

Prevención de las displasias de cadera mediante los programas de bipedestación en abducción en niños con parálisis cerebral diplejía espástica.

M. Lourdes Macias Merlo

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.



**PREVENCIÓN DE LAS DISPLASIAS DE CADERA MEDIANTE
LOS PROGRAMAS DE BIPEDESTACIÓN EN ABDUCCIÓN EN
NIÑOS CON PARÁLISIS CEREBRAL DIPLEJÍA ESPÁSTICA**

**Tesis doctoral para optar al grado de doctor en el programa de doctorado
en Fisioterapia**

**Doctorando: M.Lourdes Macias Merlo. Universitat Internacional de
Catalunya. Facultat de Medicina i Ciències de la Salut, Departament de
Fisioteràpia 2016**

**Directores de tesis: Dra. Caritat Bagur Calafat y Dra. Montserrat Girabent
Farrés**

AGRADECIMIENTOS

Antes que nada dar gracias a Dios por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi perseverancia e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino aquellas personas que me han dado apoyo, ayuda y compañía durante todo el periodo del doctorado como Eva Brogren, Eva Normark, Verónica Robles y especialmente a la incansable ayuda de Wayne Stuberg. Así mismo agradecer a mis directoras de tesis Caridad Bagur y Montserrat Girabent que me han aportado inconmensurables conocimientos y han dedicado tiempo, pasión, entusiasmo y toda su experiencia para que esta tesis haya sido posible. Agradecer hoy y siempre a mis padres porque a pesar de no estar presentes seguro que se sienten una vez más orgullosos de su hija.

Y como no a mi marido Joaquin Fagoaga por tener la suerte de recibir su apoyo y compartir juntos este proceso, y a mis hijos Miriam, Júlia, Sergi por haber respetado todo el tiempo dedicado y animarnos en esta aventura y a nuestro yerno Pau Bronsoms que por su estimable ayuda en los temas informáticos.

Agradecer de forma especial a todos los niños y sus familias por su continua cooperación pues sin su ayuda habría sido imposible realizar este estudio.

"EL MIEDO ES LA DISCAPACIDAD MÁS GRANDE DE TODAS..."

Nick Vujicic. Orador, autor del libro "No Arms, No Legs, No Worries!".

Director de Life Without Limbs. Nació con el síndrome de tetra-amelia

CONTENIDO

1. PRESENTACIÓN	1
2. RESUMEN	7
3. INTRODUCCIÓN	11
3.1 Parálisis Cerebral	13
3.1.1 Clasificación	13
3.1.2 Etiología de la parálisis cerebral y diplejía espástica	17
3.2 Sistema de clasificación de la función motora en la parálisis cerebral	20
3.3 Consecuencias clínicas de la espasticidad	27
3.3.1 Efectos de la espasticidad con el crecimiento	28
3.4 Intervención fisioterapéutica para evitar el desarrollo de contracturas musculares	34
3.5 Desarrollo acetabular en la infancia y valoración y de los parámetros acetabulares	35
3.6 Alteraciones del desarrollo acetabular en niños con parálisis cerebral	41
3.7 Programas de bipedestación para la prevención de displasias de cadera	47
3.7.1 Plano ventral	52
3.7.2 Standing	53
3.7.3 Standing en Abducción	54
3.8 Programa de bipedestación en abducción para niños con diplejía espástica	55
3.8.1 Confección del standing en abducción	56
3.8.2 Utilización del programa de bipedestación	57
4. JUSTIFICACIÓN	61
5. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	63
5.1 Hipótesis	65
5.2 Objetivos generales	65
5.2.1 Objetivos específicos	65

6. MATERIAL Y MÉTODOS	67
7. RESULTADOS	73
8. DISCUSIÓN	111
9. CONCLUSIONES	119
10. LIMITACIONES Y LÍNEAS DE FUTURO	123
11. BIBLIOGRAGÍA	127
12. ANEXOS	139
12.1 Anexo 1. Documento de información a los participantes del estudio de investigación	141
12.2. Anexo 2. CONSENTIMIENTO INFORMADO	145
12.3. Anexo 3. Consideraciones éticas y consentimiento de datos para los niños del grupo estudio y del grupo control	147
12.4. Anexo 4. Consentimiento informado de los centros colaboradores	148
12.5. Anexo 5. Carta de aprobación del comité de ética de la UIC	149

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Tipos de parálisis cerebral y áreas de del cerebro involucradas en la lesión.: hemiplejía, diplejía, tetraplejía, atetosis, distónico , atáxico. Adaptado a la Fuente: http://medicaltreatmentguidance.net/6-facts-everyone-should-know-about-cerebral-palsy/	15
Fig. 2 Formas clínicas de parálisis cerebral espástica: Tetraplejía, diplejía, hemiplejía, triplejía, Monoplejía. Adaptado a la Fuente: http://imgarcade.com/1/spastic-diplegic-cerebral-palsy/ ...	16
Fig. 3 Localización de las lesiones comunes en niños prematuros y sus secuelas motoras. Fuente: Mechanisms and manifestations of neonatal brain injury. Adré du Plessis. The identification and treatment of gait problems in cerebral palsy. Gage, Schwartz, Koop,	18
Fig. 4 Consecuencia de la disminución del RDM y contractura de los músculos espásticos que ocurre en niños con diplejía espástica durante el crecimiento	31
Fig. 5 Media de la amplitud de movimiento de los músculos aductores de relacionado con la edad y su valoración en un total de la población de niños con parálisis cerebral (Nordmark y col. 2009)	32
Fig. 6 Media de la amplitud de movimiento de los músculos aductores de cadera relacionado con la edad de valoración en diferentes subtipos de PC (Nordmark y col. 2009)	33
Fig. 7 Versión normal del cuello femoral (A), aumento de la versión o antetorsión (B) y retroversión femoral (C). Fuente: Jake Pett, Suart Pett 2011.....	37
Fig. 8 Compensación de la postura en rotación interna de caderas como consecuencia de la antetorsión femoral. Fuente: http://www.southtexaspodiatrist.com/A-Intoeing-524	38
Fig. 9 Evolución de la inclinación femoral con el crecimiento. Fuente https://www.hss.edu/conditions_femoral-osteotomy-overview.asp	39
Fig. 10 Dibujo para el cálculo de las variables radiológicas (Macias 2002)	41
Fig. 11 Radiografía de cadera normal en un niño con diplejía espástica a los 13 meses.....	42
Fig. 12 Incidencia del desplazamiento de cadera (porcentaje de migración>30%) de acuerdo a los niveles del Sistema de Clasificación de la Función Motora gruesa (GMFCS) (Soo et al.2006)	43
Fig. 13 Radiografía de un niño con diplegia espástica a los 5 años con una subluxación de caderas y coxa valga bilateral	46
Fig. 14 Evolución y desarrollo postural en miembros inferiores que ocurren con el crecimiento en los niños con diplejía espástica.....	46
Fig. 15 Tipos de planos ventrales, comercial y confeccionado con yeso a medida, sin o con abducción	52
Fig. 16 Tipo de Standings comercial y confeccionado con yeso a medida	53
Fig. 17 Tipos de standing en abducción comercial y confeccionado a medida con yeso.	55
Fig. 18 Proceso de confección del standing en abducción.....	57
Fig. 19 Standing en abducción utilizado mientras el niño juega	57

ABREVIATURAS

En el presente estudio se han utilizado las siguientes siglas, abreviaturas y acrónimos que se detallan por orden alfabético.

CDIAP	Centros de Desarrollo Infantil y Atención Precoz
DE	Diplejía Espástica
IA	Índice Acetabular
GC	Grupo Comparación
GE	Grupo Estudio
MTNS	Motoneurona Superior
PC	Parálisis Cerebral
PM	Porcentaje de Migración
RDM	Rango de movimiento
GMFCS	Sistema de Clasificación de la Función Motora en la Parálisis Cerebral
SCPE	Supervivencia de la parálisis cerebral en Europa
SNC	Sistema Nervioso Central

1. PRESENTACIÓN

PRESENTACIÓN

La presente tesis compila el resultado de una investigación sobre un estudio de cohortes en niños con parálisis cerebral (PC) que ha derivado en la elaboración de tres artículos.

En este trabajo se pone en contexto el problema de la PC espástica y sus secuelas, con especial énfasis en una de las consecuencias secundarias que comporta esta patología a nivel músculo-esquelético como son las displasias de cadera y las contracturas musculares de alrededor de la pelvis.

Los programas de bipedestación con material adaptado son una de las estrategias terapéuticas que manejan los fisioterapeutas pediátricos para, entre otros objetivos, prevenir, evitar o reducir las displasias de cadera y evitar el acortamiento muscular.

En esta tesis se aborda una línea de investigación para mejorar la evidencia científica sobre cómo influyen los programas de bipedestación, iniciados en la primera infancia, y en la modalidad del programa de bipedestación en abducción para prevenir las displasias de cadera, para ayudar al desarrollo acetabular y mantener la flexibilidad muscular de los músculos aductores de cadera.

El trabajo de investigación consistió en analizar el rango de movimiento (RDM) de los músculos aductores de cadera de 13 niños con PC diplejía espástica desde que iniciaron el programa de bipedestación en abducción a los 14 meses hasta los 5 años. También se analizaron los datos radiológicos del porcentaje de migración (PM) e índice acetabular (IA) que son medidas que indican el desarrollo acetabular. Posteriormente estos datos se compararon con un grupo de niños con el mismo diagnóstico y nivel de afectación que no usaron el programa de bipedestación. Se analizaron los datos radiológicos de los niños de ambos grupos a los 5 años de edad para valorar y comparar su desarrollo acetabular.

2. RESUMEN

Introducción: La displasia de cadera es la segunda deformidad músculo-esquelética más importante en niños con parálisis cerebral (PC) y se atribuye a la espasticidad y contractura de los músculos aductores y flexores de la cadera. El retraso en la bipedestación, la falta de equilibrio muscular en los músculos de alrededor de la cadera y la reducción del rango de movimiento de los músculos aductores con el crecimiento, es típico en niños con PC espástica. El objetivo de este estudio es investigar los efectos del programa de bipedestación en abducción en la primera infancia, en la prevención de las displasias de cadera y en el mantenimiento de la flexibilidad de los músculos aductores en niños con diplejía espástica.

Metodología: 13 niños con PC diplejía espástica, clasificados en el nivel III, según el Gross Motor Function Classification System (GMFCS), y que se atendieron en Centros de Desarrollo Infantil y Atención Precoz de Barcelona (CDIAP), realizaron un programa de bipedestación en abducción entre los 12-14 meses de edad hasta los 5 años. Estos niños presentaban un retraso en la adquisición de la bipedestación autónoma con tendencia a realizar una bipedestación y marcha asistida en tijera, debido a la espasticidad de los músculos aductores. A la edad de 12-14 meses se les confeccionó un bipedestador o standing en abducción, para que lo usaran en su domicilio 45 minutos diarios. Se explicó a los padres el objetivo de este programa y se realizó un asesoramiento y seguimiento del programa según las necesidades de cada familia. Se valoró el rango de movimiento (RDM) de la abducción de caderas al inicio del programa y a los 5 años. A esta edad se valoró, a través de las medidas radiológicas el porcentaje de migración (PM) e índice acetabular (IA) de cadera, por ser las medidas más comúnmente usadas para valorar el estado acetabular. Posteriormente se compararon los resultados radiológicos del PM e IA de este grupo estudio (GE), con un grupo de comparación (GC), con el mismo diagnóstico y nivel de afectación que no hubieran participado en un programa de bipedestación.

Se calculó el PM de las caderas derechas e izquierdas de los niños de ambos grupos a través de una radiografía hecha a los 5 años. También se calculó la

Resumen

media del PM e IA máximo y mínimo como valores que indican los valores peores y mejores del desarrollo acetabular en ambos grupos, así como la diferencia del PM como diferencia entre estos valores para comparar si la simetría del crecimiento acetabular fue diferente entre los dos grupos. Se usó el test de U de Mann-Whitney para comparar las diferencias del PM e IA máximo y mínimo entre el GE y GC.

Para valorar las diferencias de las medidas goniométricas del RDM de las caderas de los niños del GE se utilizó el test U de Mann-Whitney.

