

REPORTE DE CASO

Ortoprótosis de marcha recíproca para deficiencia transversa de fémur bilateral: presentación de un caso

Reciprocating gait prosthesis for the total transverse deficiency of bilateral thigh: case report

Recibido:
21 de abril de 2015

Aceptado:
25 de mayo de 2015

Autores:

¹Residente Medicina Física y Rehabilitación. Universidad de la Sabana, Bogotá, Colombia

²Fisiatra. Instituto de Ortopedia Infantil Roosevelt, Bogotá, Colombia

³Ortesista. Instituto de Ortopedia Infantil Roosevelt, Bogotá, Colombia

⁴Fisioterapeuta. Instituto de Ortopedia Infantil Roosevelt, Bogotá, Colombia

Correspondencia:
claudirm@hotmail.com

Conflicto de interés:
los autores declaran no tener conflicto de interés.

Claudia Rocío Mondragón Rintá¹, Julio Reyes Ortega², Juan Manuel Zuluaga³, Claudia Pérez⁴.

RESUMEN

Introducción: Deficiencias congénitas de extremidades ocurren aproximadamente con una tasa de 0.3 a 1.0 por 1.000 nacidos vivos. Las ortosis de marcha recíproca se han usado en pacientes lesionados medulares completos con niveles torácicos bajos, pero es escasa la experiencia en desarticulados bilaterales de cadera y no se ha reportado en deficiencias de miembros inferiores.

Objetivo: Describir una aplicación no convencional para una prótesis de marcha recíproca.

Descripción de caso y métodos: Niña de cinco años de edad con diagnóstico prenatal de ausencia de miembros inferiores. Radiografía de caderas muestra ausencia de cabezas femorales y techos acetabulares. Se realizó adaptación de prótesis de marcha recíproca; recibió entrenamiento con el sistema de canastilla pélvica y stubbies; se adaptó cinturón pélvico y se aumentó progresivamente la altura con entrenamiento del equilibrio, adaptación de las rodillas, recubrimiento cosmético y entrenamiento para la marcha.

Resultados: Paciente independiente para sus actividades básicas cotidianas y escolariza con buen rendimiento académico y adecuada integración social. Prueba de marcha en seis minutos reporta desplazamiento de 106 metros, frecuencia cardíaca inicial 121 latidos/minuto y final 177 latidos/minuto, escala de BORG 5/20.

Discusión: Con la adaptación protésica, la paciente ha mejorado su nivel de independencia y de actividad, presentando una distancia recorrida en la prueba de marcha en seis minutos comparable con parámetros

para niños con discapacidad neurológica de mayor nivel funcional que el de la paciente.

Conclusión: Las prótesis con mecanismo de marcha recíproca son una alternativa eficiente para el manejo de pacientes con deficiencia transversa alta de miembros inferiores.

Palabras clave: Ortesis de marcha recíproca, deficiencia congénita de miembros inferiores, defectos congénitos de extremidades.

ABSTRACT

Introduction: Congenital limb defects occur at approximate rate of 0,3 to 1,0 per 1,000 live births. The reciprocating gait orthosis have been used in complete spinal cord injured patients with low thoracic levels, but it is not enough the experience in bilateral hip disarticulation and it has not been reported in lower limb deficiencies. To describe an unconventional application for the reciprocating gait prosthesis and the impact in the patient functionality.

Method: Female patient 5 year old, prenatal diagnosis of lower limbs deficiency. Hip radiograph shows absence of femoral heads and acetabular roofs. Reciprocating gait prosthesis fitting was performed; received training with the pelvic basket system and stubbies, the lap belt was adapted and height increased progressively with balance training, adaptation of knees, designed the cosmetic cover and conducted gait training.

Results: The patient is independent of her basic daily activities, is schooled with a good yield and proper social integration. The walking test in 6 minutes reported a displacement of 106 meters, with initial heart rate of 121 beats/minute and final 177 beats/minute, BORG scale 5/20.

Discussion: By the prosthetic adaptation the patient has improved her level of independence and activity, presenting a distance covered in the 6 minutes' walk test with parameters comparable to children with neurological disabilities more functional than the patient level.

Conclusion: The prosthesis with reciprocating gait mechanism is an efficient alternative for the management of patients with a proximal level transverse deficiency of lower limbs.

Keywords: Reciprocating gait orthosis, lower limbs deficiencies, congenital limb defects.

