



ORIGINAL

Análisis biomecánico de la marcha en población pediátrica con lesión medular. Revisión de la casuística de una unidad de biomecánica hospitalaria

S. Pérez-de la Cruz^{a,*}, S. Pérez-Nombela^b, E. Pérez-Rizo^b, P. Rocamora Pérez^a y A.M. Mesa Ruiz^c

^a Departamento de Enfermería y Fisioterapia, Escuela de Ciencias de la Salud, Universidad de Almería, Almería, España

^b Unidad de Biomecánica y Ayudas Técnicas, Hospital Nacional de Paraplégicos de Toledo, SESCAM, Toledo, España

^c Servicio de Rehabilitación, Hospital Universitario de Granada, Granada, España

Recibido el 20 de febrero de 2011; aceptado el 22 de septiembre de 2011

Disponible en Internet el 24 de octubre de 2011

PALABRAS CLAVE

Lesión medular;
Análisis de marcha;
Pediatria

Resumen

Objetivo del estudio: Describir las características de los pacientes lesionados medulares en edad pediátrica cuyo patrón de marcha fue analizado en la Unidad de Biomecánica y Ayudas Técnicas del Hospital Nacional de Paraplégicos de Toledo.

Material y métodos: Se realizó un estudio retrospectivo incluyendo a todos los pacientes que asistieron a la unidad, analizados entre enero de 2006 y marzo de 2010, edad inferior a 18 años, que fuesen pacientes ambulantes con/ sin ayudas técnicas e independencia de marcha con distancia mínima de 10 metros.

Resultados: De los 48 pacientes incluidos en este estudio, el 53,1% eran varones frente al 46,9% de pacientes de sexo femenino. Las edades comprendidas están entre los dos años de edad hasta los 18 años, con una edad media de 12 años (+/- 2,31). La etiología de la lesión medular fue: traumática (29,16%), congénita (33,33%), neoplásica (8,33%) entre otros. En cuanto al nivel de lesión medular, en el 31,25% fueron lesiones cervicales, en el 29,16% fueron lumbares, en un 16,66% fueron dorsales, en el 2,08% fueron sacras y en el 20,83% el origen no fue medular.

Conclusiones: La incidencia de lesión medular en edad pediátrica es muy pequeña, pero supone un gran reto asistencial, personal y social. La revisión bibliográfica realizada muestra la escasez de estudios referentes a esta patología y en pacientes en edades similares; así como estudios sobre el patrón de marcha que presentan estos pacientes.

© 2011 Asociación Española de Fisioterapeutas. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: spd205@ual.es (S. Pérez-de la Cruz).

KEYWORDS

Spinal Cord Injury (SCI);
Gait analysis;
Pediatric

Biomechanic analysis of gait in the pediatric population of spinal cord injury. a review of the casuistics of a hospital biomechanics unit

Abstract

Objective: To describe the characteristics of patients with spinal cord injury in pediatric age whose gait pattern was analyzed in the Biomechanics and Technical Care Unit of the National Paraplegics Hospital of Toledo (Spain).

Material and methods: A retrospective study including all patients attending the unit and analyzed between January 2006 and March 2010, younger than 18 years, who were outpatients with or without technical aids and independence of gait with a minimum distance of 10 meters.

Results: A total of 48 patients were included in this study: 53.1% males, 46.9% female. Ages ranges from 2 to 18 years with a mean age of 12 years (+/- 2.31). The bone marrow lesion etiology was traumatic (29.16%), congenital (33.33%), neoplasm (8.33%) among others. Injury levels was cervical (31.25%), lumbar (29.16%), non-spinal origin (20.83%), dorsal (16.66%) and sacral (2.08%).

Conclusion: The incidence of pediatric spinal cord injury is very small, but poses a great personal and social and care challenge. The review of the literature shows the lack of studies regarding this disease in patients of similar age as well as studies on the gait pattern in these patients.