Para establecer la correlación entre la variable RDM y el MP e AI del GE, se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman con el fin de dilucidar si la abducción de la cadera está relacionada con una reducción de la displasia de cadera. Se realizó un análisis estadístico para ambos grupos, comparando las variables cuantitativas, mediante un test t-student en caso de cumplirse la normalidad.

Resultados.

Los resultados principales de este estudio indican que es posible mantener el RDM en los músculos aductores espásticos y su flexibilidad a través de un programa de bipedestación en abducción diario durante los primeros 5 años del desarrollo.

En todos los niños del grupo estudio (GE), el PM se mantuvo dentro de límites estables (13-23%) a la edad de 5 años, en comparación con los niños que no realizaron el programa (12-47%) ($p < 0,000$).

Entre el GE y GC hubo una diferencia significativa del PM de la cadera izquierda (p -valor = 0,019). Para los valores máximos y mínimos de PM (PM-Max y PM-Min), solo hubo una diferencia significativa para los valores máximos (p -valor = 0,762). Los valores del PM-Max e IA-Max fueron más simétricos y dentro de valores estables en las caderas de la cohorte de niños que usaron el programa de bipedestación en abducción. En el GE se encontró una correlación significativa entre el MP máximo y el RDM a los 5 años de edad.

Conclusiones. Un programa de bipedestación en abducción de cadera utilizado diariamente en los primeros años de edad previene las displasias de

cadera, ayuda a un desarrollo acetabular simétrico, y dentro de valores estables, y mantiene el rango de movimiento de los músculos aductores de cadera en niños con PC diplejía espástica con un nivel III según el GMFCS, en comparación al GC que no usaron el programa de bipedestación.

Palabras clave: parálisis cerebral, diplejía espástica, prevención displasias de cadera, espasticidad, rango de movimiento, programa de bipedestación,

Key words: cerebral palsy, spasticity diplegia, hip dysplasia prevention, spasticity, range of motion, standing program.

3. INTRODUCCIÓN

3.1 Parálisis Cerebral

La parálisis cerebral (PC) es un grupo de trastornos del desarrollo, del movimiento y la postura, con limitación de la actividad y como resultado de una lesión no progresiva que ha ocurrido en el cerebro del feto, durante el parto o durante los primeros 2 años de vida. Los trastornos motores de la PC están a menudo acompañados de alteraciones de la sensibilidad, la cognición, la comunicación, la percepción y/o el comportamiento y/o epilepsia. La PC es un trastorno del neurodesarrollo bien conocido que afecta al niño recién nacido, y persiste durante toda la vida (1). Aunque se trata de una lesión del sistema nervioso central (SNC) no progresiva, una de las consecuencias secundarias son las alteraciones músculo-esqueléticas que ocurren con el crecimiento. La PC no se puede curar, pero las intervenciones pueden mejorar las capacidades funcionales, la participación y la calidad de vida (1,2).

La PC es la discapacidad física más frecuente en la infancia (1,3). La incidencia de la PC en los últimos 40 años es del 2-2.5 por 1000 de niños nacidos vivos (4,5).

La clasificación de la PC cubre una amplia gama de presentaciones clínicas y grados de limitación de la actividad y se utiliza para categorizar en grupos o tipos de PC (6). El grado de deterioro depende de la ubicación y gravedad de los daños irreversibles en el cerebro y oscila desde alteraciones motoras menores a la implicación de todo el cuerpo (2,7).

1.1.1 Clasificación de la Parálisis Cerebral

Según donde se localice la lesión en el cerebro, la PC se clasifica en tres principales categorías: espástica (hemiplejia, diplegia y tetraplejia) disquinética o distónica (atetosis, coreoatetosis, distonia) y atáxica (5,8-10) (Figura 1):

Introducción

- Espástica: Es la alteración más común de la PC caracterizada como una alteración de la postura y movimiento dependiente del tono muscular. Los síntomas más frecuentes son: hipertonía, hiperreflexia, rigidez de los movimientos, incapacidad de relajar los músculos. La lesión está localizada en la vía piramidal (2, 8,11).

- Atetósica: es un trastorno caracterizado por movimientos de torsión involuntarios o incontrolados causados por una lesión del sistema extrapiramidal (12). En esta situación, el individuo presenta frecuentes movimientos involuntarios que interfieren con los movimientos normales del cuerpo. Se producen movimientos distónicos de contorsión de las extremidades, de la cara y la lengua, gestos, muecas y alteraciones del lenguaje. La lesión de los ganglios basales del cerebro es la causa de esta condición. La lesión está localizada en la vía extrapiramidal.

- Atáxica: se caracteriza por lesiones en el cerebelo y problemas con el equilibrio y coordinación de los movimientos (11,13). En esta condición el individuo presenta una alteración del equilibrio corporal y una marcha insegura, dificultades en la coordinación y control de las manos y de los ojos. La lesión está localizada en el cerebelo.

- Formas mixtas: Incluyen una combinación de características que incluye: espasticidad con atetosis o ataxia.

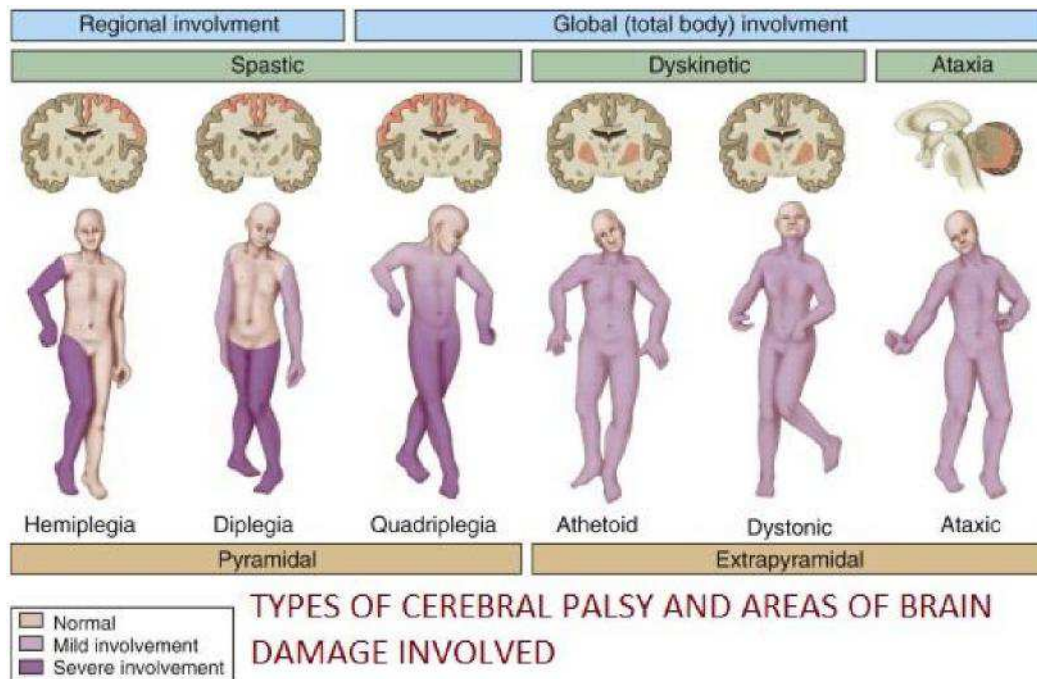


Figura 1 Tipos de parálisis cerebral y áreas de del cerebro involucradas en la lesión.: hemiplejía, diplejía, tetraplejía, atetosis, distónico, atáxico. Adaptado a la Fuente: <http://medicaltreatmentguidance.net/6-facts-everyone-should-know-about-cerebral-palsy/>

Por otra parte, las alteraciones cambian constantemente a lo largo el ciclo de vida cuando el niño crece, se desarrolla y compensa las anomalías subyacentes para adaptarse a las demandas cambiantes del entorno (15).

Tradicionalmente la PC espástica se ha clasificado según la distribución topográfica de tono muscular anormal, postura o movimiento que indica cual es la parte del cuerpo afectada, se puede distinguir entre (3,9,11) (figura 2):

- Hemiplejía (hemiparesia): La afectación involucra la pierna y brazo del mismo lado.
- Diplejía: Involucra ambas piernas (algunas limitaciones en brazos).
- Tetraplejía: implica las dos piernas y los brazos.
- Triplejía: Indica afectación de tres miembros. Esta afectación es poco frecuente, ya que la extremidad no afectada, aunque suele ser funcional, también suele estar afectada pero con menor intensidad y, en muchos casos, se trata de una tetraplejía con menor afectación de un miembro, o una diplejía con hemiplejía.

Introducción

- Monoplejía: Presupone la afectación de un miembro, pero al igual que la triplejía no se da de manera pura, también suele haber afectación con menor intensidad en alguna otra extremidad.

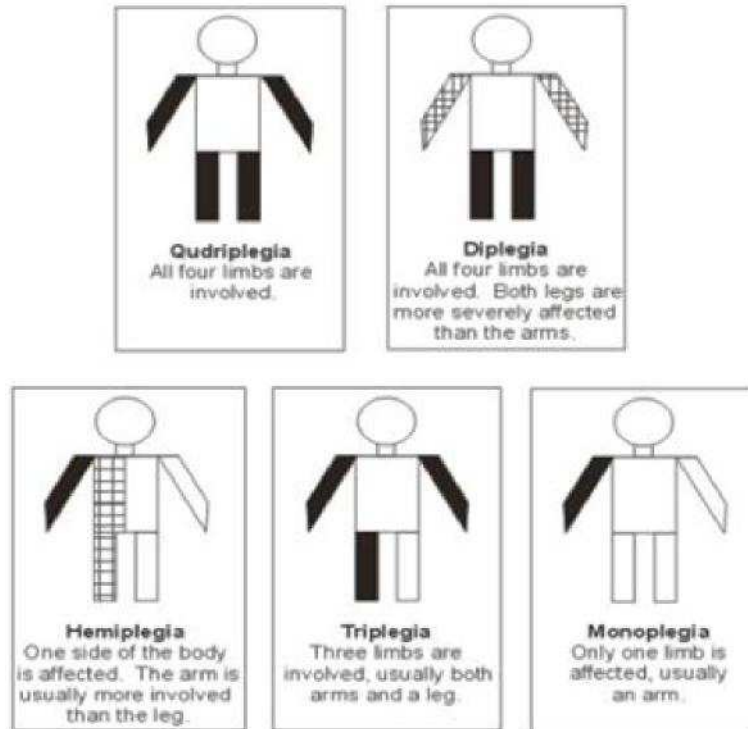


Figura 2 Formas clínicas de parálisis cerebral espástica: Tetraplejía, diplejía, hemiplejía, triplejía, Monoplejía.
Adaptado a la Fuente: <http://imgarcade.com/1/spastic-diplegic-cerebral-palsy/>

La PC espástica es el resultado de la lesión de la corteza motora o proyecciones de la materia blanca hacia y desde las áreas sensorio-motoras corticales del cerebro y es el tipo de PC más común, afectando al 70-80% de los niños con PC (5,14). La espasticidad se caracteriza por la resistencia al movimiento pasivo con aumento del tono muscular, sinergias anormales de movimiento, control muscular selectivo pobre, limitación del rango activo de movimiento (RDM) debido a la co-activación de los músculos agonistas y antagonistas, y control postural anormal (15). En consecuencia, la PC espástica afecta a varios músculos del tronco y las extremidades en función de la gravedad de la lesión de la neurona motora superior (16). La hiperactividad

de los músculos espásticos tiene un impacto funcional en el niño y afecta al desarrollo y mantenimiento de la postura, equilibrio y marcha (17).

3.1.2 Etiología de la parálisis cerebral y diplejía espástica

Las causas de la PC han ido cambiando con el tiempo, es más frecuente en países subdesarrollados donde el cuidado pre y post-natal es deficiente y con carencia de déficits nutricionales. La prevalencia de niños con PC no ha disminuido a pesar de las mejoras obstétricas y cuidados perinatales. Esto puede ser debido a un aumento en la incidencia de PC en niños que han sido prematuros debido al aumento de supervivencia de niños prematuros con peso muy bajo (18-20). Alrededor del 10% de niños con bajo peso desarrollan PC, y en un 90% la causa es debida principalmente a una leucomalacia periventricular (21-24).