INTRODUCCIÓN

Se define deficiencia de miembro inferior como los defectos del fémur, peroné, tibia, pie y dedos del pie y amelia a la ausencia completa de las extremidades superiores o inferiores¹.

Las alteraciones congénitas de las extremidades se producen entre la tercera y la octava semana de gestación. Se estima que el 32% no tienen una causa conocida, el 30% son genéticas, el 34% son causas vasculares y el 4% son causadas por un agente teratógeno. La proporción de deleciones para deficiencia de extremidades superiores respecto a extremidades inferiores es de 2:1, con un 40% del total de supresiones congénitas a nivel transversal radial². Sin embargo, el defecto genético a menudo sucede de forma espontánea y se denomina mutación puntual.

La incidencia de anomalías congénitas del fémur oscila entre 1:50.000 y 1:200.000 nacidos vivos. La deficiencia de peroné, el síndrome de fémur - peroné - cúbito y la deficiencia focal femoral proximal han sido detectados por ecografía prenatal. El grado de acortamiento se mantiene constante desde el segundo trimestre y permite una predicción precisa de la medida del acortamiento en la edad adulta. Las formas más severas de esta condición se asocian con la deficiencia del acetábulo y anomalías de la geometría del fémur proximal³.

El primer reporte de prevalencia de deficiencia de extremidades al nacimiento se originó a partir del registro nacional de Suecia, con tasas de 4.5 por 10.000 nacidos con una sola malformación y 8.3 por 10.000 nacidos con malformaciones múltiples. En informes de grandes registros que abarcan varias naciones, la tasa de deficiencia de extremidad superior fue de 2 a 3 veces la de extremidades inferiores. En Estados Unidos, sin embargo, la prevalencia de la deficiencia de la extremidad superior varía según la región. Se produjo amelia a una tasa significativamente más baja (0.2/10.000 nacimientos) que la deficiencia de extremidades; sin embargo, se reportan tasas de amelia entre mortinatos de 30 a 40 veces mayor que entre los nacidos vivos. La deficiencia de extremidades se produce en aso-

ciación con otras anomalías congénitas mayores en un 12% a 33% de los casos¹.

En el sistema ISO / ISPO, las deficiencias transversales se nombran en el segmento en el que la extremidad termina, es decir, la extremidad se ha desarrollado normalmente hasta un nivel particular, más allá del cual no hay elementos esqueléticos presentes aunque pueden haber brotes digitales, y en las deficiencias longitudinales se nombran los huesos parcial o totalmente afectados y la fracción faltante. En los huesos que hay se describe una reducción o ausencia de un elemento o elementos dentro del eje longitudinal de la extremidad, y cualquier hueso que no se nombre está presente y de forma normal^{2,4}.

El tratamiento se rige por varios factores entre los que se cuentan la intervención quirúrgica, la disponibilidad de prótesis adecuadas y los deseos del paciente y su familia que a su vez están determinados por el ambiente educativo y cultural. La clasificación Gillespie permite diferenciar entre los miembros que son adecuados para el alargamiento quirúrgico y los que son más adecuados para manejo con prótesis. La cirugía es apropiada para los casos menos graves y cuando la deficiencia es mayor del 20% es más adecuado el manejo protésico. En pacientes con anomalías significativas de la cadera, existen procedimientos quirúrgicos para mejorar la estabilidad de la cadera los cuales se realizan entre los 12 y 24 meses y son importantes para el uso de prótesis a largo plazo o la reconstrucción quirúrgica. Los pacientes con displasia acetabular y anomalías de la geometría femoral proximal son susceptibles a la inestabilidad de la cadera. En algunos pacientes el pie es un impedimento para el uso satisfactorio de una prótesis, por lo cual se considera la amputación tipo Syme³.

El niño que necesita una prótesis de miembro inferior se considera generalmente apto para el montaje cuando comienza a tratar de ponerse de pie. Este hito del desarrollo, que hasta los niños con deficiencias altas o bilaterales demostrarán, por lo general ocurre entre los 9 y los 16 meses. El dispositivo se elige según la etapa del paciente y se produce aumento gradual de la complejidad del mismo; por eso, a los niños menores de dos años de edad con amputaciones transfemorales

se equipan con una prótesis que no incluye una articulación para flexión. Una vez que el niño ha dominado este dispositivo, la rodilla se puede añadir a la prótesis⁴.