© 2011 Asociación Española de Fisioterapeutas. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

Las lesiones medulares (LM) en edad pediátrica constituyen una patología poco frecuente, con una incidencia menor que en la edad adulta, pero con una mortalidad que llega a duplicar a la del adulto, alcanzando cifras entre el 25 y el 32%¹⁻³. Esta entidad adquiere especial relevancia por las graves secuelas y las prolongadas estancias que provoca en los supervivientes y por su gran impacto a nivel emocional, social, familiar y económico.

Según los datos mostrados por la Sociedad Española de Rehabilitación Infantil (SERI)⁴, siempre contando con datos estimativos, se puede afirmar que la incidencia y prevalencia es baja en España, siendo de 1/ millón habitantes/ año, un 4% respecto a la de los adultos. Al igual que en estos, se da más en varones que en mujeres, diferencia que es escasa en los menores de 8 años y que aumenta con la edad.

La lesión medular en edad pediátrica tiene ciertas peculiaridades debidas al distinto comportamiento en los niños, sobre todo en los menores de 10 años debido a la influencia sobre el desarrollo del aparato locomotor⁵. Este será un dato a tener en cuenta en el tratamiento de estos pacientes.

Las principales causas son los accidentes de tráfico, seguido de causas genéticas, caídas, zambullidas y lesiones deportivas, frecuentes en la adolescencia. Es de destacar el reciente número de causas médicas remitidas a los Servicios de Rehabilitación incluyendo patologías de mal pronóstico⁵. Un número limitado de los pacientes afectados de lesión medular realizan marcha, y el análisis de su marcha en un laboratorio específico será fundamental a la hora de poder determinar el tipo de tratamiento y ayudas técnicas más adecuadas a la consecución de la marcha lo más autónoma posible.

El objetivo de este estudio es analizar las características de los pacientes afectados de lesión medular con capacidad de deambulación en edad pediátrica que pasaron por la Unidad de Biomecánica y Ayudas Técnicas del Hospital

Nacional de Paraplégicos de Toledo (España), centro pionero en la asistencia del paciente aquejado de lesión medular para realizar un análisis biomecánico de la marcha.

Pacientes y métodos

Se realizó un estudio retrospectivo incluyendo a todos los pacientes que asistieron a la Unidad de Investigación de Biomecánica y Ayudas Técnicas del Hospital Nacional de Paraplégicos de Toledo, con diagnóstico de lesión medular y analizados entre enero de 2006 y marzo de 2011, edad inferior a 18 años, que fuesen pacientes ambulantes con/ sin ayudas técnicas e independencia de marcha con distancia mínima de 10 metros a los que se les realizó un análisis cinético y cinemático de la marcha. El equipo de análisis cinemático empleado fue el denominado Coda-motion (CODA System.⁶, Charnwood Dynamics, Ltd, Reino Unido) y para el análisis cinético se emplearon dos plataformas dinamométricas (Kistler Instrument AG, Suiza) instaladas en el centro de un pasillo de 10 metros de longitud.

La recogida de datos se obtuvo mediante la revisión de las historias clínicas, junto con la valoración que se realizó en dicha unidad. Las variables recogidas fueron edad, sexo, etiología de la lesión, nivel neurológico, uso o no de ayudas técnicas para la deambulación (WISCI)⁶, ASIA, FIM⁷, Barthel⁸, índice motor de miembros superiores e inferiores, y número de estudios que se realizó a cada paciente.

Los padres de los niños firmaron con anterioridad el consentimiento informado.

Los resultados se analizaron estadísticamente mediante el programa estadístico SPSS 15.0.

