

## Valoración con acelerómetros del incremento en el control postural y equilibrio de una niña con parálisis cerebral que recibe hipoterapia

### *Evaluation with accelerometers of the increase in postural control and balance of a girl with cerebral palsy who receives hippotherapy*

Fernández-Gutiérrez C<sup>a</sup>, Apolo-Arenas MD<sup>a</sup>, Moral-Blanco J<sup>b</sup>, Madrid-Moreno M<sup>a</sup>, Caña-Pino A<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidad de Extremadura. Departamento Terapéutica Médico Quirúrgica. Área Fisioterapia. Badajoz. España

<sup>b</sup> Universidad de Valladolid. Departamento de Teoría de la Señal e Ingeniería Telemática. Valladolid. España

#### Correspondencia:

Alejandro Caña Pino

alejandroc.p.fisio@gmail.com

Recibido: 12 septiembre 2018

Aceptado: 3 octubre 2018

#### RESUMEN

*Introducción:* la valoración del control postural es de relevancia para orientar las intervenciones terapéuticas, siendo la principal limitación en personas con parálisis cerebral. Se ha demostrado que la acelerometría es de utilidad para la valoración de la estabilidad postural. El objetivo del estudio es verificar el efecto de la hipoterapia en el control postural y equilibrio de una niña con parálisis cerebral, con la utilización de acelerómetros colocados en la pelvis del sujeto y en la grupa del caballo mediante una valoración de 5 minutos sobre el caballo al paso. *Material y método:* el programa de hipoterapia fue de 14 sesiones, a razón de una sesión semanal de 45 minutos. La valoración se realizó pre y postratamiento. *Resultados:* se obtuvieron modificaciones en indicadores de estabilidad postural que sugieren mejoras postintervención. *Conclusión:* la acelerometría parece una herramienta útil para la valoración en niños con afecciones motóricas y, de forma específica, en la parálisis cerebral.

**Palabras clave:** acelerometría, equilibrio postural, hipoterapia, parálisis cerebral.

#### ABSTRACT

*Introduction:* the assessment of postural control is important to guide therapeutic interventions in people with cerebral palsy. It has been shown that accelerometry is useful for the assessment of postural stability. The aim of this study is to verify the effect of hippotherapy on postural stability and balance in the case study of a girl with cerebral palsy, with the use of accelerometers placed in the pelvis of the subject and the horse's rump by titration of five minutes on the horse at walk. *Material and method:* the hippotherapy program was 14 sessions, once a week for 45 minutes. The assessment was performed before and after treatment. *Results:* modifications of postural stability indicators that suggest improvement post-intervention. *Conclusion:* accelerometry may be a useful tool for assessment in children with motor disorders, and specifically in cerebral palsy.

**Keywords:** accelerometry, postural balance, equine-assisted therapy, cerebral palsy.

#### INTRODUCCIÓN

La parálisis cerebral (PC) se define como un grupo de alteraciones no progresivas, pero permanentes, del desarrollo del movimiento y la postura que provocan limitaciones en la actividad y que son atribuidos a desórde-

nes en el desarrollo del cerebro inmaduro del feto o el niño<sup>(1)</sup>. Es un reto para la rehabilitación mantener el interés y el entusiasmo del niño en la terapia frente a sus necesidades permanentes<sup>(2)</sup>. La hipoterapia es una intervención eficaz, motivante y cada vez más elegida entre profesionales y usuarios. Se ha demostrado que el caba-

llo mejora el equilibrio, estimula las reacciones de enderezamiento y la postura<sup>(3, 4)</sup>; inhibe la espasticidad por acción de los movimientos rítmicos y el calor, y la atención del jinete sobre el control del caballo facilita una relajación muscular inconsciente<sup>(5)</sup>. Es importante la valoración de la estabilidad postural en la PC para orientar las técnicas terapéuticas de intervención en la práctica clínica. En este estudio proponemos un nuevo enfoque para la valoración de la efectividad de la hipoterapia que analiza las causas del movimiento, las aceleraciones generadas en el centro de masas para conservar el equilibrio en un movimiento periódico como es el del caballo al paso. Para la valoración se plantea la utilización de acelerómetros. Este dispositivo es capaz de registrar los cambios en los parámetros de la marcha y el equilibrio, y así permitir la cuantificación de los patrones de la marcha y reflejar las habilidades motoras de los sujetos sometidos a la hipoterapia<sup>(6)</sup>.