La ortesis de marcha recíproca pertenece al grupo de las TLSHKAFO. La estructura ortésica conformada en polipropileno, incluye dos ortesis de rodilla-tobillo-pie (KAFO) unidas a través de articulaciones a una banda pélvica rígida con una prolongación torácica. Un sistema de cable acopla la flexión de la cadera de un lado con la prolongación de cadera del lado contralateral y de esta forma compensa la falta de potencia extensora. El sistema de cable ayuda además a evitar la inclinación de la pelvis hacia adelante y la lordosis. Estas ortesis proporcionan un patrón de marcha funcional. La ortesis de marcha recíproca avanzada emplea un cable único de empujar-estirar de fricción baja para efectuar la deambulación. La ortesis de marcha recíproca isocéntrica utiliza una barra pivotante central y se ata al ajuste de la barra en lugar de cables para unir la extensión de la cadera con la flexión de la cadera contralateral⁵.

Este tipo de ortesis está indicado en lesiones neurológicas o neuromusculares que produzcan pérdida del control distal del tronco y de los miembros inferiores, entre las que se incluyen paraplejas tanto de origen congénito como adquirido y disfunciones de caderas y de ambos miembros inferiores. La principal indicación es en lesionados medulares completos a nivel o por encima de L1, aunque se pueden incluir entre los niveles T5 y T12. Este sistema genera un mayor costo energético y siempre se debe acompañar de una correcta rehabilitación y reentrenamiento de la marcha. En niños se necesitan continuos ajustes por el crecimiento⁶.

Sus principales beneficios funcionales son los siguientes:

Logra las transferencias, principalmente el paso de la sedestación a la bipedestación; ofrece una alternativa a la silla de ruedas y disminuye el tiempo de sedestación; aumenta la movilidad global; da la posibilidad de su-

bir y bajar escaleras o rampas; y aumenta la fuerza muscular y la utilización de los miembros superiores, espalda, cintura escapular y hombros⁶. Su uso se contraindica en casos en los cuales se presente rigidez articular en flexión de cadera y/o rodillas de $>20^\circ$, deformidades de raquis o dolor del mismo durante la bipedestación, imposibilidad de usar muletas debido al dolor en miembros superiores o insuficiente fuerza muscular, insuficiencia respiratoria o cardiovascular que impida deambulación y exagerada espasticidad y/o movimientos excesivos⁶.

El sistema restablece la capacidad de bipedestación y marcha recíproca en lesionados medulares, aunque sea en pequeñas distancias. Mejora las transferencias disminuyendo el esfuerzo para levantarse, lo que se logra por el sistema de conexión entre la articulación de la cadera, el bloqueo de las rodillas y un sistema de resorte. Estos elementos permiten que el bloqueo se controle por la postura del cuerpo y se proporcione una fuerza que extiende completamente las rodillas en bipedestación. Un cable de liberación permite la flexión bilateral de ambas caderas para poderse sentar⁶.

Existe una serie de pruebas que valoran habilidades motoras, capacidad aeróbica y nivel de independencia, entre ellas la escala de medida de la función motora gruesa, GMFM-88, que evalúa las capacidades funcionales en cinco dominios a saber: decúbito y rolados en prono y supino, sedente, gateo y posición cuadrúpeda, bipedestación y marcha que incluye salto y carrera⁷.

La prueba de seis minutos explora el componente de actividades de la CIF y sirve como una aproximación al desempeño real del paciente con alteraciones de la marcha, ya que adiciona la variable de la resistencia física. Este examen (inicialmente prueba de 12 minutos) fue propuesto originalmente para evaluar la tolerancia al ejercicio en pacientes con enfermedades respiratorias crónicas y con falla cardíaca⁸. En la población pediátrica la prueba de los seis minutos se aplicó por primera vez a niños con fibrosis quística⁹. La

prueba ha sido utilizada en parálisis cerebral y otras enfermedades que afectan la movilidad¹⁰.

La prueba se realiza en un espacio cerrado y sobre terreno regular. El espacio para realizar la prueba no ha sido estandarizado para la población pediátrica. Se recomienda un corredor rectangular en un espacio cerrado (30 x 45 m) o rutas lineales con puntos de giro cada 25 o 30m¹¹.

En esta prueba se mide la distancia que el niño logra recorrer en seis minutos. La prueba es submáxima y por lo tanto predice el desempeño final del niño para los desplazamientos en ambientes comunitarios. La prueba evalúa la integración de todos los sistemas involucrados en la marcha: sistema cardiopulmonar, sistema nervioso y musculoesquelético, metabolismo muscular y circulación periférica. La motivación del paciente y el nivel intelectual son factores que intervienen en el resultado de la prueba. Es confiable y se correlaciona bien con otras variables fisiológicas tales como el consumo de oxígeno. Se ha utilizado en niños con parálisis cerebral y se ha demostrado que quienes utilizan ayudas externas muestran un elevado gasto energético durante la marcha¹².