Aunque la supervivencia de los prematuros de peso inferior a 1500 gr. ha mejorado en las últimas décadas, existe un número significativamente importante de niños que pueden presentar secuelas del sistema nervioso central, como hemorragia de la matriz germinal/intraventricular, hidrocefalia post-hemorragia, lesión neural y daño de la sustancia blanca. Entre las principales y más comunes se encuentra la hemorragia intraventricular y la leucomalacia periventricular (25,26).

Las lesiones que se producen en un cerebro en desarrollo, ya sea en el feto o en el recién nacido, pueden producir problemas diferentes, dependiendo de la estructura y función del cerebro en el momento de la lesión. Los efectos de la lesión del sistema nervioso central (SNC) difieren según el estado maduracional del sistema. Si la interferencia del cerebro es debida, por ejemplo, a teratógenos, infecciones o alteraciones genéticas, dentro de la gestación precoz, interferirá con la producción celular y la emigración neuronal. Los efectos de la lesión cerebral en niños prematuros también suele ser diferente de los de los niños a término. El niño prematuro presenta el riesgo de

Introducción

tener un retraso en la mielinización debido a los efectos de la hemorragia hipóxica-isquémica o hemorragia intracraneal (12).

La Diplegia espástica (DE) es una de las secuelas más frecuentes que se asocian a la lesión cerebral denominada leucomalacia periventricular y suele ser un tipo de secuela neurológica que pueden sufrir los niños prematuros de bajo peso (27,28). La leucomalacia periventricular bilateral, lesión cercana a los ventrículos de la base, involucra las vías descendentes de las fibras piramidales que corresponden a los miembros inferiores y da lugar a la típica foto clínica de diplegia espástica (Figura 3) (hemisferio derecho del dibujo). Por eso la DE se caracteriza porque la espasticidad es más intensa en miembros inferiores que en miembros superiores (29). Si la lesión es más amplia implica las vías descendentes de los brazos, piernas e incluso la cara dando lugar a la típica forma de tetraplejía (hemisferio izquierdo de la Figura 3)

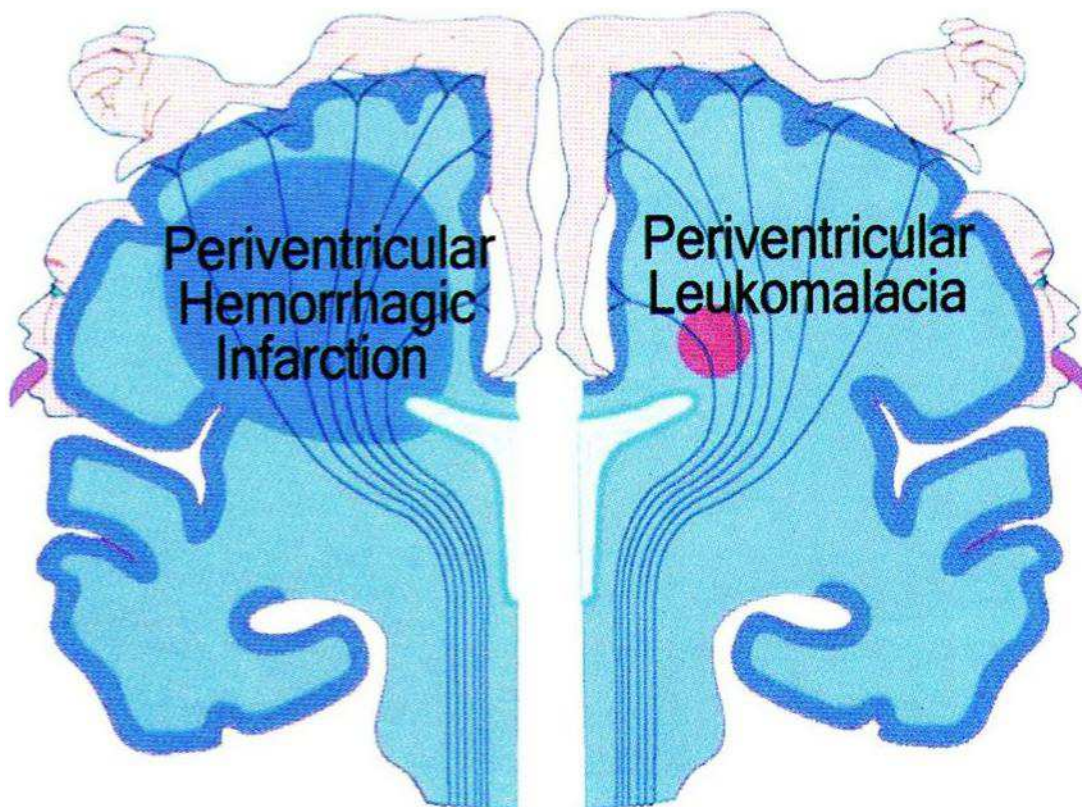


Figura 3 Localización de las lesiones comunes en niños prematuros y sus secuelas motoras. Fuente: *Mechanisms and manifestations of neonatal brain injury*. Adré du Plessis. *The identification and treatment of gait problems in cerebral palsy*. Gage, Schwartz, Koop, Novacheck . Mac Keith Press 2010.

La espasticidad es una alteración motora que se caracteriza por un aumento de la velocidad-dependiente de los reflejos tónicos de estiramiento (tono muscular) con una exageración de los reflejos tendinosos y como resultado de una hiperexcitabilidad de los reflejos de estiramiento medulares, como un componente del síndrome de la motoneurona superior (MTNS) (16,30).

En presencia de hipertonia espástica, la resistencia aumenta con la velocidad de los movimientos pasivos. Estas contracciones del músculo estirado son referidas como reflejos de estiramiento tónico. Estos reflejos también se han estudiado durante la contracción muscular, en parte para determinar como el papel de la hiperexcitabilidad de estos reflejos podrían jugar un papel en la alteración del movimiento ante el síndrome o lesión de la MTNS. La cantidad de contracción muscular refleja está en correlación y es lineal con la velocidad del estiramiento, esto confirmaría que la espasticidad es dependiente de velocidad (16).

Después de una lesión en el SNC, se denomina hipertonia cuando existe un aumento (velocidad-dependiente) de la resistencia al movimiento pasivo con reflejos tendinosos exagerados debido a una hiperexcitabilidad de los reflejos de estiramiento, como un componente del síndrome o lesión de la MTNS. Esto puede ser un aumento de excitabilidad en la MTN alfa que provoca un aumento de la respuesta al estiramiento o impulso de contracción evocada desde su huso músculo y órganos de Golgi o un desorden dentro del mecanismo de reflejos de estiramiento que podría alterar el umbral de los reflejos de estiramiento (31). Una consecuencia del aumento del tono muscular es la falta de flexibilidad del músculo. Por tanto, el término hipertonia y espasticidad es utilizado para valorar el aumento de tensión que ofrece el músculo cuando una articulación es movida en su amplitud articular y dependiente de la velocidad.

3.2 Clasificaciones de la función motora en la parálisis cerebral

En 1997 Palisano et al. realizaron un Sistema de Clasificación de la Función Motora Gruesa en la Parálisis Cerebral (GMFCS). Los investigadores y autores de este sistema de clasificación hallaron que los niños de todos los niveles tienen en cada nivel un desarrollo motor similar relativo a la edad, en el cual el nivel I son los niños con mayor independencia y el nivel V con menos independencia (32). Este sistema de clasificación está validado para ser usado a nivel internacional y fue creado con el objetivo que todos los profesionales involucrados en el abordaje médico y terapéutico de los niños con PC tengan criterios unificados respecto a los niveles de afectación, su evolución y pronóstico, que puede implicar una lesión cerebral en un cerebro inmaduro.

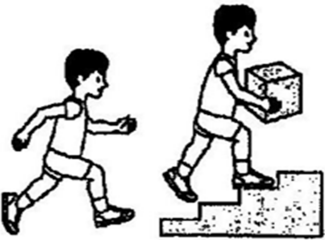
El GMFCS para niños con PC se basa en el propio movimiento autoiniciado, haciendo énfasis especial en la sedestación (control del tronco) y la marcha. Al definir los 5 niveles de clasificación, se refiere a que las distinciones en la función motora entre los diferentes niveles tienen que ser clínicamente significativas. Las distinciones entre niveles de función motora están basadas en limitaciones funcionales, en la necesidad de tecnología para movilidad, incluidos aparatos de movilidad (como caminadores, muletas y bastones) y movilidad en silla de ruedas y, en menor medida, en la calidad de movimiento.


El nivel 1 incluye niños con daños neuromotrices cuyas limitaciones funcionales son menores que las típicamente asociadas a la PC, niños que han sido tradicionalmente diagnosticados como hemiplejía, “disfunción cerebral mínima” o “parálisis cerebral leve“. El enfoque está en determinar qué nivel representa mejor las habilidades y limitaciones de la función motora gruesa presentes en el niño. Se hace énfasis en lo que el niño acostumbra hacer en casa, en la escuela, y en la comunidad. Esto es básico para clasificar el comportamiento motriz natural, no la mejor capacidad.

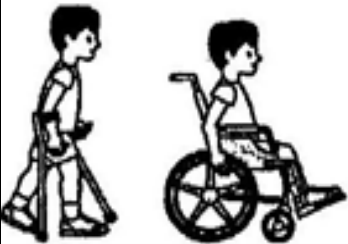
La descripción de los 5 niveles es amplia y no intenta describir todos los aspectos de la función de cada niño en particular. La escala es ordinal y las diferencias entre niveles son diferentes para poder distribuir los niños con PC entre los cinco niveles y según su movilidad física. El resumen de las distinciones entre cada par de niveles se hace para determinar el nivel que más


se acerca al de un niño con una función motora determinada.

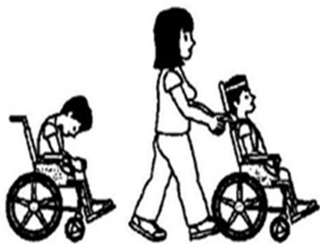
El título para cada nivel representa el nivel más alto de movilidad que un niño puede llegar a conseguir entre los 6-12 años. Esta clasificación depende de la edad, especialmente durante la infancia. Para cada nivel, por lo tanto, se proporcionan descripciones separadas para niños en franjas de edades diversas:

NIVEL 1	
	<p>CAMINA SIN RESTRICCIONES. LIMITACIONES PARA LAS HABILIDADES MOTORAS MÁS AVANZADAS</p>
Antes de los 2 años	
<p>Los niños realizan transiciones a y desde sentados. Se mantienen sentados en el suelo con las manos libres para manipular objetos. Gatean con las manos y rodillas. Se ponen de pie y dan pasos sujetándose a los muebles. Andan entre los 18 meses y 2 años sin necesidad de ayudas de movilidad.</p>	
De los 2 a los 4 años	
<p>Los niños realizan transiciones a y desde sedestación y bipedestación sin ayuda del adulto. Se mantienen sentados en el suelo con las manos libres para manipular objetos. Andan como medio de movilidad preferido sin necesidad de ayudas para la movilidad</p>	
De los 4 a los 6 años	
<p>Los niños se sientan y se levantan de la silla sin necesidad de apoyar las manos. Se incorporan a bipedestación desde el suelo o desde la silla sin necesidad de apoyo. Andan en interiores y exteriores y suben escaleras. Empiezan a correr y saltar.</p>	
De los 6 a los 12 años	
<p>Los niños andan por casa, el colegio y por la comunidad. Son capaces de subir y bajar rampas sin ayuda y escaleras sin utilizar pasamano. Corren y saltan pero la velocidad, el equilibrio y la coordinación están limitados. Pueden participar en deportes y actividades físicas en función de sus opciones personales y de los factores ambientales.</p>	