## CASO CLÍNICO

Niña de 8 años con hemiparesia derecha debida a una anoxia durante el parto y a una leucomalacia periventricular asociadas a un parto prematuro a las 28 semanas de edad gestacional. Problemas asociados: alteración en el desarrollo psicomotor normal; estrabismo convergente; cambios de humor; seborrea; lenguaje amplio y adecuado para su edad, con ritmo lento y con dificultad leve para pronunciar algunos fonemas; hipotonía leve en el hemicuerpo derecho. Según la escala Clasificación de la Función Motora Gruesa (*Gross Motor Function Classification System*, GMFCS), presenta ítems pertenecientes a los niveles I y II.

Seleccionado el caso, se informó al padre de la niña sobre la finalidad del estudio firmando el consentimiento informado. Se realizaron dos valoraciones antes y después a un programa de hipoterapia de 14 sesiones consecutivas, con una sesión semanal de 45 minutos. La intervención fue llevada a cabo por profesionales con experiencia, una fisioterapeuta, un monitor y un ayudante pertenecientes a la Asociación de Zooterapia de Extremadura (AZE). El programa de intervención incluyó familiarización con el caballo mediante la limpieza y aparejo, adaptación y modulación del tono postural aprovechando el calor corporal, los impulsos rítmicos y el patrón de locomoción tridimensional. Además, de otras actividades terapéuticas con el caballo en movimiento: ejercicios de

coordinación, equilibrio y corrección postural mediante paradas y arranques, serpentinas o círculos en la pista, potenciación y estiramiento de la musculatura. En las últimas semanas se introdujeron trotes para favorecer la autoestima y seguridad en sí mismo. Nuestra paciente no recibió otra terapia durante el tiempo de estudio.

Para poder llevar a cabo este estudio, fue necesaria su aprobación por parte de la Comisión de Bioética y de Bioseguridad de la Universidad de Extremadura.

## Valoración mediante acelerometría

Se colocó un acelerómetro triaxial GT3X (marca Acti-Graph) en la columna lumbar [centro de masas (L5-S1)]<sup>(7,8)</sup> fijados al cuerpo mediante cinchas con velcro y otro en la grupa del caballo<sup>(8,9)</sup>. El eje X representa los movimientos en sentido antero-posterior, el eje Y los verticales y el eje Z los laterales. La valoración se ha realizado montada a horcajadas sobre el caballo, en línea recta, durante 5 minutos y sin estímulos externos por parte del terapeuta.

## Procedimiento para el análisis de los datos

Los datos registrados se analizaron utilizando la *plataforma tecnológica para el diseño y seguimiento de terapias ecuestres en personas con parálisis cerebral* desarrollada por expertos en análisis de señal en colaboración con AZE. Se realizó un análisis frecuencial de la distribución de la energía para determinar la relación en los diferentes ejes de movimiento entre la energía transmitida por el caballo y la energía compensada con el movimiento de la pelvis del paciente. Las variables analizadas con acelerometría fueron el espectro de frecuencia y la densidad espectral de energía en bandas de frecuencia (0-0,5; 0,5-1,5; 1,5-3; 3-4) en los tres ejes.

