

PATRONES DEL MOVIMIENTO PÉLVICO EN PACIENTES CON HEMIPLEJÍA ESPÁSTICA

Marcel Rupcich Guardia (*), Ricardo José Bravo Pérez (**), Danírda Urbano Noguera (***)

RESUMEN

Introducción: El tratamiento adecuado de patologías que alteran la marcha normal, como por ejemplo, encefalopatías estáticas tales como la parálisis cerebral infantil, requiere de la identificación precisa de los patrones de movimiento asociados y sus causas, con el propósito de seleccionar el tratamiento más apropiado en términos de efectividad.

Objetivo: Identificar y caracterizar patrones cinemáticos de la pelvis en el plano transversal como respuesta compensatoria a deformidades de los miembros inferiores en pacientes pediátricos con hemiplejía espástica.

Métodos: La muestra utilizada fue de 66 pacientes con disfunción motora subtipo hemiplejía espástica secuela de parálisis cerebral infantil, del Hospital Ortopédico Infantil de Caracas, entre los años 1999 y 2004. A cada paciente se le realizó un análisis de marcha siguiendo el protocolo del Laboratorio de Marcha del Hospital Ortopédico Infantil. A los patrones de cinemática obtenidos se les midieron las desviaciones de los movimientos pélvicos en los tres planos así como también la progresión del pie y la rotación de cadera evidenciadas por el examen físico (anteversión femoral). Particular énfasis se realizó en el análisis de las desviaciones en el plano transversal

Resultados: Se obtuvieron los patrones de movimiento con características propias para cada subgrupo: Tipo I, Tipo II, Tipo III y Tipo IV.

Conclusiones: Los hallazgos son consistentes con los reportados en la literatura en lo concerniente a los planos sagital y coronal. Sin embargo, en el plano transversal se demostraron patrones consistentes con deformidad ósea presente en el miembro ipsilateral. Las respuestas compensatorias observadas en pelvis en dicho plano tienen como objetivo mantener ambos pies en la línea de progresión. *Arch Venez Pueric Pediatr 71 (2): 48 - 52*

Palabras Clave: Disfunción motora, parálisis cerebral, hemiplejía espástica, patrón de marcha.

SUMMARY

Introduction: Adequate treatment of pathologies that alter normal gait, for example, spastic encephalopathies such as cerebral palsy, require precise identification of their movement patterns and causes, in order to select the most effective treatment.

Objective: To identify and characterize transverse plane kinematic patterns of the pelvis as a compensatory response to lower limb deformities in pediatric patients with spastic hemiplegias.

Methods: 66 patients with spastic hemiplegia subtype motor dysfunction, from the Hospital Ortopédico Infantil (HOI) at Caracas, Venezuela, were studied between 1999 and 2004. A gait analysis was performed in each patient following the HOI's protocol. Deviations of pelvic movements were measured on all three planes to the kinematics gait patterns obtained, Measurements of foot progression and hip rotation (femoral anteversion) were achieved via clinical examination.

Results: Movement patterns on spatial planes were obtained and characterized in terms of its deviations, then classified in four well-featured subtypes: Type I, Type II, Type III y Type IV. Special emphasis was placed on analysis of deviations in the transverse plane.

Conclusions: Findings for sagittal and coronal planes are consistent with those reported by the literature. However, movement patterns that are consistent with bone deformities in the ipsilateral limb were demonstrated for transverse plane, and the pelvic coping responses for that plane tend to maintain both feet aligned with the gait progression line. *Arch Venez Pueric Pediatr 71 (2): 48 - 52*

Key words: Motor dysfunction, Cerebral palsy, Spastic Hemiplegia, gait pattern.

INTRODUCCIÓN

El término parálisis cerebral infantil implica un desorden del movimiento y la postura causada por una lesión no progresiva del cerebro inmaduro (encefalopatía estática), teniendo como resultado una patología músculo esquelética en evolución.

Desde que Freud en 1897 describió una clasificación topográfica, se considera que la hemiplejía resulta del compromiso de un hemicuerpo donde el miembro superior es el más afectado.