NIVEL 2	
	ANDAR SIN APARATOS DE AYUDA. LIMITACIONES PARA ANDAR FUERA DE CASA Y POR LA CALLE
Antes de los 2 años	
<p>Los niños se mantienen sentados en el suelo pero pueden necesitar el uso de las manos para mantener el equilibrio. Se arrastran sobre el estómago o gatean sobre manos y rodillas. Pueden intentar ponerse de pie y dar pasos sujetándose a los muebles.</p>	
De los 2 a los 4 años	
<p>Los niños realizan transiciones a y desde sedestación sin ayuda del adulto y se incorporan de pie apoyándose en superficies estables. Se mantienen sentados en el suelo pero pueden tener problemas en el equilibrio cuando usan las dos manos para manipular. Gatean sobre manos y rodillas con un patrón recíproco. Se desplazan sujetándose a los muebles o andan usando alguna ayuda como medio de movilidad.</p>	
De los 4 a los 6 años	
<p>Los niños se sientan en la silla con las manos libres para manipular objetos. Se incorporan a bipedestación desde el suelo o desde la silla pero a menudo precisan una superficie estable para apoyarse o sujetarse con los brazos. Andan en interiores o, en exteriores, en distancias cortas y superficies regulares sin necesidad de ayudas de movilidad. Suben escaleras sujetándose al pasamano pero no son capaces de correr o saltar.</p>	
De los 6 a los 12 años	
<p>Los niños andan de forma autónoma en la mayoría de los contextos. Tienen dificultades en superficies irregulares e inclinadas, distancias largas, lugares llenos de gente o con poco espacio, o si tienen que transportar objetos. Suben y bajan escaleras sujetándose al pasamano o con ayuda de otra persona. En el exterior, en la comunidad, pueden andar con ayuda de otra persona, con un dispositivo de apoyo manual o con una silla cuando tienen que desplazarse distancias largas. Si existe la capacidad para correr o saltar es mínima. Sus limitaciones de movilidad pueden requerir adaptaciones para poder participar en actividades físicas.</p>	

NIVEL 3	
	<p>ANDA CON LA AYUDA DE APARATOS PARA LA MOVILIDAD.</p> <p>LIMITACIONES PARA ANDAR FUERA DE CASA Y POR LA COMUNIDAD</p>
Antes de los 2 años	
<p>Los niños se mantienen sentados en el suelo cuando tienen apoyo en la parte inferior de la espalda. Voltean y se arrastran sobre el estómago.</p>	
De los 2 a los 4 años	
<p>Los niños se mantienen sentados en el suelo a menudo en forma de “W” (con rotación interna de caderas y rodillas) y pueden necesitar ayuda del adulto para sentarse. Se arrastran sobre el estómago o gatean sobre las manos y rodillas (frecuentemente sin patrón recíproco) como medio de autopropulsión. Pueden incorporarse de pie y desplazarse apoyándose cortas distancias. Pueden andar pequeños tramos en casa con un dispositivo de apoyo manual (andador o bastones) y ayuda del adulto para los giros.</p>	
De los 4 a los 6 años	
<p>Los niños se sientan en una silla normal pero pueden necesitar apoyo pélvico o en el tronco para maximizar la función manual. Se sientan y se levantan apoyándose en una superficie estable para sujetarse o impulsarse con las manos. Andan con un dispositivo de ayuda manual para la movilidad en superficies lisas. Suben escaleras con ayuda de otra persona. A menudo son transportados por el adulto en distancias largas o en terrenos irregulares.</p>	
De los 6 a los 12 años	
<p>Los niños andan utilizando un dispositivo de apoyo manual en la mayoría de los espacios interiores. Cuando están sentados pueden necesitar un cinturón para alinear la pelvis o sujetar el tronco. Pasan de sentados a bipedestación y del suelo a bipedestación con ayuda de otra persona o de una superficie para poder sujetarse y apoyarse. Cuando se deslazan en distancias largas utilizan algún tipo de dispositivo de ruedas. Pueden subir escaleras sujetándose al pasamano con supervisión o apoyo de otra persona. Las limitaciones para andar pueden necesitar adaptaciones para permitir su participación en actividades físicas o deportes, incluyendo una silla de propulsión manual o autopropulsada.</p>	

NIVEL 4	
	PROPIA MOVILIDAD CON LIMITACIONES, LOS NIÑOS SON TRANSPORTADOS O UTILIZAN SUS APARATOS DE MOVILIDAD FUERA DE CASA Y EN LA COMUNIDAD
Antes de los 2 años	
Los niños tienen control de cabeza. Se mantienen sentados en el suelo con apoyo completo de tronco. Voltean de prono a supino, y puede que volteen de supino a prono.	
De los 2 a los 4 años	
Los niños se sientan en el suelo cuando se les coloca, pero no pueden mantenerse sentados en el suelo sin apoyo de las manos para equilibrarse. Pierden el control con facilidad. Suelen necesitar ayudas especiales para sentarse o estar de pie. El desplazamiento por una habitación lo consiguen rodando o arrastrándose o con gateo de arrastre.	
De los 4 a los 6 años	
Los niños pueden sentarse en sillas pero necesitan apoyo del tronco para maximizar la manipulación. Para sentarse o levantarse necesitan ayuda del adulto o una superficie estable para impulsarse o sujetarse con los brazos. De forma excepcional andan pequeños tramos con andador y supervisión del adulto pero tienen dificultades para los giros y para mantener el equilibrio en terrenos irregulares. Para el desplazamiento comunitario hay que transportarlos. La autonomía de desplazamiento sólo es posible con sillas autopropulsadas.	
De los 6 a los 12 años	
Los niños utilizan métodos de movilidad que requieren apoyo de otra persona o autopropulsión en la mayoría de los entornos. Precisan asientos adaptados para el control de tronco y la pelvis y apoyo personal para la mayoría de las transferencias. En casa los niños utilizan formas de movilidad a nivel del suelo (arrastrarse, gatear, voltear). Andan distancias cortas con asistencia personal o usan autopropulsión. En el colegio, en exteriores y en la comunidad se les transporta en sillas manuales o utilizan sillas autopropulsadas. Las limitaciones en la movilidad requieren adaptaciones que les permitan participar en las actividades físicas o deportivas, incluyendo la ayuda personal y/o dispositivos autopropulsados.	

NIVEL 5	
	<p>PROPIA MOVILIDAD MUY LIMITADA INCLUSO CON SUS AYUDAS TECNOLÓGICAS</p>
Antes de los 2 años	
<p>Las deficiencias físicas limitan el control voluntario del movimiento. Los niños no pueden mantener la cabeza ni el tronco en contra la fuerza de la gravedad. Necesitan ayuda del adulto para voltear.</p>	
De los 2 a los 6 años	
<p>Las deficiencias físicas restringen el control voluntario del movimiento y la capacidad para mantener la cabeza y el tronco contra la fuerza de la gravedad. Todas las áreas de la función motora están limitadas. Las limitaciones funcionales para sentarse y estar de pie no pueden compensarse plenamente mediante el uso de tecnología de apoyo. En el nivel V, los niños no tienen posibilidades de movimiento independiente y hay que transportarlos. Algunos pueden tener alguna autonomía utilizando una silla autopropulsada equipada con extensas adaptaciones.</p>	
De los 6 a los 12 años	
<p>Se les transporta en una silla manual en todos los entornos. Están limitados en sus posibilidades de mantener la cabeza, el tronco y las extremidades contra la gravedad. Requieren tecnología de apoyo para mejorar la alineación de la cabeza, la sedestación, la bipedestación y la movilidad, pero las limitaciones son de un grado que no es posible una compensación plena con equipamiento. Las transferencias exigen una asistencia personal completa. En casa pueden moverse cortas distancias por el suelo o ser transportados por un adulto. Pueden desplazarse con autonomía usando autopropulsión complementada con abundantes adaptaciones para estar sentados y el acceso a los dispositivos de control. Las limitaciones en la movilidad exigen adaptaciones para poder participar en actividades físicas o deportivas, incluyendo asistencia personal y dispositivos autopropulsados.</p>	

Según el GMFCS, los niños con parálisis cerebral espástica, y de acuerdo a la Supervivencia de la Parálisis Cerebral en Europa (SCPE) , se distribuye en un 32% los niños con nivel I, 29% en el nivel II, un 8% en el nivel 3, un 15% en el nivel 4 y un 16% en el nivel 5 (33).

Introducción

De acuerdo a la Supervivencia de la Parálisis Cerebral en Europa (SCPE-2005) clasifica la PC en diferentes subtipos de trastornos motores (34):

-La PC espástica se caracteriza por la existencia de dos de estos síntomas:

- Patrón de movimiento anormal de la postura o el movimiento.
- Aumento del tono.
- Reflejos patológicos.

-La PC espástica bilateral se diagnostica si:

- Los miembros de ambos lados del cuerpo están involucrados.

-La PC espástica unilateral se diagnostica si:

- Las extremidades de un lado del cuerpo están involucrados.

-La PC atáxica se caracteriza tanto por:

- Patrón anormal de la postura y el movimiento.
- Pérdida de coordinación muscular adecuada y los movimientos se realizan con una fuerza anormal del ritmo y la precisión.

-La PC disquinética está dominado por:

- Patrón anormal de la postura o el movimiento.
- Movimientos involuntarios, no controlados, recurrentes y de vez en cuando movimientos estereotipados.

-La PC distónica se caracteriza por:

- Hipocinesia (reducción de la actividad y movimiento rígido).
- Hipertonía (aumento del tono muscular).

-La PC Coreoatetósica se caracteriza por:

- Hipercinesia (aumento de la actividad y movimiento brusco).
- Hipotonía (disminución del tono muscular).

3.3 Consecuencias clínicas de la espasticidad

Aunque la PC es una lesión cerebral no progresiva, da lugar a una patología muscular secundaria (35). Los niños con PC espástica tienen el tono muscular elevado, disminución de la flexibilidad muscular, pero a la vez debilidad muscular con desequilibrio muscular entre los músculos agonistas espásticos y los antagonistas (33). Durante el crecimiento, el aumento de longitud de la fibra muscular es esencial para el músculo para mantener el ritmo del crecimiento óseo. La capacidad de los músculos para adaptarse en longitud es beneficiosa a menos que el trabajo muscular del RDM se trunque por acortamiento excesivo, como ocurre en los músculos de las extremidades de niños con PC espástica (36).

En estas condiciones, las fibras musculares se contraen en una longitud más corta y se adaptan a este trabajo muscular acortado provocando una disminución del número de sarcómeros (37). La disminución de la amplitud de movimiento o RDM involucra los tejidos blandos, incluyendo tendones, ligamentos y articulaciones. Las contracturas y los cambios en los tejidos blandos llegan a esta situación porque el músculo está mantenido en una posición acortada (36, 38,39).

La inmovilización de los músculos y tendones en situación de acortamiento contribuyen a la reducción de la amplitud de movimiento de los tejidos blandos y es el mecanismo de formación de las contracturas o rigideces articulares. Esta situación puede surgir debido a la espasticidad, espasmos o posicionamiento inadecuado de los músculos débiles. La tensión o rigidez muscular suele residir tanto en los tejidos conectivos pasivos de los músculos, tendones y articulaciones, o en las mismas fibras musculares, donde pueden producirse cambios histológicos y/o estructurales (40). Los músculos inmovilizados a longitudes cortas desarrollan alteraciones en la longitud del tendón que lo hace más corto y rígido. El número de sarcómeros también se reduce en proporción a la longitud reducida, el cual parece mantenerse como miofilamentos solapados. El acortamiento muscular activo crónico se acelera con la pérdida de sarcómeros, aumentando la ratio de colágeno incluyendo cambios de orientación en las fibras de colágeno (41,42). Por tanto, la hiperreflexia espástica

suele provocar el acortamiento muscular conduciendo a la contractura. El aumento de rigidez muscular e hipertonia contribuyen a la disminución de la amplitud de movimiento articular y cambios histológicos en las fibras musculares (43). Las displasias de cadera es la segunda alteración músculo-esquelética en importancia que padecen estos niños, solo superada por el equinismo, y se atribuye a la espasticidad y la contractura de los músculos aductores y flexores de la cadera (37,44). A nivel de cadera son frecuentes las alteraciones como: la flexión de cadera, el aumento de la anteversión femoral, coxa valga, subluxación, deformidad de la cabeza femoral, luxación de cadera, y formación de un pseudo-acetábulo (45,46). Así, la espasticidad del músculo esquelético es una condición que ocurre secundariamente a lesiones de la MTNS y compromete la función del individuo debido principalmente a la disminución de la amplitud de movimiento, disminución de la fuerza muscular y aumento de la rigidez articular. Aunque la etiología de la espasticidad es central, la mayoría de las terapias antiespásticas están dirigidas a nivel de nervios periféricos y músculos. Las intervenciones terapéuticas y médicas incluyen: programas de estiramiento, manejo postural, férulas seriadas, ortesis, tenotomías, neurotomías, baclofen intratecal, infiltraciones de toxina botulínica y estimulación eléctrica muscular (41).