En la prueba de los seis minutos se evalúa la distancia recorrida y el incremento en la frecuencia cardíaca ajustada a la velocidad de la marcha. Se puede calcular el índice de gasto energético, y el resultado se expresa como latidos/metros caminados. Primero se determina la frecuencia cardíaca de reposo; luego, para obtener el dato de la frecuencia cardíaca final, se promedia la frecuencia cardíaca obtenida en el cuarto y quinto minuto de la prueba. Finalmente, a la frecuencia cardíaca final se le resta la frecuencia cardíaca inicial y el resultado se divide por la velocidad de la marcha medida en metros por minuto. El resultado se presenta en latidos/m¹³.

DESCRIPCIÓN DE CASO Y MÉTODOS

Se trata de una paciente de sexo femenino de 4 años y 8 meses de edad, producto de pri-

mer embarazo, parto a término, cesárea por presentación podálica con peso al nacer de 2240 gr y talla de 33 cm. Madre de 25 años y padre de 29 años no consanguíneos y sin antecedentes de importancia. Durante controles prenatales se realizan tres ecografías. En la primera se evidencian malformaciones mayores por lo cual una ecografía de detalle a los seis meses identifica ausencia de miembros inferiores y de piso pélvico. La tercera ecografía confirma malformaciones. Al nacimiento se comprobó insuficiencia de miembros inferiores sin compromiso del piso pélvico y sindactilia en mano izquierda, y no requirió manejo hospitalario. Embarazo sin complicaciones, no exposición a teratógenos ni traumatismos y paraclínicos de control normales. Presentó neurodesarrollo normal.

Dentro de los estudios realizados se encuentra cariotipo bandedo G 46 XX sin anomalías estructurales de cromosomas, ecocardiograma y ecografía abdominal normales, radiografía de cadera con ausencia de cabezas femorales y de techos acetabulares; huesos iliacos, pubis e isquion de aspecto normal (Figura 1).

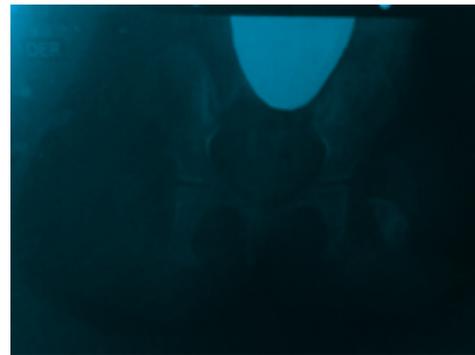


Figura 1: Radiografía de cadera con ausencia de cabezas femorales y de techos acetabulares.

Al examen físico presenta arcos de movimiento de miembros superiores conservados, fuerza muscular 5/5, no alteraciones del tono muscular, deficiencia transversal de fémur bilateral (Figura 2), presenta pie a nivel de muñón izquierdo, fuerza muscular de cintura pélvica 5/5, no alteraciones de la sensibilidad, logra desplazamiento sobre muñones de forma independiente.

Requirió procedimiento quirúrgico para corrección de sindactilia y ha recibido manejo rehabilitador.



Figura 2. Paciente con deficiencia transversal de fémur bilateral

Se consideró manejo con prótesis para deficiencia de miembros inferiores con las siguientes características: Canastilla pélvica en poli-propileno con sistema de suspensión en crestas ilíacas y cierre anterior, sistema de sujeción por correas en cuero, acolchado totalmente. Sistema de marcha recíproca de doble cinturón, bloqueo manual tipo palanca a la extensión y mecanismo de cadera que permita abducción con bloqueo tipo anillo. Componente de rodilla uniaxial con bloqueo a la extensión bilateral. Pie tipo Sach. Cosmesis en espuma y media. Elaboración según molde de yeso.