Las etiologías en recién nacidos pretérmino o a término más frecuentes son el infarto hemorrágico periventricular, la lesión arterio-oclusiva focal o el infarto isquémico. La lesión afecta brazos, miembros inferiores y hasta la cara, produciendo la típica imagen que observamos en los sobrevivientes. La condición posterior y secuelas dependerán de la arteria involucrada (1,2)

El déficit motor puede ser tan sutil que pudiera no ser detectado hasta los seis meses. En el lado derecho el compromiso es más frecuente que el izquierdo, consecuencia de que la arteria cerebral media izquierda es la más frecuentemente afectada (3). Otra causa puede ser una lesión vascular parasagital, en cuyo caso la debilidad es de predominio proximal en el miembro superior, mientras que en la lesión focal, la porción distal de la extremidad superior es la más

- (*) Médico Cirujano, Especialista en Cirugía Ortopédica, Coordinador Unidad de Laboratorio de Marcha, Unidad de Laboratorio de Marcha, Hospital Ortopédico Infantil, Av. Andrés Bello, Sector Guaicaipuro, Caracas, Venezuela.
- (**) Ing. Electrónico, Magíster en Ingeniería Biomédica. Investigador Asociado, Grupo de Biomecánica, Rehabilitación y Procesamiento de Señales, Universidad Simón Bolívar, Calle Vieja Baruta, Valle de Sartenejas, Caracas, Venezuela.
- (***) Lic. en Fisioterapia. Fisioterapeuta Unidad de Laboratorio de Marcha, Hospital Ortopédico Infantil, Av. Andrés Bello, Sector Guaicaipuro, Caracas, Venezuela
Correspondencia: Dr. Marcel Rupcich
Departamento de Pediatría. Centro Médico Docente La Trinidad
Teléfono. 0212- 9496262 - 9496363
Email: rupcich@gmail.com

comprometida.

Prácticamente todo el territorio de la arteria cerebral media puede comprometerse incluyendo ganglios basales, sustancia blanca, extremidad posterior de la cápsula interna y corteza (4). Otras causas son las hemorragias intradurales o subdurales, generalmente secundarias a trauma obstétrico o a trauma craneo-encefálico ocurrido durante la lactancia. La tomografía computarizada especial y la resonancia magnética computarizada demostraron quistes porencefálicos en el hemisferio involucrado.

Dependiendo de la localización de la lesión, el tono puede ser espástico, atetóide o mixto. Sin embargo generalmente es espástico. También es posible encontrar un tono mixto por la lesión del territorio de la arteria cerebral media que irriga los núcleos de la base. Son mucho más frecuentes la disnomia (incapacidad para expresar el nombre de los objetos a pesar de reconocer el mismo), la dislexia (incapacidad para entender lo que se lee) y el déficit de atención, que el retardo mental.

La mayoría de estos pacientes son capaces de caminar e inclusive de manejar bicicleta sin mucha dificultad. Como regla general el miembro superior suele estar más comprometido que el inferior, dicho compromiso se deriva del trastorno de la sensibilidad profunda (propiocepción), caminan con este miembro en rotación interna de hombro y flexión del codo, la muñeca en desviación cubital y en flexión, la mano en garra con el pulgar en palma.

Para efectos de tratamiento de esta patología, se deben clasificar las lesiones en: primarias, que son aquellas derivadas directamente de la lesión neurológica, las secundarias derivadas de estas últimas, y las respuestas compensatorias que son mecanismos que utiliza el individuo para superar las limitaciones que producen las dos primeras, a expensas de un incremento del consumo energético.

El adecuado tratamiento, quirúrgico o conservador de esta patología, está fuertemente ligado a la identificación del tipo lesión neuromuscular, dado que una correcta delimitación de las lesiones primarias, secundarias y respuestas compensatorias para un diagnóstico particular de parálisis cerebral (efectos asociados a la anatomía, clínica y al patrón de marcha) permite seleccionar una estrategia específica entre soluciones quirúrgicas y/o conservadoras orientadas a maximizar la eficacia del tratamiento y a mejorar el patrón de marcha.

