					

Tabla 6. Muestra los valores obtenidos de FC reposo, FC actividad, Distancia recorrida durante los 6 minutos, Velocidad y EEI entre el grupo de andador anterior y el grupo de andador posterior. DE (desviación estándar). FC (frecuencia cardiaca). m (metros). min (minuto). EEI (índice de gasto energético por sus siglas en inglés). lat (latido).



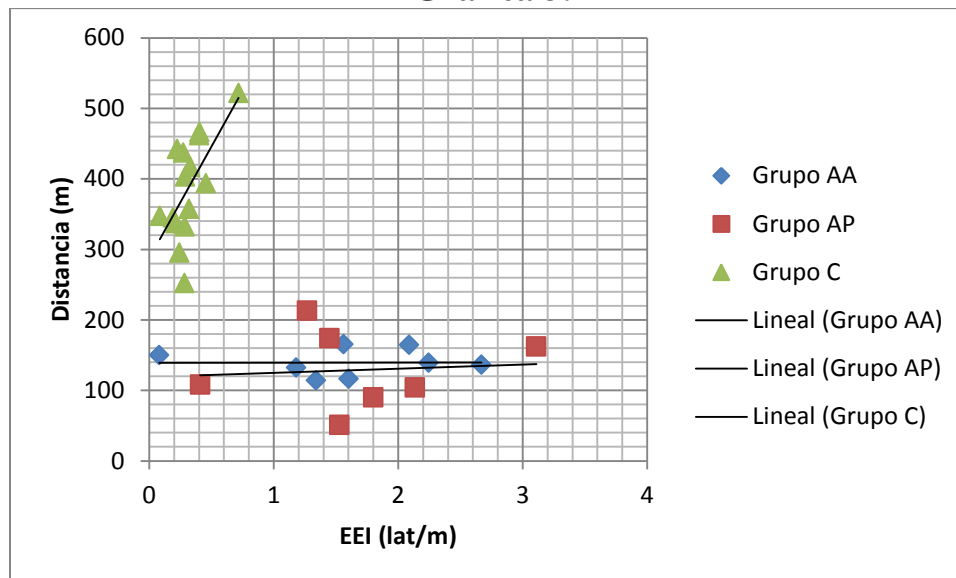
Fundación Teletón México A.C.

Universidad Teletón



En la gráfica 3 se muestra la relación que guardó cada uno de los pacientes de cada grupo con respecto a la distancia recorrida en los 6 minutos y el índice de gasto energético. Se observa que en general la población control se mantuvo agrupada acorde al índice de gasto energético por debajo de 1 lat/m, con una distancia recorrida en un rango de 300-500m. Mientras que para el grupo de andador anterior y andador posterior el índice de gasto energético fue mayor (rango de 1-3 lat/m) con una distancia menor de 200m para la mayoría de las dos poblaciones. No habiendo diferencia significativa entre los niños que utilizaron el andador anterior y los que usaron el andador posterior.

Gráfica 3.



Gráfica 3. Se observa la relación que guarda la distancia en metros recorrida durante los 6 minutos y el Índice de gasto energético para cada uno de los participantes de cada grupo del estudio. Grupo AA (andador anterior), grupo AP (andador posterior), grupo C (control), m (metros), EEI (índice de gasto energético por sus siglas en inglés), lat (latido), min (minuto).



	<b>Fundación Teletón México A.C.</b>	
	<b>Universidad Teletón</b>	

**Tabla 7.**

<b>VALORES DE REFERENCIA GRUPO CONTROL</b>	
Promedio (DE)	
<b>PARÁMETROS TEMPORALES-ESPACIALES</b>	
Cadencia (pasos/min)	121.04 (± 16.9)
Ancho de paso (m)	0.147 (± 0.016)
Velocidad (m/s)	0.86 (± 0.20)
Apoyo (%)	59.34 (±3.27)
Oscilación (%)	40.18 (±3.54)
Apoyo doble (%)	9.28 (±2.86)
Longitud zancada (m)	0.87 (±0.15)
<b>EQUILIBRIO ESTÁTICO</b>	
Relación del recorrido del centro de presión	0.974 (±0.080)
Relación de la trayectoria del centro de masa	0.974 (±0.080)
<b>GASTO ENERGÉTICO</b>	
FC reposo	103.16 (±13.32)
FC actividad	122.96 (±16.96)
Distancia (m)	387.12 (±72.25)
Velocidad (m/min)	64.54 (±12.01)
EEl (lat/m)	0.31 (±0.14)