3.3.1 Efectos de la espasticidad en el crecimiento

La espasticidad afecta al crecimiento y maduración en niños con PC espástica. Los músculos espásticos al estar en situación de co-contracción tienen dificultades para adaptarse al crecimiento del hueso. Los músculos del ser humano normalmente crecen en respuesta a la excursión total del músculo y el músculo espástico tiene dificultades en mantener su rango de movimiento total (38).

El desarrollo de contracturas en determinados grupos musculares con disminución del RDM puede ser más rápido según la distribución muscular. En los niños con hemiplejía, la reducción de la excursión muscular del tríceps sural

se establece antes que la de los isquiotibiales, mientras que en niños dipléjicos, la reducción de la excursión muscular de los músculos aductores e isquiotibiales se establece antes que la del tríceps sural (47).

El músculo esquelético se adapta, alterando su estructura (longitud, volumen y diámetro), en respuesta a los cambios derivados de las condiciones de trabajo muscular. El músculo también se adapta, durante el crecimiento y desarrollo, y los cambios en el músculo ocurren como consecuencia de las demandas del crecimiento del hueso, del peso del cuerpo y de la actividad de los músculos. Es decir, las características estructurales del músculo están determinadas por las condiciones de su uso. Los cambios en la longitud del músculo ocurren a través de suma o substracción de sarcómeros. Se ha observado que el número de sarcómeros se altera en respuesta a la inmovilidad impuesta, es decir, según se posiciona el músculo en posición de acortamiento o estiramiento. La regulación del número de sarcómeros parece estar determinado por la longitud impuesta en un músculo más que por su tensión. Cuando un músculo se inmoviliza en una posición acortada, los sarcómeros no se encuentran en la posición de longitud óptima para generar tensión y responde disminuyendo el número de sarcómeros (36,38,48,49). Esto pasa particularmente si el músculo es capaz de contraerse. La longitud de la fibra se acortará para ajustarse a la nueva longitud funcional del músculo. Cuando el músculo se inmoviliza en una posición alargada, su respuesta es que, tras un breve aumento inicial en el número de sarcómeros, le sigue una disminución y la longitud de las fibras musculares disminuye (48,50). Un niño pequeño con espasticidad, y antes que la pérdida de sarcómeros sea evidente, existe un aumento adaptativo del tejido conectivo en los músculos acortados. Un factor que causaría la hipoextensibilidad de las fibras musculares en niños espásticos sería una alteración en la orientación de las fibras de colágeno. La contractura muscular en los niños con PC suele evolucionar de una forma bastante rápida y es debida a la disminución de la longitud muscular, del número de sarcómeros, disminución de la extensibilidad, ausencia de estiramiento completo del músculo espástico y mala adaptación del músculo al crecimiento del hueso (38).

Introducción

Los cambios asociados con la longitud muscular tienen un efecto en las propiedades activas y pasivas del músculo. Las propiedades pasivas que se alteran son: la longitud, la elasticidad muscular y la tensión muscular. Los músculos inmovilizados en una posición acortada no solamente se acortan y pierden sarcómeros, sino que también se vuelven rígidos. La rigidez es la relación que existe entre la tensión pasiva desarrollada y la cantidad de alargamiento muscular al estiramiento. Los cambios más significativos en las propiedades activas de los músculos, importantes en cuanto a las secuelas funcionales, tienen lugar cuando los músculos son mantenidos en situación de alargamiento (por ejemplo: el tibial anterior, separadores de cadera, etc.). Estos músculos no pueden generar tensión cuando el músculo está en su extensión interna, es decir, los músculos antagonistas de los grupos espásticos no pueden generar la capacidad de contracción ya que quedan inmovilizados en posición de alargamiento por su músculo agonista espástico. Estos músculos antagonistas se incapacitan para una contracción activa. Si ésta situación se prolonga, la desventaja biomecánica se hace cada vez mayor. El grupo espástico continuará acortándose, con lo que se reducirán aún más las posibilidades de contracción activa de sus antagonistas. Por ejemplo, un pie en equino o flexión plantar, la actividad del músculo tibial anterior está inhibida por la contracción espástica del tríceps sural y, por tanto, no puede contraerse. Ante una espasticidad de los músculos aductores, la actividad de los músculos abductores, principalmente glúteos medios, está inhibida por la contracción espástica de los aductores y, por tanto, no pueden contraerse, etc. El resultado de este desequilibrio muscular permanente entre agonistas y antagonistas, junto con los cambios degenerativos, incluyendo la alteración de las propiedades musculares pasivas y contráctiles, contribuirían al desarrollo de contracturas y finalmente atrofia muscular (36).

Cuando incrementan los acortamientos y contracturas musculares, la deformidad de los miembros provocará rápidamente una disminución de la función y a menudo ocasionará problemas relacionados con el posicionamiento, las transferencias, la higiene, dolor y hará que el individuo sea más propenso a las úlceras por presión (43,51). Los niños con PC con capacidad de marcha, como los niveles I, II y III según el GMFCS, las

contracturas musculares que desarrollan disminuyen la calidad de la marcha y les limita para las actividades de la vida diaria, así como las actividades de participación en sus entornos y comunidad (42).

Los niños con DE a menudo presentan aumento del tono muscular, debilidad y disminución de la flexibilidad muscular y falta de equilibrio muscular con presencia de espasticidad en los principales músculos biarticulares de miembros inferiores: flexores de cadera, isquiotibiales, aductores de cadera y flexores plantares de tobillo (52). Con el crecimiento, estos músculos suelen perder RDM y en la adolescencia las contracturas musculares provoca la típica posición con flexión de cadera, flexión de rodilla, aducción de caderas y pies en plantiflexión o equinos (52,53) (Figura 4).



Figura 4 Consecuencia de la disminución del RDM y contractura de los músculos espásticos que ocurre en niños con diplegia espástica durante el crecimiento

Nordmark y col. estudiaron el desarrollo de la amplitud de movimiento articular pasivo en extremidades inferiores en relación a la edad y severidad de la función motora gruesa en 393 niños con PC. Observaron que la amplitud media de los aductores de cadera disminuye de 43° a 34°, principalmente en la primera infancia (54) (Figura 5).

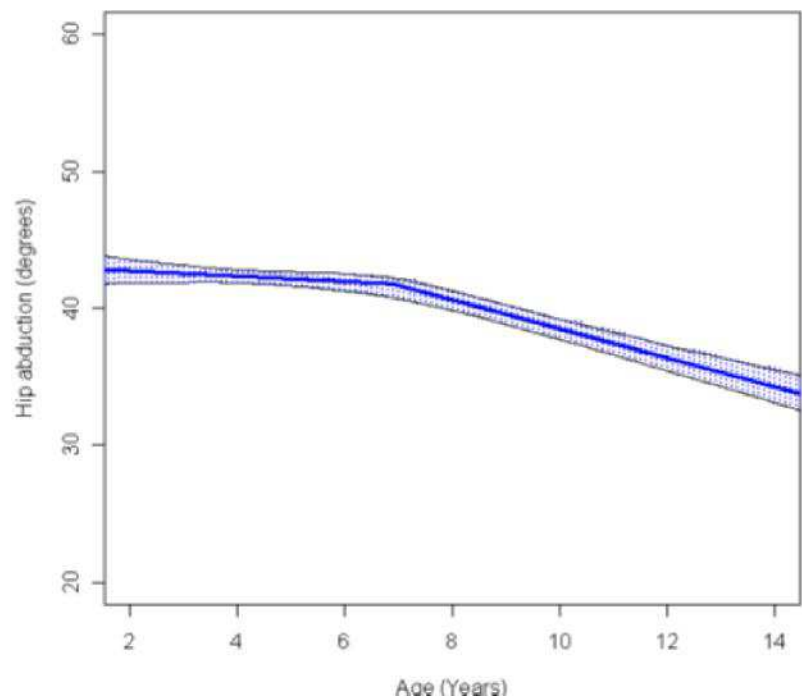


Figura 5 Media de la amplitud de movimiento de los músculos aductores relacionado con la edad y su valoración en un total de la población de niños con parálisis cerebral (Nordmark y col. 2009)

En relación a los tipos de PC y niveles de afectación según el GMFCS, los niños del nivel III o espasticidad bilateral de miembros inferiores sufren una disminución de la amplitud de movimiento de los músculos aductores en su crecimiento. La curva roja correspondería a niños con diplegia espástica donde hay una afectación bilateral de la espasticidad (54) (Figura 6).

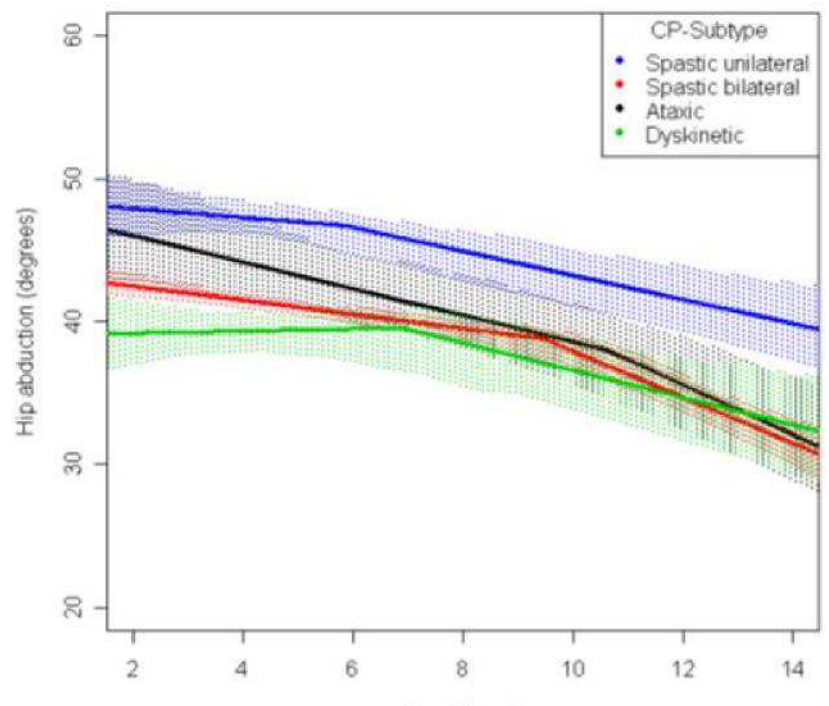


Figura 6 Media de la amplitud de movimiento de los músculos aductores de cadera relacionado con la edad de valoración en los diferentes subtipos de PC (Nordmark y col. 2009)

Los niños con PC diplegia espástica nivel III según el GMFCS generalmente tienen acortamiento y disminución del RDM de los músculos de los miembros inferiores con desequilibrio muscular entre los flexores, aductores y rotadores internos de la cadera que son espásticos y tensos, y los extensores, rotadores externos, y abductores son más débiles (36). Esto, combinado con la disminución de la fuerza muscular voluntaria, déficits en el equilibrio e inadecuado control motor, conduce a un deterioro considerable de las capacidades funcionales, tales como la marcha, la bipedestación la sedestación y las transferencias (54,55). Durante la bipedestación y marcha, los músculos aductores y flexores de la cadera tienden a adoptar un patrón preferencial de flexión de la cadera, aducción y rotación interna, mientras que los abductores, extensores y rotadores externos son globalmente débiles, mal controlados y finalmente alargados como musculatura antagonista, provocando una disminución de la base de soporte en bipedestación y los niños requieren ayuda para mantener la bipedestación con un patrón de marcha en tijera y problemas en el ciclo del paso (37,56). El gasto energético de los miembros inferiores en el patrón de marcha está aumentado y es menos eficiente (52).

Con el crecimiento, el desequilibrio muscular dinámico a menudo provoca contracturas miostáticas en los músculos aductores de la cadera. Estas contracturas también pueden estar relacionadas con cambios progresivos en el fémur y el acetábulo (40,54,56-59).

Según la SCPE, la DE se trata de una PC espástica bilateral con afectación de ambos miembros inferiores. La independencia funcional de la marcha en los niños con PC tipo DE nivel III según el GMFCS la consiguen con ayudas para la movilidad como son los caminadores o muletas y suben escaleras con la ayuda de un adulto (34,60).