Resultados

De los 48 pacientes incluidos en este estudio, 25 de ellos eran varones (52,08%), y 23 de sexo femenino (47,91%). La edad

Tabla 1 Resumen datos de la muestra

Edad (años)	n	Sexo	Porcentaje %
0	0	-	-
1	0	-	-
2	1	V	2,08
3	0	-	-
4	1	M	2,08
5	2	1V/ 1 M	4,16
6	3	2V / 1M	6,25
7	4	3V / 1M	8,33
8	2	2V	4,16
9	1	V	2,08
10	2	2 M	4,16
11	5	2V/ 3 M	10,41
12	2	1V/ 1M	4,16
13	6	4V/ 2M	12,5
14	2	1V/ 1M	4,16
15	2	2M	4,16
16	4	1V/ 3M	8,33
17	8	4V/ 4M	16,66
18	3	2V/ 1M	6,25

media fue de 12 años (+/- 2,31). Sus edades se distribuyeron entre 2 años (edad mínima) y 18 años (edad máxima). En la siguiente tabla (tabla 1) se muestra la distribución de los pacientes por edad, especificando su frecuencia, porcentaje respecto al total e incidencia por sexos en cada edad (tabla 1).

Un mayor número de pacientes presentan una etiología congénita de su lesión (diagnosticados de mielomeningocele y lipomeningocele) con un 33,33% de frecuencia. Por orden de frecuencia les sigue la etiología traumática sin especificar el origen de dicho trauma (accidente de tráfico, zambullidas, caídas, etc.). Estos suponen el 29,16% de los casos estudiados. Por detrás, encontramos etiología neoplásica (4 casos), que suponen el 8,33%; inflamatoria y desconocida (4 casos cada una - 8,33%-); posquirúrgica y vascular (con 2 casos cada una de ellas, lo que supone el 4,16%), y un caso por mielitis transversa e infecciosa (2,08% de los casos).

Nivel de la lesión medular: el mayor número de pacientes analizados presentan un nivel de lesión cervical (entre C1-C8) con 15 individuos, lo que supone un 31,25%. Le siguen los pacientes que presentan nivel lumbar (14 pacientes, que son el 29,16%); por detrás, encontramos pacientes con una lesión dorsal (16,66%, con 8 pacientes), y un único caso que presentaba nivel sacro (2,08%). En 10 casos, que representan el 20,83% de la muestra analizada, la lesión que presentaban los pacientes no fue de origen medular (tabla 2).

Tabla 2 Nivel de lesión

Nivel de lesión medular	Porcentaje (%)	Frecuencias
CERVICAL (C1- C8)	31,25	15
DORSAL (D1- D12)	16,66	8
LUMBAR (L1- L5)	29,16	14
SACRA	2,08	1
NO MEDULAR	20,83	10

Tabla 3 Etiología lesión medular incompleta

Tipo	Porcentaje (%)	Frecuencias
NO DEFINIDA	52,08	25
LIPOMENINGOCELE	2,08	1
MILOMENINGOCELE	14,58	7
ACONDROPLASIA	2,08	1
CONO MEDULAR	2,08	1
MEDULAR ANTERIOR	2,08	1
CENTRO MEDULAR	2,08	1
CAUDA EQUINA	6,25	3
BROWN- SEQUARD	10,41	5
MIELITIS	4,16	2
MENINGITIS	2,08	1

Tipo de lesión incompleta: dentro de los pacientes que presentaban lesión medular incompleta, la etiología de la misma era diferente (datos mostrados en la tabla 3).

Uso de ayudas técnicas para la deambulaci3n (WISCI)⁶: segun se muestra en la tabla 4, m1s de la mitad de los pacientes no son usuarios habituales de ayudas t1cnicas para la deambulaci3n - no precisan de los mismos para sus desplazamientos (WISCI 20) - (29 pacientes), lo que supone un 60,41%, seguido por aquellos pacientes que utilizan dos bastones y dos AFO (WISCI 12) (14,58%), con 7 pacientes. Nos encontramos diversidad de caracteres: andador y dos AFO (WISCI 9) (10,41%), con 5 pacientes; para pacientes con valoraci3n WISCI 19 y 18 encontramos 2 pacientes (4,16%), y pacientes que utilizan dos bastones para sus desplazamientos (WISCI 16), pacientes que hacen uso de andador (WISCI 13) y WISCI 15 los datos muestran un 1nico paciente, lo que supone el 2,08% del total (tabla 4).