*Tabla 7. Muestra los valores de referencia de los parámetros temporales-espaciales, equilibrio estático y gasto energético del grupo control. DE (desviación estándar). min (minuto), m (metro), s (segundo), % (porcentaje), FC (frecuencia cardíaca). EEl (índice de gasto energético por sus siglas en inglés). lat (latido).*

	<b>Fundación Teletón México A.C.</b>	
	<b>Universidad Teletón</b>	

## IX. Discusión

Los objetivos de este estudio fueron la comparación del gasto energético, parámetros de la marcha y equilibrio estático en niños con parálisis cerebral tipo diparesia espástica, entre el uso del andador anterior y posterior. Así como determinar qué tipo de andador podría ser el más recomendado como auxiliar de la marcha en estos pacientes. Objetivos que se cumplieron en el estudio.

En relación a los parámetros temporales-espaciales no hubo diferencia significativa. Sin embargo, las medias mostraron que la velocidad de la marcha, cadencia, periodo de oscilación y longitud de zancada fue mayor para los pacientes que utilizaron andador anterior; mientras que, el ancho de paso, porcentaje de la fase de apoyo, así como, apoyo doble, estuvieron aumentados para la población que usó el andador posterior. Lo que corresponde con lo descrito por Logan et al. (1990), Mattsson et al. (1997) y Park et al. (2001), quienes no encontraron diferencias significativas en la velocidad entre ambos andadores, aunque de acuerdo a las medias en nuestro estudio hubo una tendencia favorable en el grupo que utilizó el andador anterior a presentar una mayor velocidad de desplazamiento. Con lo que respecta a la longitud de zancada y periodo de doble apoyo de la marcha Logan et al. (1990) y Park et al. (2001), reportaron una mayor longitud de zancada y un menor periodo de doble apoyo de la marcha con el uso del andador posterior, lo que se contraponen a los resultados de este estudio que de acuerdo al promedio demuestra una longitud de zancada más amplia y menor periodo de doble apoyo en los que usaron andador anterior. En relación a la cadencia Park et al. (2001), obtuvo una cadencia similar entre ambos andadores no teniendo diferencia significativa. Similar a lo analizado en este estudio, aunque con tendencia a tener mayor cadencia con el uso del andador anterior.

Para la cinemática de rodilla en el plano sagital, los resultados demuestran una limitación de la extensión de la rodilla durante todo el ciclo de la marcha en ambos grupo con uso de andador anterior y posterior en relación con el grupo de niños sanos. Aunque no se encontró una diferencia significativa entre ambos grupos con andador, si se observó tendencia a tener mayor limitación a la extensión de rodilla en el apoyo medio en el grupo que uso el andador posterior. Cambios ocasionados probablemente por la evolución natural de la enfermedad que lleva a los pacientes con parálisis cerebral tipo diparesia a agazaparse y empeorar funcionalmente. Estos hallazgos difieren con lo reportado por Park et al. (2001) en el que había una menor limitación de extensión de rodilla con el andador posterior en comparación con el uso del andador anterior, permitiendo una posición más erecta con el andador posterior.

En relación al recorrido del centro de presión (CoP) y centro de masa (CoM) con los ojos abiertos y ojos cerrados entre la población que utilizó el andador anterior y el grupo de andador posterior no se encontraron diferencias significativas, por lo que no hay inclinación a favor de usar uno u otro andador en cuanto al equilibrio estático.

	<b>Fundación Teletón México A.C.</b>	
	<b>Universidad Teletón</b>	

Al utilizar un andador, éste permite aumentar la base de sustentación, confinando el centro de masa dentro de la base de sustentación. Sin embargo, no hay estudios que reporten el estudio del CoP y CoM para estudiar y comparar el equilibrio entre ambos andadores, lo cual fue novedoso en este estudio.