El proceso para la adaptación de estas ortoprótesis se describe a continuación: Se hizo la toma del molde con un diseño de arnés para sujetar y suspender a la paciente en el aire; se realizó un entrenamiento con el sistema de canastilla pélvica y stubbies con pies alineados hacia atrás, lo que permitió mejorar estabilidad, evitar caídas y realizar una marcha en banco. Posteriormente se realizó un alargamiento y la adaptación del cinturón pélvico tipo balancín dejándolo a unos 10-15 cm del suelo (Figura 3). Una vez se verificó un adecuado equilibrio, se aumentó otros 15

cm. La siguiente etapa fue la adaptación de las rodillas, las cuales permiten una flexoextensión libre con un bloqueo manual a la extensión. Se dejó una altura que no superara la de una niña de su misma edad. Finalmente se realizó el recubrimiento cosmético y el entrenamiento en marcha con caminador anterior (Figura 4).



Figura 3. Sistema de canastilla pélvica y stubbies



Figura 4. Entrenamiento de marcha

Desde los cuatro años de edad utiliza las ortoprótesis de marcha recíproca con las cuales se realizaron las siguientes pruebas: una evaluación funcional motora que evidencia un nivel funcional IV con un GMFM 88 de 35.43% y un MACS

de I; una prueba de seis minutos con evidencia de un desplazamiento de 106 metros, iniciándola con frecuencia cardíaca de 121 lat/min y terminándola con una frecuencia cardíaca de 177 lat/min y BORG de 5.

La paciente presentó muy buena adaptación a las ortoprótesis, es independiente para todas sus actividades básicas cotidianas, se encuentra escolarizada y tiene buen rendimiento académico y adecuada interacción social.

DISCUSIÓN

La amelia se presenta con una tasa de prevalencia menor en relación con la deficiencia de miembros inferiores y aún más con las deficiencias de miembros superiores. Se considera como una forma severa de esta condición la que se asocia con deficiencia del acetábulo y anomalías del fémur proximal, como ocurre en nuestro caso. La detección de esta anomalía se logró durante el periodo prenatal mediante ecografía. En el contexto de un embarazo sin complicaciones ni exposición a sustancias teratogénicas, en el que se descartaron genéticamente cromosomopatías, se considera que este caso se encuentra dentro del 32% de aquellos en los que se desconoce su causa. Sin embargo, se continúan haciendo estudios genéticos que permitan descartar síndromes de microdelección y microduplicación.

El neurodesarrollo se llevó a cabo con normalidad, y los desplazamientos se realizaban en silla de ruedas. Se consideró un sistema de ortoprótesis que permitiera lograr una mayor independencia e integración social, y se llevó a cabo mediante un proceso continuo y detallado haciendo las adaptaciones respectivas y considerando en todo momento la completa seguridad de la paciente.

El sistema de marcha recíproca se ha indicado en pacientes con lesión medular desde T5 que requieren el apoyo directo para la cadera y las rodillas. De esta forma se logra el avance de las extremidades inferiores de forma recíproca.

En este caso la ortoprótesis realizada a la paciente incluyó un sistema de marcha recíproca que favoreció la bipedestación y la marcha y brindó todos los beneficios fisiológicos de la posición bípeda, además de beneficios psicológicos, mayor integración social y mejoría de la autoestima y de la calidad de vida.

Estos dispositivos estabilizan las extremidades inferiores y el tronco, tanto en el plano sagital como en el plano frontal y permiten el movimiento recíproco sobre una base mecánica por medio de un cable doble o sencillo entre ambas articulaciones de la cadera¹⁴.

El efecto de estabilización del cuerpo se logra por medio de las barras laterales de la ortosis y el sistema de rodilla, evitando el colapso de la cadera y la rodilla y permitiendo descargar el peso corporal sobre la prótesis en apoyo. Al trasladar el peso corporal a la pierna de apoyo, se reduce el gasto energético requerido para la bipedestación y la marcha, mejorando la movilidad global de los sujetos. La marcha recíproca se inicia cuando el individuo provoca una pequeña inclinación anterior y lateral del tronco, lo cual permite una oscilación pendular del miembro contralateral, y el avance corporal anterior se da por el empuje del tronco debido al caminador en este caso⁶.

Aunque la deambulación con una ortosis de marcha recíproca puede proporcionar beneficios físicos como los descritos anteriormente, se ha documentado un alto gasto de energía metabólica¹⁵. Teniendo en cuenta esta situación, se aplicó a la paciente del caso una prueba de seis minutos con el fin de evaluar la tolerancia al ejercicio y el rendimiento para la movilidad. Se documentó una distancia recorrida de 106 metros que al compararla con las tablas para niños y adolescentes sin discapacidad, se encuentra por debajo del promedio para niñas de 3 a 5 años, que es de 492.4 metros¹⁶. En cuanto a la saturación de oxígeno, en nuestro caso fue de 93% inicialmente y de 90% al final de la prueba; al comparar con los registros de niñas de su misma edad, que se encuentran en 99% en

preprueba y 98% al final, hay un descenso sin que llegue a niveles por debajo de la normalidad. Finalmente, en cuanto a los rangos de frecuencia cardiaca, observamos que se dio inicio a la prueba con 121 latidos/min y finalizó con 177 latidos/min, y al comparar con niñas sin discapacidad cuyas frecuencias cardiacas iniciales son de 97 +/- 11 lat/min y finales de 150 +/- 24.9 lat/min¹⁶, evidenciamos un ligero aumento que no consideramos muy por encima del promedio.