## RESULTADOS

### Análisis frecuencial

En el espectro de frecuencia de la aceleración en la grupa del caballo, el movimiento se caracteriza por unas frecuencias fundamentales o picos, que representan las oscilaciones del movimiento que más energía transmi-

ten. Estas frecuencias se ven reflejadas en el análisis frecuencial de la pelvis, el cual, en la valoración previa a la intervención (figura 1) no acompañó de manera armónica los movimientos, sobre todo el movimiento de

derecha a izquierda (eje Z), donde se observaron otros picos frecuenciales en la banda entre 1,5 y 3,0 Hz. En la valoración posterior a la intervención (figura 2), se manifestó mejor armonización con el caballo, capaz de com-

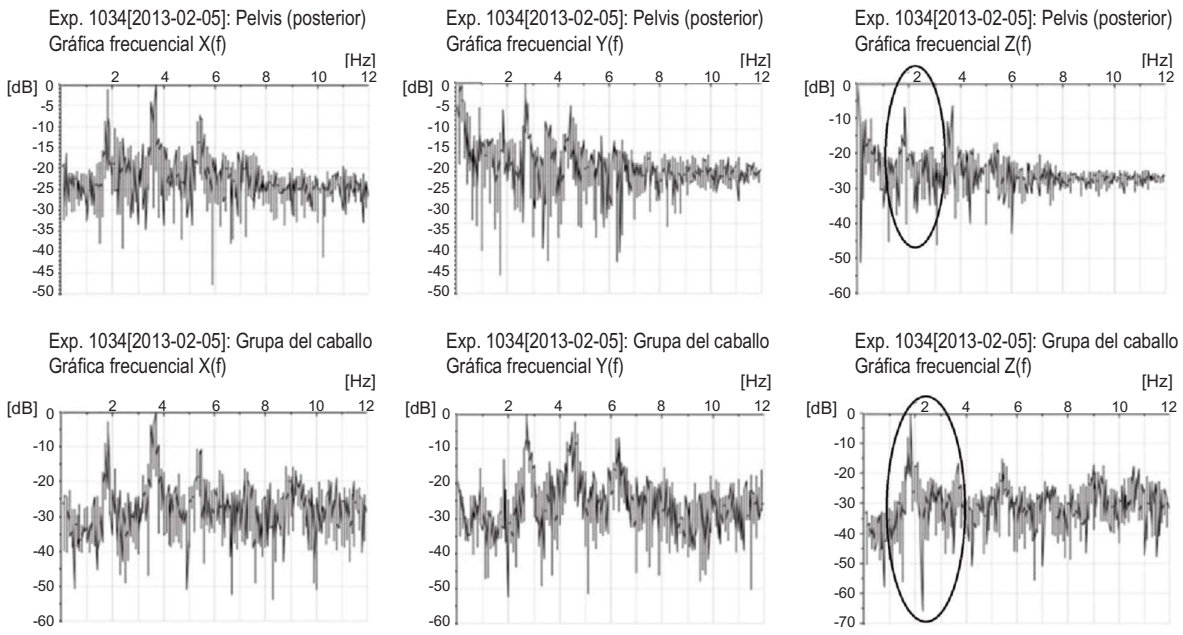


FIGURA 1. Análisis frecuencial preintervención.