Al analizar los resultados obtenidos al comparar entre los dos grupos que usaron andador y los niños sanos no se observó diferencia estadística, lo que significa que los andadores cumplen su función al favorecer el equilibrio estático en niños con parálisis cerebral tipo diparesia espástica. (Valores de p para CoP: grupo de andador anterior contra sanos  $p=0.8718$ , grupo de andador posterior contra sanos  $p=0.2173$ . Valores de p para CoM: población de andador anterior contra sanos  $p=0.7715$ , población de andador posterior contra sanos  $p=0.6724$ ).

Con lo que respecta al gasto energético, la frecuencia cardiaca en reposo y en actividad, la distancia recorrida y la velocidad fueron mayores en los niños que usaron el andador anterior con un menor gasto energético en comparación con los niños que utilizaron el andador posterior. Aunque las diferencias no fueron significativas. Hallazgos semejantes fueron reportados por Mattsson et al. (1997), que no encontró diferencias significativas en el gasto energético entre ambos andadores. Contrario a lo mencionado por Park et al. (2001) que reportó un menor gasto energético con el uso de andador posterior. La media obtenida en este estudio del gasto energético muestra que hubo un menor gasto energético con el uso del andador anterior.

Además, al comparar el gasto energético entre las dos poblaciones que utilizaron andador y los niños sanos, se evidenció que el gasto energético aumenta hasta 500% más en niños con diagnóstico de parálisis cerebral tipo diparesia espástica que utilizan andador en contraste con niños sanos de misma edad y características antropométricas.

	<b>Fundación Teletón México A.C.</b>	
	<b>Universidad Teletón</b>	

## X. Conclusión

Los resultados obtenidos en el estudio, con respecto a los parámetros temporales-espaciales de la marcha y gasto energético, no mostraron diferencias significativas entre el uso de el andador anterior sobre el andador posterior. Sin embargo, las medias obtenidas en dichos valores fueron más favorables para el grupo que utilizó el andador anterior.

Al no encontrar diferencias en los valores obtenidos en las trayectorias del centro de presión y del centro de masa con el andador anterior y el posterior, ambos demostraron ser efectivos para el control del desplazamiento del centro de masa dentro de la base de sustentación. Lo que convierte esta investigación en algo innovador, ya que no encontramos referencias previas para el estudio del equilibrio estático con el uso de andadores en la población de parálisis cerebral tipo diparesia espástica.

Clínicamente, se observó que los pacientes candidatos a utilizar un andador posterior tienden a llevar su centro de masa en sentido posterior asociado posiblemente a mecanismos de compensación de las contracturas de isquiotibiales y debilidad muscular, lo cual es parte de la evolución en la historia natural de los pacientes con diparesia espástica, lo que los lleva a agazaparse. Por lo que, se sugiere utilizar el andador anterior para niños que se encuentran en estadios iniciales de la GMFCS III y el andador posterior en niños en estadios finales de la GMFCS III de pacientes con parálisis cerebral tipo diparesia espástica.

En este estudio, el número de la población fue mayor a otros estudios encontrados y analizados en la literatura médica, lo que disminuyó sesgos y aumentó el rigor metodológico. Sin embargo, se sugiere para estudios posteriores incluir una mayor muestra, ya que los criterios de ingreso y variables limitan el número de la población.