Valoraci3n del 1ndice motor (MMII y MMSS), FIM (locomoci3n y escaleras) y Barthel: la puntuaci3n mostrada en la valoraci3n inicial de los pacientes analizados muestran los siguientes valores: 1ndice motor miembros inferiores, cuya media es de 36,75 (SD +/-11,31). Los valores se encuentran entre un m1ximo de 50 a un m1nimo de 7. 1ndice motor de miembros superiores: puntuaci3n media de 46,02 (SD +/-7,39). Valores m1ximos de 50 y m1nimo de 26.

Segun la escala FIM⁷, escala funcional cuyo objetivo es cuantificar objetivamente el grado de discapacidad en actividades de la vida diaria que presenta un paciente en un momento determinado y medir los cambios que se producen en el tratamiento de rehabilitaci3n, la valoraci3n m1xima que un paciente puede tener en esta escala es de 126 puntos.

Tabla 4 Uso de ayudas t1cnicas para la deambulaci3n

Usuario de ayudas t1cnicas para la deambulaci3n (WISCI)	Porcentaje (%)	Frecuencia
NIVEL 20	60,41	29
NIVEL 19	4,16	2
NIVEL 18	4,16	2
NIVEL 16	2,08	1
NIVEL 13	2,08	1
NIVEL 12	14,58	7
NIVEL 9	10,41	5

Tabla 5 Valoración índice motor, Fim y Barthel

Escala	Media (SD)	Rango (máximo-mínimo)
ÍNDICE MOTOR MMII	36,75 (+/- 11,31)	50-7
ÍNDICE MOTOR MMSS	46,02 (+/- 7,39)	50-26
FIM	111,42 (+/- 17,93)	126-59
FIM LOCOMOCIÓN	6,4 (+/- 0,94)	7-3
FIM ESCALERAS	5,38 (+/- 1,70)	7-1
BARTHEL	82,61 (+/- 17,00)	100-25

Los resultados mostrados en este estudio son los siguientes: FIM cuya media es 111,42 (SD +/- 17,93), cuyos valor máximo que nos hemos encontrado es de 126 y mínimo de 59. Centrándonos en la valoración de FIM locomoción (valora máximo que puede alcanzar es de 7), la media es de 6,4 (SD +/- 0,94) y FIM escaleras (puntuación máxima de 7), con media de 5,38 (SD +/- 1,70). Los valores máximos en ambas medidas es de 7, y mínimos de 3 (locomoción) y 1 (escaleras).

La escala de Barthel⁸ valora la independencia de los pacientes en las actividades básicas de la vida diaria, la media de los valores obtenidos en los pacientes revisados es de 82,61 (SD +/- 17,00) y con valores máximos de 100 y mínimos de 25. Los datos expuestos se recogen en la [tabla 5](#).

El número medio de estudios de marcha realizados a los pacientes que acudieron a esta unidad en el periodo de tiempo citado anteriormente es de 1,41 sesiones (SD +/- 0,72), donde el número mínimo fue de una sesión y el máximo de tres sesiones. Los pacientes que solo fueron analizados una única vez suponen el 73% del total, frente al 14,3% de pacientes que fueron analizados dos veces, y el 12,6% que fueron tres veces). Ninguno de los pacientes fue analizado más de tres veces.

Discusión

La lesión medular en edad pediátrica es una entidad de escasa frecuencia de manera que supone entre el 2 y el 10% del total de las lesiones medulares^{3,4,9}. Es posible que la incidencia real de estas lesiones sea mayor debido a casos no recogidos por su fallecimiento en el lugar del accidente o durante el traslado al centro hospitalario³. De acuerdo con lo encontrado en la bibliografía consultada, el sexo masculino y los adolescentes son los que globalmente resultan más afectados en este grupo de edad³. De los 48 pacientes analizados, el 52,08% de ellos son varones, frente al 47,91% de mujeres. La relación hombre: mujer de nuestro estudio muestra un porcentaje mayor de varones, al igual que otras publicaciones al respecto¹⁰⁻¹³, pero no en la misma proporción. Al comparar edades, coincide con nuestro estudio donde la población adolescente es la población más afectada.