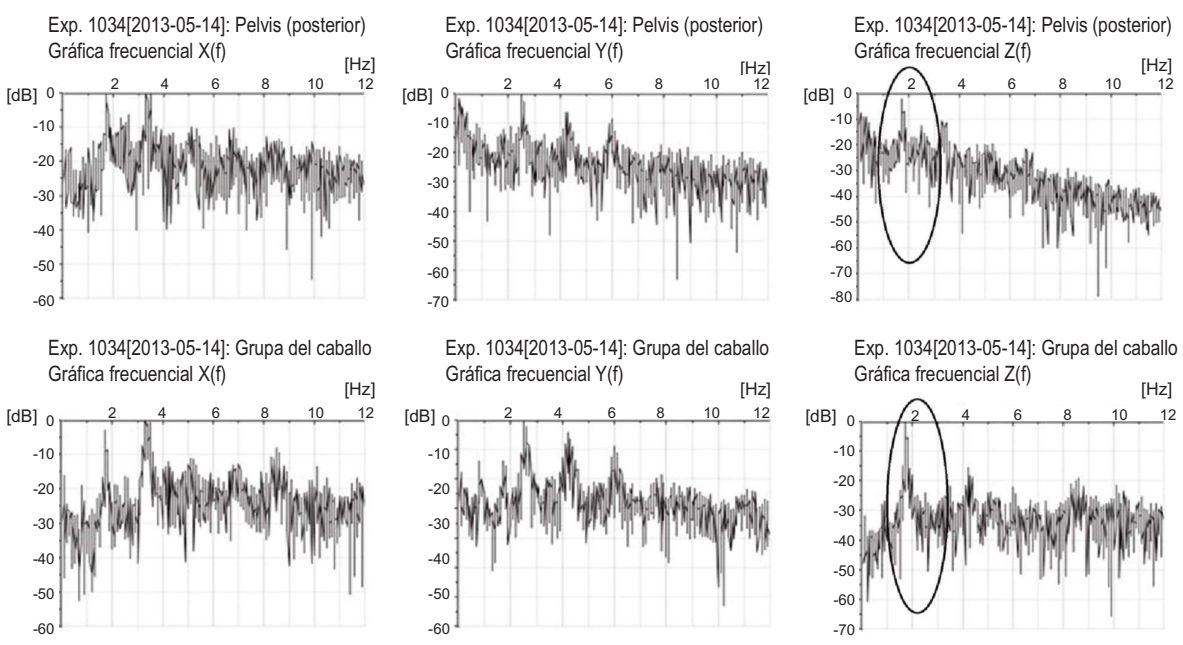


FIGURA 2. Análisis frecuencial postintervención.

pensar de manera eficaz los movimientos del caballo, principalmente en el eje X (antero-posterior) e Y (vertical). En el eje Z (medio-lateral), la sincronización aún puede mejorarse.

**Distribución de energías**

La distribución de energías se presenta en la figura 3. El análisis se ha realizado comparando la densidad espectral de energía en cada banda de frecuencia. En el eje X (primera columna), previo a la intervención, se observó adaptación del jinete a las oscilaciones transmitidas por el caballo, consiguiendo que la energía que transmitió el caballo distribuida en frecuencias mayores de 3 Hz (color azul) estuvo controlada por el jinete a nivel

de la pelvis, para lo cual la energía se distribuyó en tramos de frecuencias de 0 a 3 Hz (colores rojos y amarillos), es decir, que este grado de dispersión de la señal de densidad espectral energía fue menor en comparación con la misma señal medida en la grupa del caballo. Esta distribución disminuyó después de la intervención, el jinete minimizó la energía del movimiento llevándolo a frecuencias de control. En el eje Y (segunda columna), no se observaron cambios entre antes y después de la intervención, ya que la adaptación del jinete a los movimientos transmitidos por el caballo fue similar entre ambas valoraciones: las energías del caballo transmitidas en frecuencias entre 1,5 y 3,0 Hz (color rojo) fueron distribuidas por el jinete en tramos de frecuencias de 0,0 a 1,5 Hz y de 1,5 a 3,0 Hz (movimientos voluntarios) persistiendo algunos movimientos más bruscos representa-