	<b>Fundación Teletón México A.C.</b>	
	<b>Universidad Teletón</b>	

## XI. Referencias bibliográficas

1. Bax M, Goldstein M, Rosenbaum P, Leviton A, Paneth N. Proposed definition and classification of cerebral palsy, April 2005. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 2005; 47: 571-576.
2. Martínez-Lazcano F, Avilés-Cura M, Ramírez-Aranda JM, Riquelme-Heras H, Garza-Elizondo T, Barrón-Garza F. Impacto de una intervención psicosocial en la carga del cuidador de niños con parálisis cerebral. *Aten Primaria*. 2014; 46 (8): 401-407.
3. Kamp F, Lennon N, Holmes L, Dallmeijer A, Henley J, Miller F. Energy cost of walking in children with spastic cerebral palsy: relationship with age, body composition and mobility capacity. *Gait & Posture*. 2014; 40: 209-214.
4. INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010, Cuestionario ampliado. Estados Unidos Mexicanos/Población con discapacidad.
5. Berker N, Yalcin S. *The HELP Guide to Cerebral Palsy*. Turkey, 2005.
6. Cans C. Surveillance of Cerebral Palsy in Europe: a collaboration of cerebral palsy surveys and registers. *Dev Med Child Neurol*. 2000; 42:816-824.
7. Compagnone E, Maniglio J, Camposeo S, Vespino T, Losito L, De Rinaldis M, et al. Functional classifications for cerebral palsy: Correlations between the gross motor function classification system (GMFCS), the manual ability classification system (MACS) and the communication function classification system (CFCS). *Research in Developmental Disabilities*. 2014; (35): 2651-2657.
8. Bachschmidt R, Harris G, Simoneau G. Walker-Assisted Gait in rehabilitation: A Study of Biomechanics and Instrumentation. *IEEE Transactions on neural systems and rehabilitation engineering*. 2001; 9 (1).
9. Miyasike-daSilva V, Tung J, Zabukovec J, McIlroy W. Use of mobility aids reduces attentional demand in challenging walking conditions. *Gait & Posture*. 2013; 37: 287-289.
10. Logan L, Byers-Hinkley K, Ciccone CD. Anterior Versus Posterior Walkers: a Gait Analysis Study. *Developmental Medicine and Child Neurology*. 1990; 32: 1044-1048.
11. Norma J, Bossman S, Gardner P, Moen C. Comparison of the Energy Expenditure Index and Oxygen Consumption Index During Self-Paced Walking in Children with Spastic Diplegia Cerebral Palsy and Children Without Physical Disabilities. *Pediatric Physical Therapy*. 2004; 16: 206-211.
12. Okurowska-Zawada B, Kulak W, Otapowicz D, Sienkiewicz D, Paszko-Patej G, Wojtkowski J. Quality of Life and Adolescents With Cerebral Palsy and Myelomeningocele. *Pediatric Neurology*. 2011; 45: 163-168.
13. Priebe J, Kram R. Why is Walker-assisted gait metabolically expensive?. *Gait & Posture*. 2011; 34: 265-269.
14. Van de Walle P, Hallemans A, Schwartz M, Truijen S, Gosselink R, Desloovere K. Mechanical energy estimation during walking: Validity and sensitivity in typical gait and in children with cerebral palsy. *Gait & Posture*. 2012; 35: 231-237.

	<b>Fundación Teletón México A.C.</b>	
	<b>Universidad Teletón</b>	

15. Sison M, Bagley A, Gorton III G, Johnson B, Oeffinger D. Analysis of the relationships that body composition and muscular strength have with oxygen cost of walking in children with cerebral palsy. *Gait & Posture*. 2014; 40: 628-632.
16. Rose J, Gamble JG, Medeiros J. Energy cost of walking in normal children and in those with cerebral palsy: comparison of heart rate and oxygen uptake. *J Pediatr Orthop*. 1989; 9: 276-279.
17. Mattsson E, Andersson C. Oxygen cost, walking speed, and perceived exertion in children with cerebral palsy when walking with anterior and posterior walkers. *Developmental Medicine and Child Neurology*. 1997; (39): 671-676.
18. Bateni H, Maki BE. Assistive Devices for Balance and Mobility: Benefits, Demands, and Adverse Consequences. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005; 86: 134-145.
19. Pai Y, Patton J. Center of mass velocity-position predictions for balance control. *J. Biomechanics*. 1997; 30 (4): 347-354.
20. Hasan S, Robin D, Szurkus D, Ashmead D, Peterson S, Shiavi R. Simultaneous measurement of body center of pressure and center of gravity during upright stance. Part I: Methods. *Gait & Posture*. 1996; 4: 1-10.
21. Lafond D, Duarte M, Prince F. Comparison of three methods to estimate the center of mass during balance assessment. *J. Biomechanics*. 2004; 37: 1421-1426.
22. Eun SP, Chand II P, Jong YK. Comparison of Anterior and Posterior Walkers with Respect to Gait Parameters and Energy Expenditure of Children with Spastic Diplegic Cerebral Palsy. *Yonsei Med J*. 2001; 42 (2): 180-184.
23. Haro M. Laboratorio de Análisis de Marcha y Movimiento. *Rev Med Clin Condes*. 2014; 25 (2): 237-247.
24. Attias M, Bonnefoy-Mazure A, Lempereur M, Lascombes P, De Coulon G, Armand S. Trunk movements during gait in cerebral palsy. *Clinical Biomechanics*. 2015; 30: 28-32.
25. Verazaluce-Rodríguez PR, Rodríguez-Martínez P, Neri-Gómez 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 (Madrid)*. 2014; 48 (1): 3-8.
26. Morante MM, Lillo S, Cubillos A. Impacto de las nuevas terapias en el manejo de la hipertensión en el niño con parálisis cerebral. *Rev Med Clin Condes*. 2014; 25 (2): 315-329.