Es por ello, que para patrones de marcha complejos, tales como los que se verifican en pacientes con secuela de parálisis cerebral, y el caso particular tratado en este trabajo, con hemiplejía espástica, se hace necesario una adecuada clasificación de la patología, previo a una caracterización de la misma en términos de variables objetivas y repetibles como las ofrecidas por el análisis clínico de la marcha.

Winter y colaboradores (5), proponen una clasificación de la hemiplejía basada en la cinemática de plano sagital del

miembro comprometido obtenida a partir del análisis de la marcha, con cuatro tipos de patrones a ser descritos con detalle mas adelante: I, II, III y IV (Tipo I: tobillo en flexión plantar reductible durante el apoyo; Tipo II: flexión plantar de tobillo irreductible durante todo el apoyo; Tipo III: compromiso del tobillo igual que el Tipo II más disminución del rango de movilidad de la rodilla y Tipo IV: el mismo compromiso del Tipo II y III más disminución del rango de movimiento de la cadera). Si bien es cierto que esta clasificación atiende al hemicuerpo comprometido, cuando se les practica un análisis de marcha a estos pacientes, ellos presentan cierto grado de compromiso del lado contra lateral, especialmente en aquellos casos mas comprometidos (subtipos III y IV) (5). La Dra. Perry argumenta que el proceso de recuperación avanza de las regiones proximales a las distales, diferenciándose en los cuatro tipos mencionados (5).

Más recientemente, con el uso de la cinética del análisis de marcha se subdividió a los tipos III y IV, en dos subtipos cada uno según Stout y Gage (6,7). Sin embargo, poco se ha reportado sobre los estudios de la cinemática de plano transversal en pacientes con hemiplejía espástica

El objetivo del presente trabajo es la identificación y caracterización de los patrones cinemáticos de la pelvis, con énfasis en el plano transversal, como respuesta compensatoria a deformidades de los miembros inferiores en dicho plano en pacientes pediátricos con hemiplejía espástica.

MÉTODOS:

Fueron evaluados 66 pacientes con edades entre 3 y 15 años, controlados en la consulta externa de la Clínica Neuromuscular del Hospital Ortopédico Infantil, tomando como criterio de selección el diagnóstico de disfunción motora subtipo hemiplejía espástica. A todos ellos se les realizó un análisis clínico completo de la marcha entre los años 2003 y 2006, prestando especial interés en la cinemática de la pelvis en plano transversal como mecanismo compensatorio de las deformidades de los miembros inferiores en el mismo plano (anteversión femoral, torsión tibial). Se evaluaron los movimientos de la unidad de locomoción (8) en el plano transversal.

A cada paciente se le realizó un análisis clínico de la marcha siguiendo el protocolo establecido para tal fin en el Laboratorio de Marcha del Hospital Ortopédico Infantil Caracas, Venezuela. El equipo de adquisición utilizado fue el Sistema Vicon 370 (Oxford Metrics LTD), con 5 cámaras infrarrojas (60Hz) y tres placas de fuerza AMTI OR-600 (Advanced Mechanical Technologies, Inc.).

Se registraron variables cinemáticas y cinéticas para tres recorridos con pisadas limpias izquierdas y derechas en las placas de fuerza, caminando el paciente a su propia velocidad. El modelo de marcadores utilizado fue el propuesto por Kadaba (9) y un dispositivo de alineación de rodilla (KAD) que determina el eje de esta articulación.

La evaluación clínica y colocación de los marcadores estuvo a cargo del mismo fisioterapeuta, la calibración de los equipos y registro de datos estuvo a cargo del Ingeniero biomédico del laboratorio y la guía clínica, observaciones e interpretación a cargo del equipo de médicos ortopedistas del laboratorio.

El estudio contempla un video bidimensional, examen físico, medidas biométricas del paciente, previo al registro de las variables cinemáticas (movimiento) y cinéticas (fuerza que los produce). Las gráficas de cinemática reflejan movimientos de la pelvis, cadera, rodilla y tobillo en los tres planos del espacio. La cinética refleja momentos y potencias totales de la cadera, rodilla y tobillo en los planos sagital y coronal.