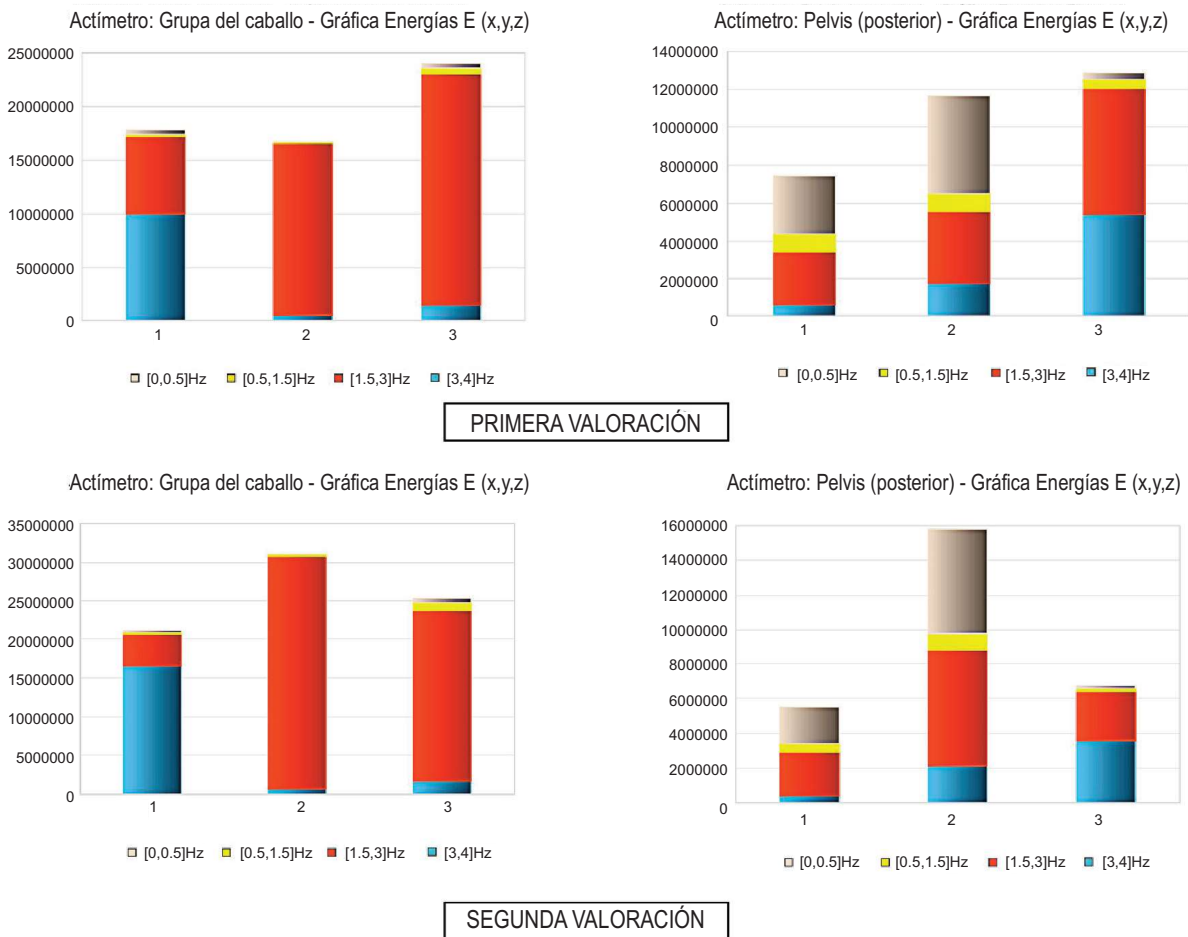


FIGURA 3. Distribución de energías pre y postintervención.

dos por frecuencias de 3,0 a 4,0 Hz (color azul). El jinete consiguió armonizarse con el caballo, aunque con esfuerzo ya que el movimiento tuvo más energía. En el eje Z (tercera columna), previo a la intervención, el caballo generó gran energía en frecuencias entre 1,5 y 3,0 Hz, a las cuales el jinete no consiguió adaptarse, realizando movimientos menos controlados y con más energía, representados en bandas de frecuencia entre 1,5 y 4,0 Hz. Sin embargo, esta distribución disminuyó tras la intervención, ya que el jinete consiguió adaptarse y disminuyó la energía de los movimientos realizados (la columna en color rojo se redujo con respecto a la primera valoración). Aún persistieron algunos movimientos en bandas de frecuencias mayores a 3,0 Hz (color azul).