	<b>Fundación Teletón México A.C.</b>	
	<b>Universidad Teletón</b>	

## XII. Anexos

### ANEXO 1

#### ESCALA GMFCS

<b>I</b>	Puede caminar sin limitaciones
<b>II</b>	Camina con limitaciones
<b>III</b>	Camina pero requieren de asistencia para la marcha
<b>IV</b>	Logran sentarse con ayuda, pero la movilidad independiente está muy limitada, uso de ruedas motorizada
<b>V</b>	No logran movilidad independiente y requieren de asistencia máxima para transportarse en silla de ruedas manual

	<b>Fundación Teletón México A.C.</b>	
	<b>Universidad Teletón</b>	

## ANEXO 2

### ESCALA MACS

<b>GRADO</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>
<b>I</b>	Manipula objetos fácil y exitosamente.
<b>II</b>	Manipula la mayoría de los objetos pero con un poco de reducción en la calidad y/o velocidad.
<b>III</b>	Manipula los objetos con dificultad: necesita ayuda para preparar y/o modificar actividades.
<b>IV</b>	Manipula una limitada selección de objetos fácilmente manipulables en situaciones adaptadas.
<b>V</b>	No manipula objetos y tiene habilidad severamente limitada para ejecutar aún acciones sencillas.



	<p align="center"><b>Fundación Teletón México A.C.</b></p>	
	<p align="center"><b>Universidad Teletón</b></p>	

### ANEXO 3

#### CARTA CONSENTIMIENTO BAJO INFORMACIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En la ciudad de Tlalnepantla, Estado de México a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del 20\_\_ 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 AC. 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 de \_\_\_\_\_ y como responsable de “el paciente”; el (la) señor (a) \_\_\_\_\_ expresamente a Fundación Teletón México A.C (en lo sucesivo “la fundación”), y al profesional del área médica \_\_\_\_\_, en los siguientes términos:

Título del proyecto de investigación: Comparación del gasto energético, parámetros de la marcha y equilibrio estático entre el uso del andador anterior y posterior en niños con parálisis cerebral tipo diparesia espástica.

- I. Aceptamos y autorizamos que se lleve a cabo la investigación de “el paciente”, que se hace referencia en el punto anterior.
- II. 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 investigación: Comparar el uso del andador anterior y posterior en niños con parálisis cerebral tipo diparesia espástica.
  - c) Las características básicas del diseño de investigación: realizar laboratorio de movimiento y caminata durante 6 minutos.
  - d) Revisión del expediente clínico de “El paciente”.
  - e) Entiendo además los beneficios que el presente estudio posee para el cuidado y tratamiento de “El paciente”.
  - f) Preguntar en cualquier momento de la investigación las dudas que surjan.
- III. Es de nuestro conocimiento que seremos libres de retirarnos de la presente investigación en el momento en el que así se desee o bien de no contestar algún cuestionamiento sin que se afecte la atención que recibimos de “la fundación” como paciente.