Más allá de las patologías de origen neonatal, el mecanismo más frecuente es el traumatismo, predominando los accidentes de tráfico (siendo más frecuentes en gente joven), mientras que las caídas y las lesiones medulares de etiología médica acontecen más en personas de edad avanzadas. Es importante resaltar el alto porcentaje de lesión

medular de origen genético (mielomeningocele)¹⁴. La mayoría de las lesiones completas son debidas a accidentes de tráfico, mientras que las causas médicas son responsables de un mayor número de lesiones incompletas¹⁴⁻¹⁶. Pero no existen suficientes estudios adecuados donde se muestre la etiología y clasificación de las lesiones medulares en edad pediátrica.

Independientemente del nivel de lesión, el objetivo final del tratamiento rehabilitador es la integración domiciliar y una buena calidad de vida¹⁷. Hay que considerar aspectos tales como el nivel lesional, patología/s asociada/s, edad, etc. El tratamiento integral del lesionado medular (ya sea en edad adulta como en edad pediátrica) incluye la rehabilitación psicosocial para lograr la plena integración del paciente en su comunidad (familia, trabajo, escuela).

Realizando una revisión bibliográfica cuya temática es la rehabilitación del lesionado medular en edad pediátrica se muestra la escasez de estudios al respecto¹⁵⁻¹⁹. Centrándonos en estudios que se hayan realizado hasta ahora sobre análisis del patrón de marcha en pacientes neurológicos pediátricos, nos encontramos que existe mayor número de estudios de marcha como herramienta de evaluación en pacientes afectados de parálisis cerebral infantil (PCI) ante una valoración pre y post intervención y una planificación del tratamiento rehabilitador²⁰⁻²⁴ que en pacientes lesionados medulares en edad pediátrica. En la actualidad, dicho estudio es una prueba básica y necesaria para un correcto diagnóstico y tratamiento de las alteraciones de la marcha en estos pacientes²¹⁻²⁴. Entre los estudios revisados, un estudio publicado recientemente²³ tenía como objetivo evaluar los momentos de las fuerzas y de la gravedad en la fase de extensión de rodilla durante la oscilación del miembro inferior afecto en niños afectados de hemiparesia espástica. En dicho estudio solo se contó con seis pacientes.

Otro estudio relacionado es el realizado por Bernthal et al²⁴, donde tratan de estudiar las variables estáticas y dinámicas de la marcha en niños que son intervenidos quirúrgicamente de alargamiento de tendón de Aquiles. Treinta y tres niños, todos ellos diagnosticados de PCI, fueron evaluados antes y después de la cirugía, evidenciando ciertos beneficios en la marcha. A nivel de la articulación de la rodilla se obtuvo más grados de extensión en la fase estática y en el contacto inicial. A nivel de cadera sí se vio mejoría en la máxima extensión de cadera en fase de apoyo. Lo que no se vio afectado es la cadencia y velocidad en su marcha.

Estudios que muestren una visión más específica de estudios de marcha en pacientes en edad pediátrica y que presenten lesión medular no de origen genético encontramos un número muy escaso. Como ejemplo podemos mencionar el estudio realizado por Parente y Navacúes²⁵ cuyo título es «Lesiones raquiomedulares en la infancia», y consistió en un estudio descriptivo realizado en el Hospital Gregorio Marañón (Madrid) y describe el número, etiología y pronóstico de los pacientes infantiles que tuvieron como diagnóstico médico lesión raquiomedular. En otros estudios, realizados por Vogel y Lubicky²⁶⁻²⁸ cuyo objetivo del estudio fue definir la historia natural de la marcha en niños y adolescentes afectados de lesión medular, se llegó a la conclusión que el patrón ambulatorio que presentaban dependía de factores tales como el deterioro neurológico, edad en la que se produjo la lesión y/ o tipo de ortesis que empleaba para la marcha.

Otros se detienen en evaluar diferentes partes o funciones de los miembros afectados en lesión medular en pacientes jóvenes.