Los gráficos se generaron con el Vicon Clinical Manager (VCM, Oxford Metrics LTD) incluyendo: consistencias de cinemática y cinética para cada miembro, así como comparación de estas con la normal en el plano sagital, coronal y transversal. Se dispone también de los archivos de datos crudos (C3D, VAD, TVD).

El patrón normal fue comparado con lo reportado en la literatura, con especial atención en los movimientos de la pelvis en el plano transversal durante todo el ciclo de marcha (6), ya que no se pueden medir directamente los movimientos de la columna lumbar por limitación técnica del modelo biomecánico utilizado. No se verificaron los ángulos de caderas, rodillas y tobillos en el plano sagital ya que éstos están suficientemente bien documentados en la literatura (10).

Se realizaron mediciones de los ángulos de rotación pélvica y de cadera, máximas y mínimas, progresión del pie. Los datos se tabularon para obtener la estadística descriptiva utilizando MS-Excel (Microsoft Corp. ®) y se obtuvo el coeficiente de correlación cruzada (p) entre las rotaciones de la pelvis, cadera y los ángulos de progresión del pie.

RESULTADOS

En base a la clasificación descrita por Winter y colaboradores (5), la muestra se distribuyó de la siguiente manera: 32 pacientes del tipo I, 19 del tipo II, 7 del Tipo III, y 8 del tipo IV.

En la muestra utilizada, en el plano transversal (figura 1) la posición de la pelvis del lado afectado se mantiene externa con respecto a la línea de progresión, cuando se presenta una anteversión femoral o una deformidad rotacional interna de la tibia (torsión tibial interna) ipsilateral, en ausencia de deformidades en segmentos distales del miembro contralateral. La misma respuesta, pero contraria, se puede observar en presencia de deformidades rotacionales externas distales con respecto a la línea de progresión. En el cuadro 1 se resumen los parámetros evaluados en función al tipo de hemiplejía.

Las gráficas presentadas anteriormente representan ángulos de rango de movimiento (cinemática) en el plano sagital

Cuadro 1. Parámetros del Análisis de Marcha vs. Tipos de Hemiplejía.

	TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV
Pacientes izquierdos (n)	14	5	4	2
Pacientes Derechos (n)	18	14	3	6
Rotación Pélvica – Miembro Ipsilateral				
Externa	17	15	5	7
Interna	0	2	0	1
DLN	15	2	2	0
Rotación Pélvica– Miembro Contralateral				
Externa	0	1	0	0
Interna	17	16	6	6
DLN	15	2	1	2
AVF Ipsilateral [°] (M ± DS)	41,38 ± 14,54	37,42 ± 16,86	48,17 ± 15,13	36,88 ± 13,08
AVF Contralateral [°] (M ± DS)	34,10 ± 13,24	30,95 ± 11,72	39,67 ± 13,95	24,63 ± 7,15
Rot. Int. Ipsilateral [°] (M ± DS)	54,26 ± 9,42	58,26 ± 8,44	54,86 ± 13,53	58,38 ± 14,73
Rot. Int. Contralateral [°] (M ± DS)	53,19 ± 10,70	52,00 ± 12,27	55,57 ± 22,93	45,00 ± 14,64
Rot. Ext. Ipsilateral [°] (M ± DS)	49,94 ± 9,14	52,58 ± 12,58	45,00 ± 6,43	45,38 ± 12,18
Rot. Ext. Contralateral [°] (M ± DS)	47,00 ± 11,95	55,21 ± 9,79	44,86 ± 14,40	54,13 ± 8,13
Progresión de Pie				
Externa	8	5	2	3
Interna	8	5	4	2
DLN	16	9	1	3

Leyenda: AVF=Anteversión femoral, Rot. Int.= Rotación Pélvica Interna, Rot. Ext.= Rotación Pélvica Externa. Estas dos últimas referidas a la línea de progresión.