	<b>Fundación Teletón México A.C.</b>	
	<b>Universidad Teletón</b>	

- IV. Aceptamos y autorizamos a “la fundación” a usar y explotar los resultados según convenga a los intereses de “la fundación”, y que tenga como objetivo la investigación y avance de la ciencia.  
 Por lo anterior en este acto, cedemos a favor de “la fundación” en ningún caso y bajo ningún concepto tendrá la obligación de pagarnos cantidad alguna o regalías u otorgarnos algún apoyo económico.
- V. Que se nos ha explicado en forma expresa, clara y precisa el contenido del presente documento, así como sus alcances y fines.

**FAMILIAR RESPONSABLE DEL PACIENTE**

Nombre, Firma y/o huella

Nombre y Firma

Parentesco de “El paciente”

**PROFESIONAL DEL AREA MÉDICA  
 INVESTIGADOR**

Nombre  
 Cedula profesional/ Especialidad

**TESTIGO**

Nombre y firma

**TESTIGO**

Nombre y firma

	<b>Fundación Teletón México A.C.</b>	
	<b>Universidad Teletón</b>	

## ANEXO 4

### CARTA COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD DE BASES DE DATOS

Yo, Karla Mariana Castillo Ortega, en mi carácter de investigador, entiendo y asumo que, de acuerdo al Art.16, del Reglamento de la Ley General de Salud en materia de Investigación para la Salud, Comparación del gasto energético, parámetros de la marcha y equilibrio estático entre el uso del andador anterior y posterior en niños con parálisis cerebral tipo diparesia espástica, es mi obligación respetar la privacidad del individuo y mantener la confidencialidad de la información que se derive de mi participación en el estudio: y cuyo(a) investigador(a) responsable es Karla Mariana Castillo Ortega. Asimismo, entiendo que este documento se deriva del cumplimiento del Art. 14 1 de la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares a la que está obligado todo(a) investigador(a).

Por lo anterior, me comprometo a no comentar ni compartir información obtenida a través del estudio mencionado, con personas ajenas a la investigación, ya sea dentro o fuera del sitio de trabajo, con pleno conocimiento de que la violación a los artículos antes mencionados es una causal de despido de mis funciones.

---

Karla Mariana Castillo Ortega

(Firma)

(Fecha)

1 “El responsable velará por el cumplimiento de los principios de protección de datos personales establecidos por esta Ley, debiendo adoptar las medidas necesarias para su aplicación. Lo anterior aplicará aún y cuando estos datos fueren tratados por un tercero a solicitud del responsable. El responsable deberá tomar las medidas necesarias y suficientes para garantizar que el aviso de privacidad dado a conocer al titular, sea respetado en todo momento por él o por terceros con los que guarde alguna relación jurídica”



**Fundación Teletón México A.C.**

**Universidad Teletón**



## ANEXO 5

### HOJA DE CAPTURA DE DATOS

Número de registro:  
Fecha de realización laboratorio de marcha:

Número de expediente:

#### A. Datos del paciente

Nombre: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_  
 Fecha de nacimiento: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_  
 Diagnóstico de base: \_\_\_\_\_  
 Tipo de andador: \_\_\_\_\_ Ortesis: \_\_\_\_\_  
 Peso: \_\_\_\_\_ kg Talla: \_\_\_\_\_ m Longitud de miembros pélvicos: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
 Allis \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Galeazzi \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

#### ARCOS DE MOVILIDAD:

	Flexión		Extensión		Rot. int		Rot ext		Abducción		Aducción	
	DER	IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ	DER	IZQ
Cadera												
Rodilla												
Tobillo												

#### ESPASTICIDAD:

		DER	IZQ
Músculos cadera	Flexión		
	Extensión		
Músculos rodilla	Flexión		
	Extensión		
Músculos tobillo	Flexión		
	Extensión		

#### CONTRACTURAS:

	DER	IZQ
Thomas		
Isquiotibiales		
Tríceps sural		
Ely		
Aductores	DIC:	