## DISCUSIÓN

Según nuestros resultados, tras 14 sesiones de hipoterapia, se han encontrado cambios indicativos de mejora del control de la energía del movimiento y por tanto de la estabilidad postural a nivel de la pelvis, siendo el eje Z en el que se aprecian las mayores modificaciones. En el estudio de Champagne y Dugas<sup>(9)</sup> se utilizan acelerómetros para valorar el control postural sobre el caballo en niños con síndrome de Down. Este autor demuestra la utilidad del uso de acelerómetros para evaluar el control postural durante las sesiones de hipoterapia. Podemos concluir en la utilidad del análisis de estas señales como método objetivo de valoración y comprensión de los mecanismos neuromusculares que induce el movimiento del caballo<sup>(6, 9)</sup>, permitiéndonos orientar la práctica terapéutica lo más eficientemente posible. Así, Nerino y cols.<sup>(6)</sup> proponen la utilización de acelerómetros para evaluar de manera objetiva la efectividad de la hipoterapia. Según este autor, es un sistema que evalúa el nivel de *actividad* del jinete respecto a los movimientos realizados por el caballo, proporcionando información acerca de la efectividad de la terapia.

Según Kwon y cols.<sup>(3)</sup>, la hipoterapia actúa positivamente en el control postural y el equilibrio en niños con PC de diversos niveles funcionales, coincidiendo también con Matusiak-Wieczorek y cols.<sup>(10)</sup> y Moraes y cols.<sup>(11)</sup> afirmando que la hipoterapia tiene efectos positivos en la posición y función de las partes individuales del cuerpo,

lo que hace posible que los niños con parálisis cerebral mejoren la postura, la funcionalidad y la capacidad de mantener el equilibrio en la posición sentada. En la bibliografía encontramos otros estudios que aportan información acerca de la utilidad y fiabilidad del uso de los acelerómetros para valorar el control postural, en patologías como el Parkinson<sup>(12)</sup>.

La cuantificación del control postural mediante acelerometría permite que midamos objetivamente modificaciones durante la fase de tratamiento, conociendo los cambios que se producen en los distintos parámetros a la vez que se realiza la terapia, a diferencia de otros métodos de valoración con los que solo se obtiene información antes y después del tratamiento. De esta manera, los profesionales sanitarios pueden ser guiados a establecer un marco de tiempo óptimo para que la intervención produzca efectos clínicos significativos<sup>(9)</sup>. Por eso, se considera que la acelerometría es una medida más directa y probablemente un método de mayor validez que el plato de fuerza para la medida del equilibrio y control postural. Así, según Moe-Nilssen<sup>(13)</sup>, la aceleración del centro de masa puede ser una medida más adecuada para medir el equilibrio que parámetros derivados del desplazamiento del centro de presiones medidos solamente con una plataforma de fuerza. Mayagoitia y cols.<sup>(14)</sup> defienden que en un 20 % el acelerómetro detecta diferencias no detectables en el plato de fuerza, por lo que se puede considerar más sensitivo.

Estos hallazgos aconsejan realizar nuevos estudios en pacientes con parálisis cerebral controlados y con un mayor número de casos, y aunque los resultados hayan sido positivos no podemos extrapolarlos a otros pacientes.

## CONCLUSIÓN

La acelerometría parece ser una herramienta muy útil para la valoración en niños con afecciones motóricas, y de forma específica, en la parálisis cerebral, ya que nos informa de las modificaciones de los indicadores de estabilidad postural en tiempo real. Además, esta valoración es fundamental para poder entender y aplicar los principios de la hipoterapia, para lo cual hay que tener en cuenta la reacción del jinete respecto a los movimientos transmitidos por el caballo.



## RESPONSABILIDADES ÉTICAS

**Protección de personas y animales.** Los procedimientos que se han seguido en este estudio se ajustan a la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial, en su actualización de 2013.