3.4 Intervención fisioterapéutica para evitar el desarrollo de contracturas musculares

Los estiramientos se han utilizado ampliamente para el tratamiento y prevención de las contracturas musculares. El uso de estiramientos musculares se basa en la asunción de que el estiramiento aumentará la extensibilidad muscular, preservará el RDM funcional y podrá prevenir o retrasar la necesidad de intervenciones quirúrgicas ortopédicas (61). Sin embargo, existe una evidencia débil y limitada de que los estiramientos pueden aumentar el RDM, reducir la espasticidad o mejorar la eficiencia de la marcha en niños con espasticidad (62,63). La evidencia científica sugiere que la aplicación exclusiva de estiramientos pasivos no es suficiente para evitar que los músculos se acorten (64). Tampoco se conoce la frecuencia de los estiramientos, ya sean activos, pasivos o estiramientos prolongados, que se requieren para prevenir las contracturas en niños espásticos (63).

Los estiramientos combinados junto con contracciones isométricas han demostrado aumentos significativos en la amplitud del movimiento articular y extensibilidad (51). Según Fowless se requiere la contracción muscular en combinación con el estiramiento para preservar el número de sarcómeros y mantener una adecuada longitud de la fibra muscular (65).

En los estudios de niños con espasticidad se encuentra alguna evidencia que indica que el estiramiento mantenido es preferible para mejorar el RDM y reducir la espasticidad en músculos específicos en comparación con el estiramiento manual (62). El estiramiento muscular sostenido se define como "el mantenimiento de una articulación hacia el final del RDM disponible a través de medios biomecánicos tales como bipedestadores o equipos de posicionamiento de pie durante un período prolongado de tiempo" (62,66,67). Las ortesis, férulas y yesos seriados también se utilizan como alternativas al estiramiento mantenido (51, 68,69).

La investigación de Gibson después de estudiar un programa de bipedestación en niños con PC espástica encontró las mejoras en el RDM de los músculos isquiotibiales (70). Otros estudios concluyen que la bipedestación con material adaptado, de al menos 45 a 60 minutos diarios, es óptima para aumentar el RDM de la cadera, rodilla y tobillo (70-73)

Recientemente, la evidencia científica apunta sobre la importancia de controlar las posturas, tanto en bipedestación como en sedestación e intentar que los músculos estén mantenidos en sus amplitudes de movimiento durante al menos parte del día (67, 71, 72,74).

3.5 Desarrollo acetabular en la infancia y valoración y de los parámetros acetabulares

En el recién nacido el acetábulo está orientado hacia arriba y lateralmente. La carga y el movimiento de la cabeza del fémur sobre el acetábulo hacen que vaya creciendo y orientándose hacia abajo. El desarrollo normal acetabular hace que finalmente cubra por completo la cabeza femoral. La cantidad de cobertura acetabular se mide radiológicamente a través del Índice Acetabular (IA) (75).

El fémur proximal y el acetábulo son estructuras músculo-esqueléticas que sufren una modelación durante la infancia precoz. La modelación ósea es un proceso esencial para el cambio en el tamaño y forma del esqueleto. El cambio

Introducción

de geometría del hueso cortical de las extremidades inferiores en la infancia permite orientar las uniones musculares que optimizan los vectores de fuerza y minimizan el coste energético en la verticalidad y en las habilidades locomotoras. El equilibrio en la actividad muscular de la musculatura de alrededor de la cadera y pelvis es primordial para ayudar a esta remodelación ósea (52). La versión femoral en el plano transversal y la inclinación del cuello femoral en el plano frontal son las principales modelaciones que se producen en el fémur proximal.

Los parámetros acetabulares que sufren una modelación en la infancia y que podemos valorar son:

La versión femoral: Es el ángulo formado por el plano del axis central del cuello femoral con el axis transcondilar. La anteversión aparece en el tercer mes de la vida fetal coincidiendo con la rotación del desarrollo de los miembros, disminuye hasta alrededor de los 40° en el nacimiento y continúa disminuyendo con la maduración esquelética hasta los 14° en adultos (75) (figura 7).

La versión femoral normal contribuye a la estabilidad inherente de la articulación de la cadera. Cuando el plano del cuello del fémur es anterior al del plano frontal, la versión se llama anteversión femoral (76-78). La anteversión femoral es normal al nacimiento de los niños con PC, pero puede no disminuir con la edad. Los valores de anteversión en algunos niños con PC suelen ser anormales a partir del año o 2 años de edad. Esto es debido principalmente a la falta de equilibrio muscular y retraso en las cargas de bipedestación.

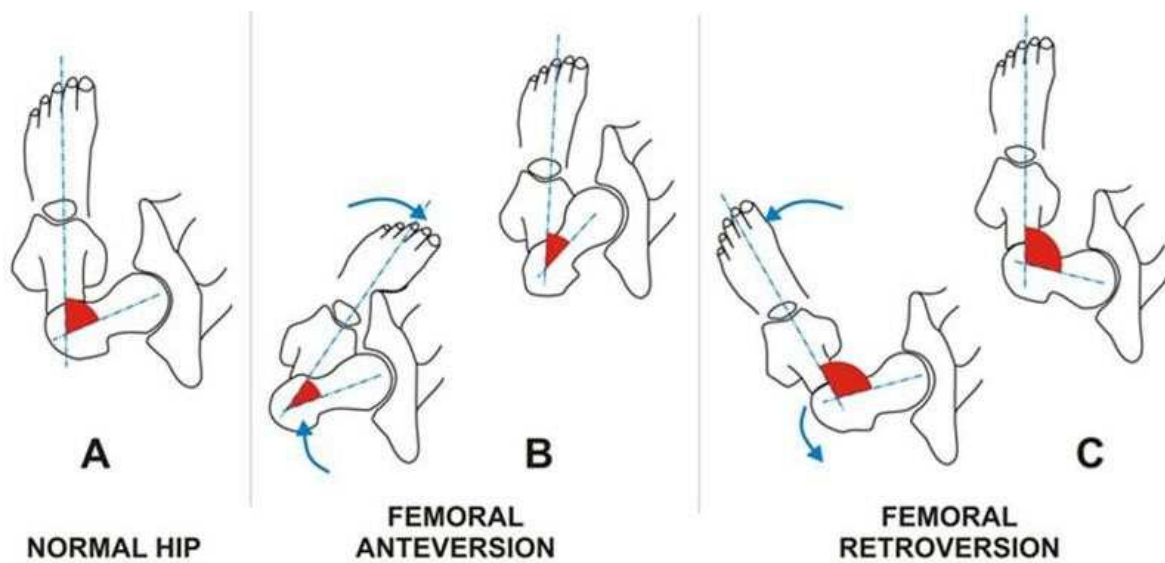


Figura 7 Versión normal del cuello femoral (A), aumento de la versión o antetorsión (B) y retroversión femoral (C). Fuente: Jake Pett, Suart Pett 2011

El aumento de la anteversión y la excesiva actividad de los músculos aductores pueden producir un aumento de la rotación interna de cadera que a menudo se observa en el paso de niños con PC, factor que conduce a una pérdida progresiva de rotación externa pasiva. La excesiva anteversión se denomina antetorsión femoral (75,76) (Figura 8).

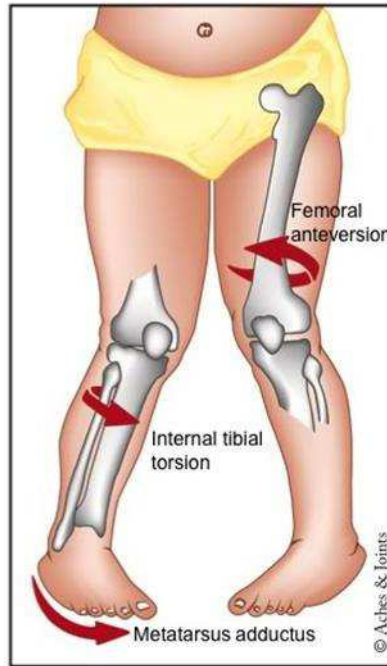


Figura 8 Compensación de la postura en rotación interna de caderas como consecuencia de la antetorsión femoral. Fuente: <http://www.southtexaspodiatrist.com/A-Intoeing-524>

Angulo del eje del cuello femoral o inclinación femoral: Es el ángulo formado por el cuello femoral y el eje femoral en el plano frontal. El ángulo de inclinación es de 140° en el nacimiento y aumenta a los 145° a los 18 meses (Figura 9). Este grado de coxa valga es el resultado del crecimiento vigoroso de la parte medial del plato epifiseal del fémur en la infancia precoz y persiste hasta que los músculos abductores estimulan el crecimiento del trocánter mayor, tiempo en que disminuye el valgo. El valgo femoral disminuye durante la infancia y en la adolescencia, hasta alcanzar valores de aproximadamente 125° , como en los adultos. La aparente posición de valgo femoral anormal en niños con PC es una coxa valga secundaria a un aumento de la antetorsión. El retraso en la bipedestación y la falta de actividad de los glúteos medios contribuyen a la persistencia del valgo femoral (76,78).

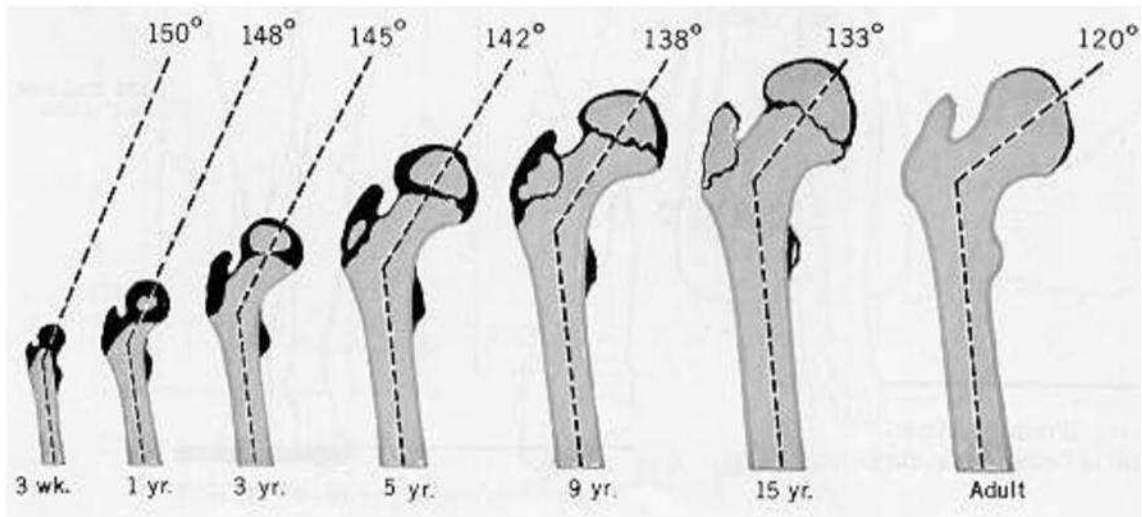


Figura 9 Evolución de la inclinación femoral con el crecimiento. Fuente https://www.hss.edu/conditions_femoral-osteotomy-overview.asp.

Índice Acetabular: Indica la cantidad de cobertura acetabular, su inclinación va disminuyendo a lo largo de la primera infancia a medida que va creciendo y cubriendo la cabeza femoral. Es el ángulo formado por la línea de Hilgenreiner (H) y una línea dibujada desde el margen osificado más lateral del techo acetabular a la intersección de la línea H con el acetábulo. La línea H es una línea dibujada desde el tope más alto de un acetábulo al otro, a nivel del cartílago trirradiado. La línea H normalmente es horizontal (Figura 10). El índice acetabular normal (IA) va de valores de 27 a 42° en el nacimiento, disminuye hasta los 15° a los 3 años, para disminuir a 11° a partir de los 8 años (78). En niños con PC, el IA suele ser normal hasta aproximadamente los 30 primeros meses, pero puede fallar su disminución en la infancia. El acetábulo no se forma debidamente y la línea H se desvía de la horizontal haciendo que el índice acetabular sea más alto de lo normal. Beals observó una pequeña disminución del índice acetabular (IA) en niños con tetraplejía y diplejía que deambularon, sugiriendo que el acetábulo retiene algo de su capacidad para el desarrollo si se realizan cargas en bipedestación en la infancia (76). Sin embargo, la duración del potencial para remodelar de forma aventajada al acetábulo suele ser hasta los 9 años, aunque algunos autores argumentan que la remodelación es posible sólo hasta los 4-5 años (46,76).