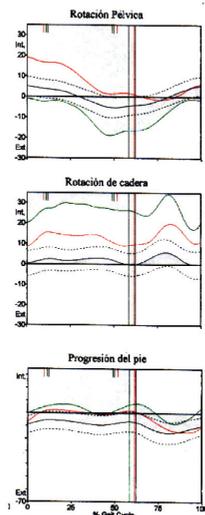
de pelvis, cadera y pie. En el eje de las ordenadas, se cuantifican los grados de movimiento, y en el eje de las abscisas, el porcentaje del ciclo de marcha, el cual se divide en dos fases: apoyo (de 0 al 60%) y balanceo (de 60% al 100%), separados por una línea vertical que representa el despegue de pie.

Por convención, se colocan los trazos de ambos miembros simultáneamente en la misma gráfica, identificando cada miembro con un color (derecho: azul, izquierdo: rojo). Esta convención aplica a todas las gráficas de un análisis de marcha (tres planos del espacio, todos los niveles).

DISCUSIÓN

Los hallazgos cinemáticos del plano sagital fueron compatibles con lo reportado en la literatura (5-7), demostrándose las características más relevantes de cada tipo: Tipo I:

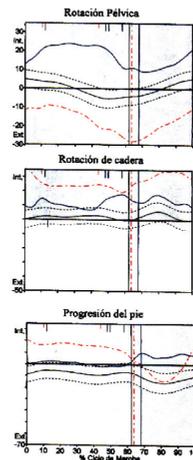
HOSPITAL ORTOPÉDICO INFANTIL
UNIDAD DE LABORATORIO DE MARCHA
ÁNGULOS DE ROTACIÓN DE ARTICULACIONES - Derecha Vs. Izquierda



Tipo I

a) Hemiplejía Derecha Tipo I

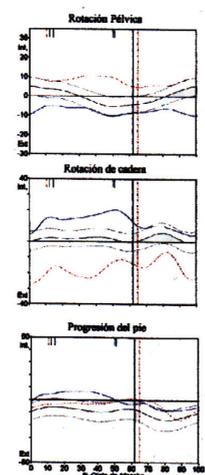
HOSPITAL ORTOPÉDICO INFANTIL
UNIDAD DE LABORATORIO DE MARCHA
ÁNGULOS DE ROTACIÓN DE ARTICULACIONES - Derecha Vs. Izquierda



Tipo II

b) Hemiplejía Izquierda Tipo II

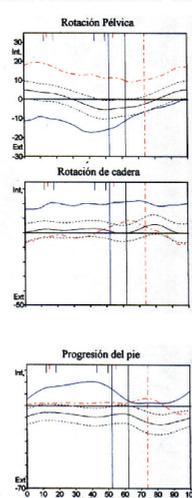
HOSPITAL ORTOPÉDICO INFANTIL
UNIDAD DE LABORATORIO DE MARCHA
ÁNGULOS DE ROTACIÓN DE ARTICULACIONES - Derecha Vs. Izquierda



Tipo III

c) Hemiplejía Derecha Tipo III

HOSPITAL ORTOPÉDICO INFANTIL
UNIDAD DE LABORATORIO DE MARCHA
ÁNGULOS DE ROTACIÓN DE ARTICULACIONES - Derecha Vs. Izquierda



Tipo IV

d) Hemiplejía Derecha Tipo IV

Figura 1. Cinemática típica de plano transverso para Hemiplejía Espástica: a) Tipo I, b) Tipo II, c) Tipo III y d) Tipo IV
Línea negra continua y líneas negras punteadas: media y DS para el patrón normal
Línea roja : miembro inferior izquierdo
Línea azul: miembro inferior derecho

flexión reductible durante el apoyo; Tipo II: estructuración de la flexión plantar durante todo el apoyo; Tipo III: igual alteración en el tobillo que el Tipo II más compromiso a nivel de la rodilla (reducción de movimiento) y Tipo IV: alteraciones presentes en el Tipo III más compromiso a nivel de la cadera (cadera en flexión, reducción de movimientos, etc).

En base a las desviaciones observadas en plano sagital, se deduce que el tratamiento para la hemiplejía Tipo I, debe

estar orientado a restaurar la apropiada posición del pie durante el balanceo y su preparación adecuada para el contacto inicial. La forma más efectiva de lograrlo es por medio de una férula antiequina de acción recíproca, que puede ser acompañada, dependiendo del examen físico, del uso de toxina botulínica.