Merece la pena comentar el artículo publicado por Smith et al²⁹ donde explica el análisis de la marcha en 33 niños afectados de lesión medular de etiología diversa. Estos pacientes fueron analizados durante un año para evidenciar cambios en su patrón de marcha y posterior a tratamientos (fisioterapia, ortesis, tratamiento de la espasticidad y/ cirugía), mostrando la importancia de incluir dicho estudio en un correcto y completo tratamiento rehabilitador de estos pacientes.

Donde encontramos más información es con respecto al análisis de la marcha en lesionados medulares de origen congénito. Los más estudiados son los pacientes afectados de mielomeningocele. Entre los artículos encontrados, De Groot et al³⁰ quisieron evaluar el grado de desgaste energético que sufren los niños y adolescentes afectados de espina bífida. Fueron analizados 14 pacientes. La conclusión a la que llegaron es que en los niños en edades más tempranas supone un mayor gasto energético la marcha que en pacientes en edad adolescentes.

Pero se ha evidenciado un escaso número de estudios al respecto, junto con muestras pequeñas, siendo necesarios estudios que muestren mayor evidencia científica en cuanto a metodología y muestras seleccionadas.

Se trata de un campo de investigación poco explotado y con numerosas vías de trabajo para todos aquellos profesionales que trabajen y/o estén interesados en proporcionar una mejor calidad de vida a los pacientes en edad pediátrica que estén diagnosticados de lesión medular.

Conclusión

Dentro de la población pediátrica, la lesión medular es una patología cuya prevalencia es pequeña, pero supone un gran problema asistencial, personal, social y familiar. El propósito de este trabajo es mostrar la realidad del centro elegido, mostrando las características de los pacientes que acuden a la unidad para la realización de un análisis de su tipo de marcha; a la vez que realizar una revisión bibliográfica, donde se muestra la escasez de estudios centrados en el tratamiento que siguen los pacientes pediátricos que padecen algún tipo de lesión medular (ya sea de origen traumático o congénito).