Porcentaje de Migración: Es la medida más común para valorar el estado de las caderas en niños con PC. Esta medida indica la cantidad de cabeza femoral osificada descubierta por el techo acetabular y es calculada como el porcentaje de la cabeza femoral, que es lateral a la línea de Perkins en el plano frontal (79). La línea de Perkins se dibuja verticalmente a través del margen osificado más lateral del techo acetabular. El PM se asocia estrechamente al índice acetabular. Para el examen radiológico, la cadera debe estar en una abducción-aducción neutra. La medición del PM puede ser utilizado cuando se sospecha una posible displasia o para valorar el efecto de los programas de bipedestación en el crecimiento acetabular. El PM es más difícil de medir después de los 12 años de edad cuando el cartílago Triradiato se osifica (76,80).

El PM se calcula dividiendo la distancia entre la línea de Perkins (P) y una línea horizontal tangencial a la parte lateral de la cabeza femoral (A), por la distancia entre 2 líneas tangenciales a la cabeza femoral (B) y multiplicado por 100, lo que da un valor de un % de la cabeza femoral descubierta por su acetábulo: $A/B \times 100$ (46,76,79) (Figura 10).

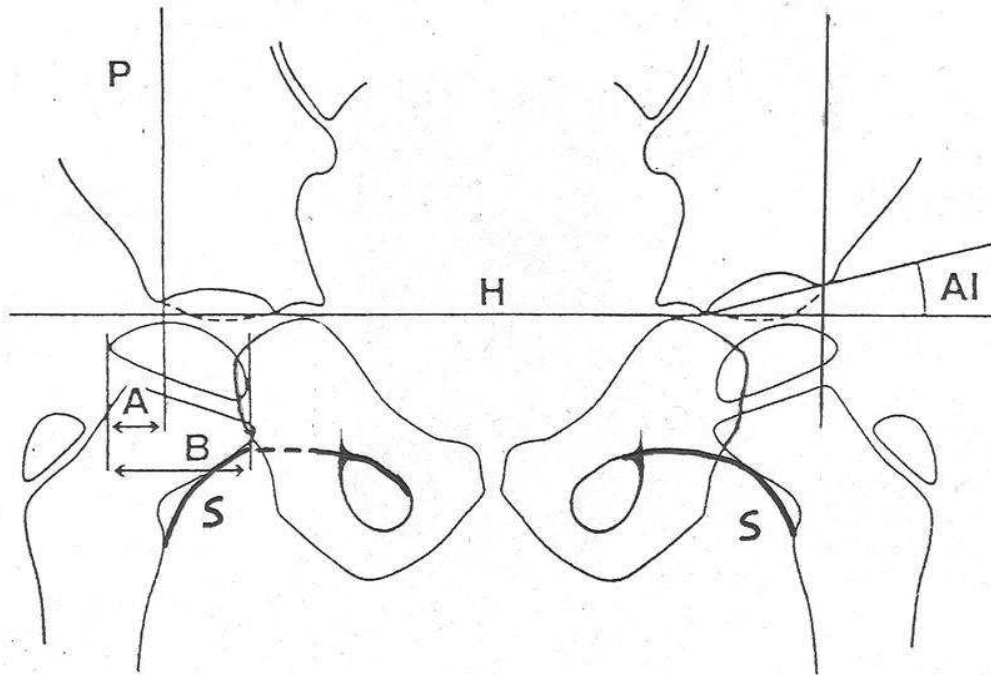


Figura 10 Dibujo para el cálculo de las variables radiológicas (Macias 2002)

3.6 Alteraciones del desarrollo acetabular en niños con parálisis cerebral

La cadera de los niños con parálisis cerebral es normal en el nacimiento (Figura 11), pero el desarrollo de la porción proximal del fémur se altera debido a la falta de equilibrio muscular y a la disminución de la extensibilidad muscular y rango articular que existe alrededor de las articulaciones de la cadera (Figura 13) (54,76,81).



Figura 11 Radiografía de cadera normal en un niño con diplegia espástica a los 13 meses

La tendencia a la luxación de cadera está directamente relacionada con la severidad de la afectación. Los niños con riesgo de desarrollar displasias de cadera son aquellos que tienen una persistencia de posturas con un grado elevado de aducción de cadera, con movilidad reducida y con retraso de las cargas de peso en bipedestación. Los niños que tienen dificultades en mantener la cabeza y estabilidad de tronco raramente adquieren independencia en sedestación, y la incidencia de luxación es del 25% al 30%. Según Gudjonsdottir el predictor más importante de estabilidad de cadera es la edad en que el niño es capaz de levantarse en bipedestación (46).

La incidencia de la displasia de cadera oscila entre el 2% y el 75%, y está relacionada por la edad en el momento del diagnóstico y la intervención para este problema. También se ha estudiado que el desplazamiento de la cabeza femoral está relacionado con los niveles del GMFCS, es decir, la incidencia de la displasia de cadera aumenta en proporción directa con la gravedad funcional como se muestra en la Figura 12 (82).

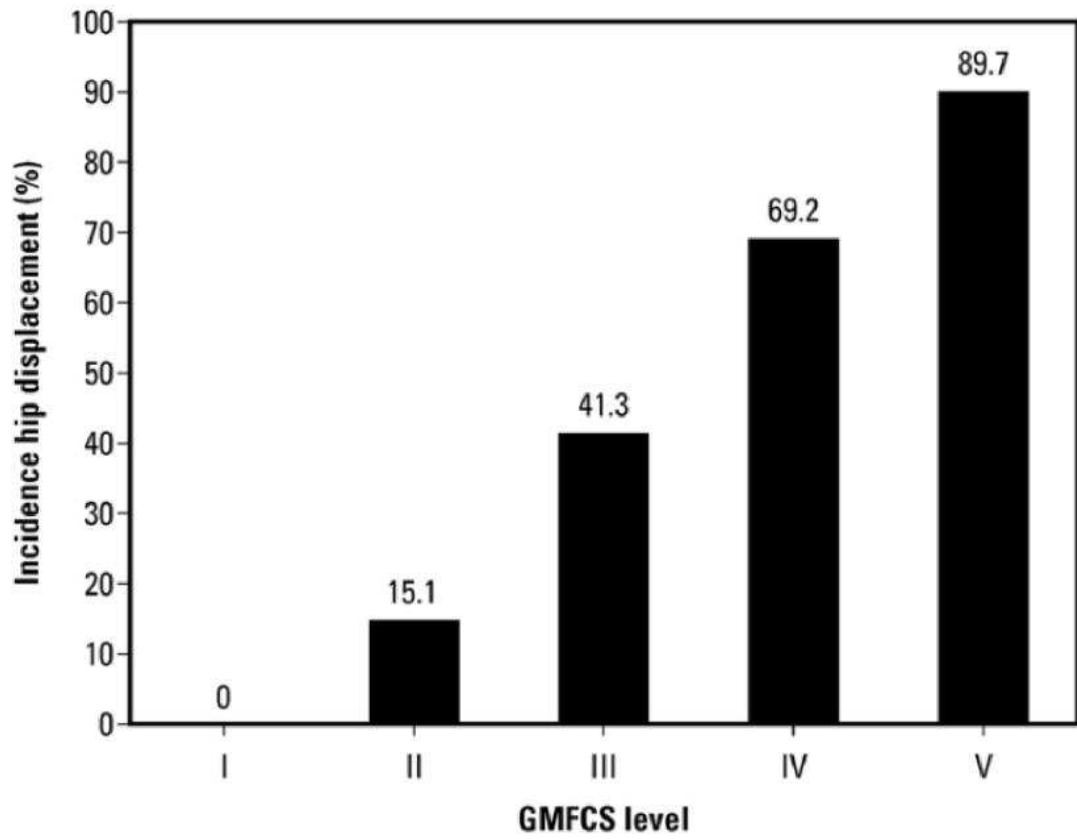


Figura 12 Incidencia del desplazamiento de cadera (porcentaje de migración >30%) de acuerdo a los niveles del Sistema de Clasificación de la Función Motora gruesa (GMFCS) (Soo et al.2006)

El crecimiento acetabular en niños con PC falla alrededor de los 2-3 años (44). Aproximadamente el 60% de los niños que no andan a los 5 años de edad son más propensos a desarrollar subluxación de cadera. La identificación del subgrupo de niños con mayor riesgo de displasia de cadera es esencial en los programas de prevención y planificación en la intervención temprana (83).

La falta de equilibrio muscular de los músculos de alrededor de la cadera junto con el retraso en las cargas de bipedestación conduce a cambios estructurales progresivos y no permite el desarrollo fisiológico de la cavidad acetabular y del fémur proximal, dando lugar a una mala alineación de los componentes articulares de la cadera (84).

Tanto el PM como el IA se alteran en los niños con diplejía y tetraplejía espástica. Ello significa que el crecimiento y desarrollo de la cadera en esta población es anormal y contribuye a una subluxación de la cadera cuando el P.M. alcanza el 40% (76).

El PM y el IA son los dos parámetros más válidos para evaluar el desarrollo acetabular y poder detectar posibles desviaciones en la primera infancia. Esta herramienta de valoración radiológica proporciona al fisioterapeuta y/o clínico un valioso fundamento para estudiar la historia natural de las displasias de cadera y los efectos de la intervención terapéutica (85).

Varios autores han descrito los niveles de estabilidad de la cadera basados en el PM (44, 86,87):

- Un PM inferior al 33%: cadera, está dentro de los límites estables.
- Un PM entre 20-33% es una cadera de riesgo en niños menores de 5 años.
- Un PM entre 30 y 60% es una cadera subluxada.
- Un PM entre 60 y 90% es una subluxación grave.
- Un PM superior al 90% una luxación completa.

Según Terjesen los niños que no pueden andar tienen una progresión del PM por año del 12%, los niños que andan con soporte el 2,7% y los niños que pueden andar el 0,9% (88). Además la progresión del PM por año es más alta en niños de edad inferior a los 5 años. En tetraplégicos la progresión del PM suele ser del 13% por año, antes de los 5 años, y del 7,3% en niños más mayores de 5 años (88).

En general, los niños con DE tienen un riesgo moderado para desarrollar displasia de cadera, pero en los niños con DE espástica clasificados de un nivel III según el GMFCS el riesgo es mayor (44).

Los músculos aductores e iliopsoas espásticos permanecen en estado de co-contracción con debilidad de sus antagonistas, los abductores y extensores. Esto provoca, con el crecimiento, una pérdida del RDM de los músculos aductores y contractura bilateral en aducción de cadera (89,90). La presencia de espasticidad a este nivel interfiere con la bipedestación estable ya que la aducción de caderas disminuye la base de soporte y los niños inician bipedestación o marcha asistida en tijera. Esta dificultad se suma normalmente al equinismo (debido a la espasticidad del tríceps sural), restringiendo la bipedestación autónoma y el aprendizaje para un paso funcional. La desventaja biomecánica de los músculos agonistas espásticos (aductores) con respecto a los músculos antagonistas (abductores) provoca, con el crecimiento, un desarrollo acetabular anormal. Los músculos aductores espásticos suelen adoptar una actitud preferencial en aducción que puede evolucionar hacia la excentración de las cabezas femorales. Los abductores, extensores y rotadores externos son globalmente débiles, mal controlados y finalmente alargados en contraste con los aductores, rotadores internos y flexores que son menos débiles, más espásticos y tienden a ser más cortos, fijando el miembro inferior en flexión, aducción y rotación interna. La exploración radiológica en estas circunstancias muestra un predominio de coxa valga que, junto con la aducción, agrava el apoyo de la cabeza femoral y aumenta la tendencia hacia una displasia de caderas (Figura 13) (56).



Figura 13 Radiografía de un niño con diplegia espástica a los 5 años con una subluxación de caderas y coxa valga bilateral

A nivel clínico, los niños inician una tendencia a la aducción de caderas que, con el crecimiento y el desequilibrio muscular de los músculos espásticos con respecto a sus agonistas, conduce, con el crecimiento, a una inadecuada alineación músculo-esquelético, fallo en el crecimiento muscular y contracturas musculares. La reducción de la excursión muscular debido a la debilidad muscular, la incapacidad para mantener una bipedestación y marcha alineada también contribuyen, con el crecimiento, al desarrollo de contracturas musculares y potencial para deformidades, como son las displasias de cadera (Figura 14) (36,91).