Para los pacientes con hemiplejías tipo II, en correlación con el estudio del examen clínico, el análisis de marcha demuestra que los músculos más frecuentemente involucrados

son el gastrocnemius y tibial posterior. La corrección quirúrgica más adecuada para este cuadro es el alargamiento intramuscular del tibial posterior (11), hemitransferencia del tibial posterior (12) y el alargamiento tipo Baker del gastrocnemius (13), en conjunto con el manejo del pie caído residual con una férula antiequina.

El análisis del patrón cinemático para el Tipo III refleja que hay un mejor control de la pelvis y cadera que de la rodilla y el tobillo. Los principales músculos involucrados son los isquiotibiales, rectus femoris, gastrocnemius. El tratamiento debe restablecer la extensión completa durante el apoyo y la flexión durante el balanceo. El tobillo debe ser tratado como se describe en el tipo II. En la rodilla, los isquiotibiales frecuentemente deben ser alargados por medio de la aponeurotomía de los músculos involucrados. Sin embargo, esto por sí solo sería insuficiente ya que debido a la coespasticidad del rectus femoris se restringirá la flexión de rodilla (14,15,16).

En el Tipo IV, al igual que en el tipo III la mayoría de los músculos involucrados son biarticulares, y la anteversión femoral está frecuentemente presente por persistencia de la alineación fetal, en ambos grupos. Por lo tanto, el tratamiento será el mismo referido para el tipo III, mas la corrección de la contractura del Psoas por medio de una tenotomía intramuscular como fue descrita por Salter (17). Novacheck (18) demostró que el procedimiento no produce debilidad de los flexores de cadera.

Es de hacer notar, que cualquiera de estos cuatro tipos, puede estar acompañado de alteraciones o deformidades óseas relativas al plano transversal, como por ejemplo: anteversión femoral, torsiones tibiales externas y/o internas, etc. La incidencia de estas alteraciones, tal como se demostró en el presente estudio, aumenta con la complejidad del compromiso (Tipos II, III y IV). Los efectos de este hecho se traducen en la cinemática en mayores desviaciones respecto a la media en la cinemática de plano transversal para pelvis, cadera y progresión de pie.

En todos los pacientes que presentaban deformidad rotacional en los miembros inferiores, fémur y/o tibia, se evidenció la presencia de rotación pélvica como respuesta compensadora.

Aunque no se pueden hacer afirmaciones rigurosas dado el tamaño de la muestra, es de observar también que para cada categoría existen patrones de valores de las distintas desviaciones en plano transversal registradas (rotación pélvica, rotación de cadera en examen clínico, anteversión femoral y progresión de pie) que podrían tener alguna implicación en la caracterización de los cuatro tipos descritos.

En términos clínicos, las alteraciones observadas en la pelvis en el plano transversal tienen como objetivo mantener ambos pies en la línea de progresión, constituyéndose esto en una respuesta compensatoria utilizada por el cuerpo a expensas de mayor consumo energético. En pacientes catalogados

como “dopléjicos”, en quienes por análisis de marcha se demuestra que realmente se trata de triplejías, se observa en el lado más afectado igual comportamiento pélvico que el de las hemiplejías en plano transversal.

En recientes trabajos (6,7,19), con la ayuda de la cinética de marcha, se ha subdividido a los tipos III y IV a su vez en dos subtipos, no considerados en el presente trabajo por tratarse de una subdivisión basada exclusivamente en fuerzas y potencias mecánicas en las articulaciones asociadas al movimiento. Queda la puerta abierta para refinamientos en la caracterización y clasificación de las hemiplejías, que tomen en cuenta aspectos adicionales a la cinemática y la cinética, tales como: los otros dos planos del espacio (transversal y coronal), consumo energético, interacción entre planos y correlación entre cinemática y cinética.

Los hallazgos en el plano transversal encontrados en este estudio cobran importancia puesto que constituyen un aporte al entendimiento de la hemiplejía espástica basada en el análisis de marcha y podrían contribuir al perfeccionamiento de su clasificación.