Hecho similar es el que muestra los pocos estudios de la marcha en sujetos que presentan estas características. Por ello, creemos que es necesario investigar en este campo para poder avanzar en el correcto tratamiento y rehabilitación integral de estos «pequeños» pacientes.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Rosean PN, Gilmore HE. Spinal cord injure. En: Kenneth FS, Ashwal S, editores. Principles and practice, Pediatric Neurology. 3rd ed. 1999. p. 954-65.
- Roche C, Carty H. Spinal traume in children. Pediatric Radiol. 2001;31:677-700.
- Cirak B, Ziegfeld S, Knight VM, Chang D, Avellino AM, Paidas CN. Spinal injuries in children. J Pediatr Surg. 2004;39:607-12.
- Editorial. Boletín de la Sociedad Española de Rehabilitación Infantil (SERI). Junio 2001.
- Vicellio P, Simon H, Pressman BD, Shah MN, Mower WR, Hoffman JR. A prospective multicenter study of cervical spine injury in children. Pediatrics. 2001;108:1-6.
- Ditunno PL, Ditunno JF. Walking index for spinal cord injury (WISCI II): scale revision. Spinal Cord. 2001;39:654-6.
- Keith RA, Granger CV, Hamilton BB, Sherwin FS. The functional independence measure: a new tool for rehabilitation. En: Eisenberg MG, Grzesiack RC, editors. Advances in clinical rehabilitation, 2. New York: Springer; 1987. p. 6-18.
- Cid Ruzafa J, Damián Moreno J. Valoración de la discapacidad física: el índice de Barthel. Rev Esp Salud Publica. 1997;71:127-37.
- Reynolds R. Pediatric spinal injury. Curr Opin Pediatr. 2000;12:67-71.
- Management of pediatric cervical spine and spinal cord injuries. Neurosurgery. 2002;50:85-99.
- Krause JS, Kewman D, DeVivo MJ, Maynard F, Coker J, Roach MJ, et al. Employment after spinal cord injury: an analysis of cases from the Model Spinal, Cord Injury Systems. Arch Phys Med Rehabil. 1999;80:1492-500.
- Hu R, Mustard CA, Burns C. Epidemiology of incident spinal fracture in a complete population. Spine. 1996;21:492-9.
- McKinley WO, Seel RT, Hardman JT. Nontraumatic spinal cord injury: incidence, epidemiology and functional outcome. Arch Phys Med Rehabil. 1999;80:619-23.
- Palazón García R, Benavente Valdepeñas A, Tamayo Izquierdo R, Morán, Feliz E. Rehabilitación en lesionados medulares tras el alta hospitalaria. Rehabilitacion. 2007;41:73-80.
- Claret Teruel G, Trenchs Sáinz de la Maza V, Palomeque Rico A. Lesión medular aguda en edad pediátrica. An Pediatr. 2006;65:162-5.
- Calvo García C, Bárbara Batailler E, Alemán Sánchez C, Méndez Suárez JL. Lesión medular por enfermedad compresiva. A propósito de un caso. Rehabilitacion. 2007;41:139-42.
- Allen D, Mulcahey MJ, Haley SM, Devivo MJ, Vogel LC, McDonald C, et al. Motor scores on the functional Independence, Measure (FIM) after Pediatric spinal cord injury (SCI). Spinal Cord. 2009;47:213-7.
- Mukhida K, Sharma MR, Shilpakar SK. Pediatric neurotrauma in Kathmandú, Nepal: implications for injury management and control. Childs Nerv Syst. 2006;22:352-62.
- Fattal C, Kong A, Siou D, Gilbert C, Ventura M, Albert T. What is the efficacy. of physical therapeutics for treating neuropathic pain in spinal cord injury patients. Ann Phys Rehabil Med. 2009;52:149-66.
- Coker P, Karakostas T, Dodds C. Gait characteristics of children with hemiplegic cerebral palsy before and after modified constraint- induced therapy. Disabil Rehabil. 2010;32:402-8.
- De Morais Filho MC, Kawamura CM, Kanaji PR, Juliano Y. The relation of triceps surae surgical lengthening and crouch gait in patients with cerebral palsy. J Pediatr Orthop B. 2010;19:226-30.
- Prosser LA, Lauer RT, VanSant AF. Variability and symmetry of gait in early walkers with and without bilateral cerebral palsy. Gait Posture. 2010;31:522-6.
- Goldberga EJ, Requejob PS, Fowlera EG. Joint moment to swing knee extension acceleration during gait in children with spastic hemiplegic cerebral palsy. Gait Posture. 2010;43:893-9.
- Bernthal NM, Gamradt SC, Kay RM, Wren TA, Cuomo AV, Reid J, et al. Static and Dynamic Gait Parameters before and after

- multilevel soft tissue surgery in ambulating children with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop B*. 2010;30:174–9.
25. Parente A, Navacués JA, Hernández E, Sánchez-París O, Cañizo A, Cerdá J, et al. Lesiones raquimedulares en la infancia. *Cir Pediatr*. 2005;18:132–5.
 26. Vogel LC, Lubicky JP. Ambulation with parapodia and reciprocating gait orthoses in pediatric spinal cord injury. *Dev Med Child Neurol*. 1995;37:957–64.
 27. Vogel LC, Lubicky JP. Pediatric spinal cord injury issues: ambulation. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*. 1997;3:37–47.
 28. Vogel LC, Mendoza MM, Schottler JC. Ambulation in children and youth with spinal cord injuries. *J Spinal Cord Med*. 2007;30:158–64.
 29. Smith P, Sahar Hassani MS, Reiners K, Lawrence C, Vogel MD. Gait analysis in children and adolescents with spinal cord injuries. *J Spinal Cord Med*. 2004;27:44–9.
 30. De Groot JF, Takken T, Schoenmakers MA, Tummers L. Reproducibility of energy cost of locomotion in ambulatory children with spina bifida. *Dev Med Child Neurol*. 2009;31:159–63.