#### REFLEJOS DE ESTIRAMIENTO MUSCULAR:

	DER	IZQ
Patelar		
Aquíleo		

#### REFLEJOS PATOLÓGICOS:

	DER	IZQ
Babinski		
Clonus		

#### GASTO ENERGÉTICO

Fc reposo	FC actividad	Velocidad	EEI

	<b>Fundación Teletón México A.C.</b>	
	<b>Universidad Teletón</b>	

## ANEXO 6

### ESCALA DE TARDIEU

Y: GRADO ESPÁSTICO	
<b>0</b>	Sin resistencia a lo largo del movimiento pasivo.
<b>1</b>	Ligera resistencia a lo largo del movimiento pasivo sin tener “catch” en un ángulo preciso.
<b>2</b>	Clara detención súbita en un ángulo preciso, interrumpiendo el movimiento pasivo, seguido por la relajación.
<b>3</b>	Clonus fatigable (menos de 10 segundos cuando se mantiene presión) que ocurre en el ángulo preciso, seguido por la relajación.
<b>4</b>	Clonus no fatigable (más de 10 segundos cuando se mantiene presión) que ocurre en un ángulo preciso.

	<b>Fundación Teletón México A.C.</b>	
	<b>Universidad Teletón</b>	

## ANEXO 7

### ESCALA DE GRADUACIÓN DE LOS REFLEJOS DE ESTIRAMIENTO MUSCULAR

PUNTUACIÓN	INTENSIDAD DE RESPUESTA MOTORA
0	No hay respuesta.
1	Respuesta disminuida.
2	Respuesta normal.
3	Respuesta aumentada.
4	Respuesta que evoca clonus.



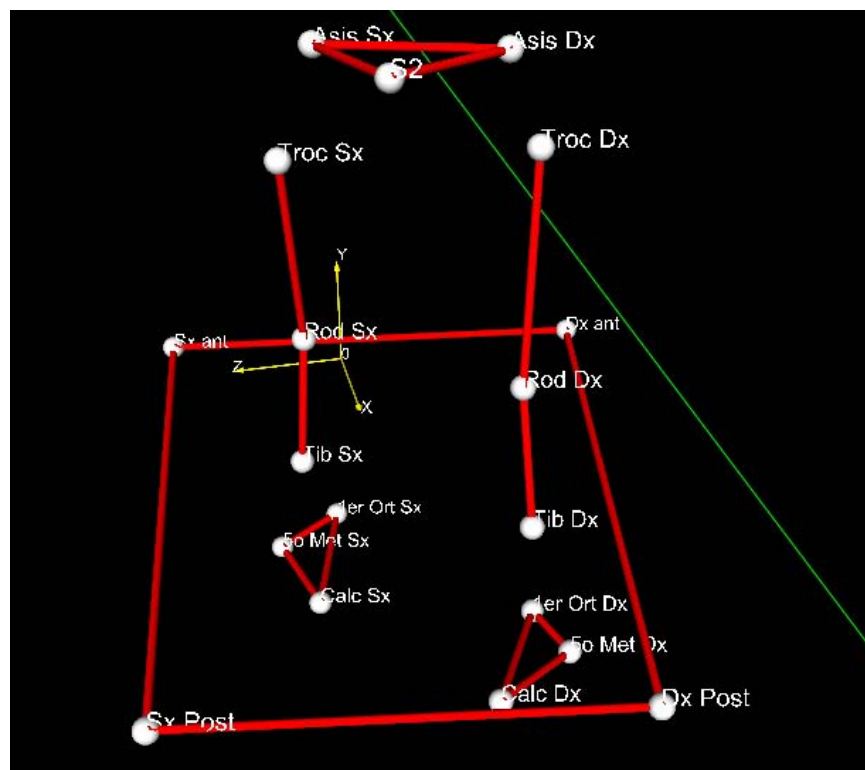
Fundación Teletón México A.C.

Universidad Teletón



## ANEXO 8

### MODELO BIOMECÁNICO REALIZADO PARA ESTE PROTOCOLO



 <p>Universidad Teletón</p>	<b>Fundación Teletón México A.C.</b>	
	<b>Universidad Teletón</b>	

## ANEXO 9

### ANDADOR UTILIZADO