**Confidencialidad y consentimiento informado.** El padre de la paciente incluida en este estudio, fue informado recibiendo un consentimiento informado por escrito para participar en el mismo, el cual firmó y entregó a los responsables del estudio.

**Privacidad.** En este manuscrito no aparecen datos personales de la participante en el estudio.

**Financiación.** Los autores declaran no haber recibido ningún tipo de financiación.

**Conflicto de intereses.** Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

**Contribuciones.** Todos los autores han contribuido en la concepción y el diseño del estudio, la recogida de datos y su posterior análisis e interpretación de los mismos y en la redacción del artículo.

## AGRADECIMIENTOS

A compañeros y participantes por la colaboración en este estudio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Lara MF, Perales L. Influencia del tratamiento farmacológico de la espasticidad en la fisioterapia de la parálisis cerebral. *Rev Iberoam Fisioter Kinesiol.* 2011; 13(2): 69-76.
- Bertoti D. Effect of therapeutic horseback riding on posture in children with cerebral palsy. *Phys Ther.* 1988 Oct; 68(10): 1505-12.
- Kwon J-Y, Chang HJ, Yi S-H, Lee JY, Shin H-Y, Kim Y-H. Effect of hippotherapy on gross motor function in children with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *J Altern Complement Med N Y N.* 2015; 21(1): 15-21.
- Maćków A, Małachowska-Sobieska M, Demczuk-Włodarczyk E, Sidorowska M, Szklarska A, Lipowicz A. Influence of neurophysiological hippotherapy on the transference of the centre of gravity among children with cerebral palsy. *Ortop Traumatol Rehabil.* 2014; 16(6): 581-93.
- Muñoz S, Valero R. Los animales como ayudas técnicas. *Rehabilitación (Madr).* 1999; 33: 475-9.
- Mutoh T, Mutoh T, Takada M, Doumura M, Ihara M, Taki Y, et al. Application of a tri-axial accelerometry-based portable motion recorder for the quantitative assessment of hippotherapy in children and adolescents with cerebral palsy. *J Phys Ther Sci.* octubre de 2016; 28(10): 2970-4.
- Mancini M, Horak FB, Zampieri C, Carlson-Kuhta P, Nutt JG, Chiari L. Trunk accelerometry reveals postural instability in untreated Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat Disord.* 2011 Aug; 17(7): 557-62.
- Nerino R, Bergero D, Bertolo F, Guiot C, Contin L, Garbin P. WBSN for the Assessment of the Hippotherapy: A Case Study. *International Conference on Body Sensor Networks.* Dallas (TX): IEEE; 2011. p 101-6.
- Champagne D, Dugas C. Improving gross motor function and postural control with hippotherapy in children with Down syndrome: Case reports. *Physiother Theory Pract.* 2010 Nov; 26(8): 564-71.
- Matusiak-Wieczorek E, Małachowska-Sobieska M, Synder M. Influence of Hippotherapy on Body Balance in the Sitting Position Among Children with Cerebral Palsy. *Ortop Traumatol Rehabil.* 2016 Mar 23; 18(2): 165-75.
- Moraes AG, Copetti F, Angelo VR, Chiavoloni LL, David AC. The effects of hippotherapy on postural balance and functional ability in children with cerebral palsy. *J Phys Ther Sci.* 2016 Aug; 28(8): 2220-6.
- Maetzler W, Mancini M, Liepelt-Scarfone I, Müller K, Becker C, van Lummel RC, et al. Impaired Trunk Stability in Individuals at High Risk for Parkinson's Disease. *PLoS ONE.* 2012; 7(3): e32240.
- Moe Nilssen R. A new method for evaluating control motor in gait under environmental conditions: Part 2. Gait analysis. *Clin Biomech.* 1998 Jun; 13(4-5): 328-35.
- Mayagoitia RE, Lötters JC, Veltink PH, Hermens H. Standing balance evaluation using a triaxial accelerometer. *Gait Posture.* 2002 Aug; 16(1): 55-9.