En conclusión, el análisis de marcha ha permitido tener un profundo y objetivo conocimiento de los mecanismos que intervienen durante la marcha normal, gracias a lo cual, hoy se pueden definir los patrones de movimiento de la marcha patológica, específicamente en la parálisis cerebral infantil, que permiten establecer protocolos de tratamiento tendientes a obtener mejores resultados. Sin embargo se hace necesario un incremento de la muestra y la realización de estudios en los planos coronal y transversal, así como también de la interacción entre planos, cinemática y cinética.

REFERENCIAS:

- 1.- Clancy R, Malin S, Laraque D, Baumgart S, Younging D. Focal motor seizures heralding stroke in full-term neonates. *Am J Dis Child* 1985; 139: 601-606.
- 2.- Levy SR, Abroms IF, Marshall PC, Rosquete EE. Seizures and cerebral infarction in the full-term newborn. *Am Neurol* 1985; 17: 366-370.
- 3.- Volpe JJ. *Neurology of the Newborn*. Philadelphia: W.B. Saunders 2001; p. 217-276.
- 4.- De Vries LS, Groenendaal F, Eken P, van Haastert IC, Rademaker KJ, Meiner LC. Infarcts in the vascular distribution of the middle cerebral artery in preterm and full term infants. *Neuropediatrics* 1997; 28: 88-96
- 5.- Winter TF Jr, Gage JR, Hicks R. Gait Patterns in spastic hemiplegia in children and young adults. *J Bone Joint Surg Am* 1987; 69: 437-441.
- 6.- Stout JL, Gage JR, Bruce R. Joint Kinetic patterns in spastic hemiplegia. *Dev Med Chil Neurol* 1994; 70 (suppl.): 8-9.
- 7.- Gage JR, Barry RS. *Gait Analysis in Cerebral Palsy*. 2ed. London(UK), MacKeith Press; 1991.
- 8.- Perry J. *Gait Analysis: Normal and Pathological Function*. New York: McGraw-Hill, 1992; p.19-47
- 9.- Kadaba MP, Ramakrishnan HK, Wooten ME. Repeatability of kinematic, kinetic, and electromyographic data in normal adult gait. *J Orthop Res* 1989; 7:849-860.
- 10.- Sutherland DH, Santi M, Abel MF. Treatment of stiff-knee gait in cerebral palsy: a comparison by gait analysis of distal rec-

- tus femoris transfer versus proximal rectus release. *J Pediatr Orthop* 1990; 10: 433-441.
- 11.- Majestro MD, Ruda MD, Frost MD. Intramuscular lengthening of the posterior tibialis muscle. *Clin Ortho Relat Res* 1971; 79: 59-60.
 - 12.- Kling TF, Kaufer H, Hensinger RN. Split posterior tibial tendon transfer in children with cerebral spastic paralysis and equinovarus deformity. *J Bone Joint Surg Am* 1985; 67: 186-194.
 - 13.- Baker LD. A rational approach to the surgical needs of the cerebral palsy patient. *J Bone Joint Surg Am* 1956; 38: 313-323.
 - 14.- Baumann JU, Ruetsch H, Schurmann K. Distal hamstring lengthening in cerebral palsy. An evaluation by gait analysis. *Int Orthop* 1980; 3: 305-309.
 - 15.- Gage JR, Perry J, Hicks RR, Koop S, Wertz JR. Rectus Femoris transfer to improve knee function of children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1987; 29: 159-166.
 - 16.- Fabry G, Liu XC, Molenaers G. Gait pattern in patients with spastic diplegic cerebral palsy who underwent staged operations. *J Pediatr Orthop B* 1999; 8: 33-38
 - 17.- Salter RB. Role of the innominate osteotomy in the treatment of congenital dislocation and subluxation of the hip in the older child. *J Bone Joint Surg Am* 1966; 48: 1432-1439.
 - 18.- Novacheck TF, Trost JP, Schwartz MH. Intramuscular psoas lengthening improves dynamic hip function in children with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 2002; 22:158-164.
 - 19.- Gage JR. *The Treatment of Gait Problems in Cerebral Palsy*. 1 ed. London(UK), MacKeith Press; 2007.