Teniendo en cuenta que el sistema de marcha recíproca se ha indicado principalmente en pacientes con secuelas de lesión medular, los estudios efectuados evidencian que a pesar de los beneficios percibidos por la deambulación en posición vertical y de la forma de realizar una marcha más cosmética, la interrupción del uso de estos dispositivos es alta, ya que varía desde 61% hasta 90% de los niños con mielomeningocele y entre 46% y 54 % en adultos con lesión de la médula espinal¹⁵.

Para nuestro caso se logró una adecuada adaptación, permitiendo la realización de una marcha funcional. Hasta el momento, con 12 meses de uso, se ha alcanzado una adecuada adherencia lo cual se ha traducido en mayor independencia y mejor desempeño, principalmente a nivel escolar.

CONCLUSIÓN

Las prótesis con mecanismo de marcha recíproca son una alternativa eficiente para el manejo de pacientes con deficiencia transversa alta de miembros inferiores.

Bibliografía

1. Ephraim PL, Dillingham TR, Sector M, Pezzin LE, MacKenzie EJ. Epidemiology of limb loss and congenital limb deficiency: A review of the literature. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003; 84(5): 747-61.
2. Nelson VS, Flood KM, Bryant PR, Huang ME, Pasquina PF, Roberts TL. Limb deficiency and prosthetic management. Decision making in prosthetic prescription and management. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006; 87(3 SUPPL.): S3, S9.
3. Monsell FP, Bintcliffe FAC, Evans C, Hughes R. Management of congenital femoral deficiency. *Early Hum Dev.* 2013; 89(11):9 15-8.
4. Douglas S, John M, John B. Atlas of amputations and limb deficiencies. surgical, prosthetic, and rehabilitation principles. 3rd ed. American Academy of Orthopaedic Surgeons; 2004.
5. John H, John M, John F. AAOS: Atlas de ortesis y dispositivos de ayuda. 3ª ed. Barcelona, España: Elsevier Mosby; 2009.
6. Enrique V, Ricard B, Maria P, et al. Guía de uso y prescripción de productos ortoprotésicos a medida. 2ª ed. Instituto de biomecánica de Valencia; 2004.
7. Smits DW, et al. Relationship between gross motor capacity and daily-life mobility in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2010; 52: e60-6.
8. Butland RJ, et al. Two, six and 12-minute walking tests in respiratory disease. *Br Med J (Clin Res Ed).* 1982; (284): 1607-8.
9. Gulmans VA, et al. The six-minute walking test in children with cystic fibrosis: Reliability and validity. *Pediatr Pulmonol.* 1996; (22): 85-9.
10. Maher CA, Williams MT, Olds TS. The six-minute walk test for children with cerebral palsy. *Int J Rehabil Res.* 2008; 31(2): 185-8.
11. Montes J, et al. Six-minute walk test demonstrates motor fatigue in spinal muscular atrophy. *Neurology.* 2010; (74): 833-8.
12. Rose, J., Medeiros, J.M., Parker, R. Energy cost index as an estimate of energy expenditure of cerebral-palsied children during

assisted ambulation. *Dev Med Child Neurol.* 1985; (27): 485-90.

13. Norman JF, et al. 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. *Pediatr Phys Ther.* 2004; (16): 206-11.
14. Scivoletto G, Petrelli A, Di Lucente L, et al. One year follow up of spinal cord injury patients using a reciprocating gait orthosis: Preliminary report. *Spinal Cord.* 2000; 38(9): 555-8.
15. Johnson WB, Fatone S, Gard SA. Walking mechanics of persons who use reciprocating gait orthoses. *J Rehabil Res Dev.* 2009; 46(3): 435-46.
16. Geiger R, Strasak A, Trembl B, et al. Six-minute walk test in children and adolescents. *J Pediatr.* 2007; 150(4): 395-9.e2.