Figura 14 Evolución y desarrollo postural en miembros inferiores que ocurren con el crecimiento en los niños con diplegia espástica

Teniendo en cuenta que la deformidad de cadera es un problema ortopédico

común en la PC, la formación correcta del acetábulo, la cabeza y cuello femoral dependen del sostén temprano del peso del cuerpo en una posición correcta. En consecuencia, la posición de pie o bipedestación parece ser la clave para combatir el problema de la deformidad de la articulación de cadera (84).

Para reducir la incidencia de las displasia de cadera, en 2008 se estableció un protocolo en “The Consensus Statement on Hip Surveillance for Children with Cerebral Palsy”. En este protocolo se recomienda controles radiológicos de cadera en la población de niños con PC y estable indicadores según los niveles del GMFCS y el PM (92). Entre otras recomendaciones, el protocolo recomienda un seguimiento radiológico de la cadera en niños con PC que no andan de forma independiente a los 30 meses de edad o no son capaces de mantener la sedestación sin soporte a los 18 meses.

Según “The Hip Surveillance” los niños que a los 30 meses de edad presenten signos clínicos como: tono muscular anormal, reducción del rango de abducción de cadera $<30^\circ$, asimetría en el RDM, especialmente en la abducción, discrepancia de extremidades, escoliosis, dolor a nivel de cadera, problemas en el sueño, problemas de los padres en el cuidado de la crianza, necesitan un estricto seguimiento radiológico de la cadera y medidas terapéuticas y/o quirúrgicas (92).

3.7 Programas de bipedestación para la prevención de displasias de cadera

La displasia de cadera es la segunda deformidad musculo-esquelética más importante en niños con PC, sólo superada por el equino, y se atribuye a la espasticidad y la contractura de los músculos aductores y flexores de la cadera (93). La incidencia de la displasia de cadera se relaciona con la gravedad de la afectación y la capacidad ambulatoria del niño que está directamente relacionada con el nivel del GMFCS (44). Los niños con PC, con niveles I y II, pueden caminar sin apoyo, y los niños de nivel III según el GMFCS aprenden a caminar con una ayuda a la movilidad, mientras que los niños del nivel IV-V según el GMFCS no pueden caminar sin soporte (60). Aunque los niños con

Introducción

nivel GMFCS IV o V tienen una mayor incidencia de desplazamiento de la cadera, los niños con nivel III también tienen el riesgo de desarrollar contracturas musculares y luxación de cadera (94).

Los niños con PC suelen nacer con una alineación anatómica normal de la cadera. El desarrollo de la cadera se altera posteriormente debido a una combinación de factores como: retraso en los ítems motores (76,92,95), y anomalías de los tejidos blandos, como un desequilibrio del tono muscular con fuertes flexores de la cadera y aductores débiles frente extensores de la cadera y los abductores (96). Esto puede conducir a la disminución del RDM en los músculos aductores, deformidad ósea como coxa valga, anteversión femoral y displasia acetabular, lo que aumenta aún más el riesgo de inestabilidad de la cadera (78,96).

Los problemas derivados de las displasias de cadera repercuten en: el deterioro de la marcha, la disminución de la tolerancia para la sedestación y la bipedestación, el aumento del riesgo para desarrollar escoliosis y oblicuidad pélvica, el aumento del riesgo para desarrollar posturas asimétricas, en la dificultad para los cuidados higiénicos y el dolor (44,46).

El material adaptado como los equipos de bipedestación son comúnmente usados por niños con discapacidad y/o PC para conseguir habilidades funcionales, aumentar la independencia y prevenir o minimizar problemas músculo-esqueléticos (97). Un programa de bipedestación se refiere a la utilización de material adaptado como los bipedestadores (standing, standing en abducción, plano ventral) para conseguir la posición del niño en bipedestación cuando el control motriz es inadecuado como para permitir estar de pie sin la ayuda de éstos recursos (98).

Los beneficios generales que se obtienen de las actividades con carga de peso en bipedestación en niños con PC son (72):

- Beneficios fisiológicos. La verticalización favorece las funciones respiratorias, cardiovasculares, digestivas (97).
- Beneficios neurológicos y psicológicos: La verticalización permite el desarrollo del control muscular postural (mantenimiento del tronco, reacción de apoyo sobre los miembros inferiores), de regular el trabajo de diferentes grupos

musculares, estimular sensaciones propioceptivas en la situación de verticalización, disminuir la intensidad y frecuencia de los movimientos anormales e influye en la orientación del cuerpo en el espacio sobre la actividad muscular tónica (99).

- **Beneficios músculo-esqueléticos.** Ayuda a la remodelación de las caderas: reducción de la coxa valga neonatal y de la anteversión del cuello femoral y horizontalización del cótilo. Esta remodelación se produce gracias a 3 factores: equilibrio de fuerzas musculares que actúan sobre la cadera, centraje de la cabeza femoral dentro del cótilo, cargas en bipedestación y marcha. Estos 3 factores están generalmente alterados en los niños con PC (46, 62,70). Los programas de bipedestación también ayudan a mantener o incrementar el rango de movimiento en los músculos flexores plantares, isquiotibiales y aductores de cadera (70,71,91,100). Salem et al. mostraron mejoras significativas en la marcha y disminución del tono muscular a nivel del soleo usando 45 minutos diarios de un programa de bipedestación (73).
- **Beneficios psico-sociales.** La verticalización permite recrear las condiciones más habituales de contacto con el entorno. Es un enriquecimiento de la organización sensorial en el niño con PC, ya que con la pelvis estable ayuda a estabilizar la cabeza en el espacio mientras puede liberar la movilidad de los miembros superiores asociando una actividad manual-lúdica sin miedo a caerse (101).

A pesar de todos los beneficios que comportan los programas de bipedestación, cabe destacar que las bases teóricas del siglo pasado, enfatizaban que los niños con PC tenían que pasar por todas las etapas ontogenéticas antes que la bipedestación sea viable. Las teorías tradicionales sobre el desarrollo motor sugirieron que el desarrollo ocurre en una secuencia jerárquica e invariable, principalmente dependiente de la maduración cortical. La maduración fue conceptualizada como uniforme y marcada por el paso del tiempo. Las escalas motrices fueron consideradas por los clínicos para suceder como una secuencia neurodesarrollo invariable. Visto desde éste principio, las actividades motrices anteriores proporcionan las condiciones necesarias para las siguientes, es decir, como prerrequisitos para actividades motrices subsiguientes. El desarrollo motor también se ha sido descrito como una progresión en dirección cefalocaudal, el

Introducción

control de la cabeza antes que el control de tronco, el gateo antes que la bipedestación, etc. En clínica y en la práctica fisioterápica se tomaron ciertas restricciones arbitrarias al respecto, por ejemplo, en el desarrollo locomotor, como la necesidad para un niño discapacitado de pasar a través de una secuencia de progresión prona, con una progresión proximodistal y cefalocaudal, antes de experimentar la posición bípeda. Algunos autores, en la historia de la fisioterapia pediátrica, lo han sugerido como una secuencia invariable, como una condición necesaria para desarrollar las funciones corticales superiores (102). Teniendo en cuenta este punto de vista, el modelo terapéutico se traduce en la práctica de una secuencia de patrones de movimientos antes de promover las cargas en bipedestación. Este punto de vista, lleva al fisioterapeuta a trabajar con el niño teniendo en cuenta que la extensión de cabeza y tronco en prono, debe desarrollarse antes que la bipedestación, o gatear antes que andar, etc. Estos criterios han permanecido en la literatura de fisioterapia como criterios durante bastante tiempo (102,103).

Esto significaría que los niños con PC tienen que pasar por todas las etapas ontogenéticas antes que la bipedestación sea viable. Hoy en día aún existen fisioterapeutas que usan en su práctica diaria estas bases teóricas con el riesgo de que los niños inicien bipedestación cuando ya gatean perfectamente. Esto significa que los niños con PC que están tratados con estos modelos terapéuticos no inician bipedestación hasta que tienen un gateo perfecto. Esto puede ocurrir más tarde de los 2-3 años en los niños con diplegia espástica nivel III según el GMFCS y para los niveles IV y V son niños que nunca alcanzarán a realizar el gateo. A esta edad, el desequilibrio muscular derivado de la espasticidad ha provocado pérdida de extensibilidad de los músculos espásticos: aductores, isquiotibiales, tríceps sural y psoas (54).

Algunos niños con PC requieren sólo un soporte postural mínimo en bipedestación y otros un soporte más completo dependiendo de su control postural en los diferentes segmentos del cuerpo. La bipedestación precoz con ayuda del material adaptado como los equipos diseñados para la bipedestación promueve el desarrollo de la articulación de la cadera más estable (46,104). Stuberger recomienda iniciar un programa de bipedestación diario a los 12 o 18 meses (98).

El uso temprano de los equipos para el control postural tiene un papel importante en la reducción de problemas de cadera (67,98). Por esta razón, los programas de bipedestación forman parte del manejo postural y se recomiendan para niños con PC que no tienen la capacidad para estar de pie a la edad de 12 a 18 meses. Diferentes estudios sugieren que los programas de bipedestación ayudan a facilitar la alineación vertical, aumentan la capacidad de soportar el peso a través de las piernas, mejoran la postura en contra la gravedad, aumentan la fuerza y la resistencia muscular, mejoran las contracturas, previenen la postura de bipedestación y marcha en tijera, ayudan al desarrollo del acetábulo, y previenen la displasia de cadera (46, 71, 72, 105,106). Se recomienda iniciar la carga de peso en bipedestación como parte de un programa permanente en niños con PC a los 12 a 18 meses de edad (67, 74, 77,98).

Las guías internacionales de “The Hip Surveillance” también recomiendan que los programas de bipedestación se inicien a una temprana edad para prevenir displasias de cadera en niños con PC, aunque la evidencia científica aún es escasa (5).

Aún falta más información científica sobre los beneficios músculo-esqueléticos que comportan los programas de bipedestación. Sin embargo, en la última revisión sistemática Revisión sistemática basada en la evidencia clínica sobre recomendaciones para la dosificación de los programas de bipedestación en la población pediátrica recomiendan programas permanentes de 5-7 días por semana para mejorar la densidad mineral ósea (105). Para mejorar la estabilidad de la cadera la utilización de un programa de bipedestación con abducción bilateral total de cadera de 30 a 60 grados y con una frecuencia de 60 minutos por día. Para mejorar el rango de movimiento de la cadera, la rodilla y tobillo un programa de 45-60 minutos por día y para mejorar la espasticidad 30-45 minutos por día (72).

Existen diferentes tipos de bipedestadores o standings que se usan según el control postural del niño.

3.7.1 Plano ventral

El plano ventral frecuentemente se usa para niños que no pueden mantener la postura vertical en bipedestación y son incapaces de controlar la cabeza y tronco en contra la gravedad (Figura 15). Para ello se coloca al niño en una posición prona con sujeción a nivel de tronco, pelvis y extremidades. El grado de inclinación del bipedestador hacia la verticalidad depende de la tolerancia del niño y de los objetivos del fisioterapeuta. Un plano inclinado puede variar la distribución de carga encima los miembros inferiores desde un 50% a un 90% dependiendo del grado de inclinación del bipedestador. Cuando el plano está en su máximo grado de verticalidad suele ser a unos 90° y la mayor parte del peso del cuerpo recae sobre las extremidades inferiores. Si el ángulo de inclinación disminuye de 90° , el soporte del peso del cuerpo se distribuye entre el tronco y piernas.

El plano ventral es útil si consideramos como objetivo terapéutico los beneficios fisiológicos de las cargas de peso en bipedestación (98).



Figura 15 Tipos de planos ventrales, comercial y confeccionado con yeso a medida, sin o con abducción

3.7.2 Standing

El uso del standing permite cargar del 80 al 100% del peso sobre las extremidades inferiores (Figura 16). Normalmente se utiliza en niños que son capaces de controlar la cabeza y tronco en contra la gravedad pero el control de pelvis y extremidades inferiores es insuficiente como para poder mantener una bipedestación estática alineada. Se puede utilizar como herramienta terapéutica para preparar la deambulación, para promover la simetría y alineación músculo-esquelética en verticalidad, promover el desarrollo y crecimiento acetabular, mantener la extensibilidad muscular y balance muscular de miembros inferiores mientras se ejercita la postura bípeda. El standing sin la modalidad del componente en abducción se suele utilizar para los niños que no presentan espasticidad de los músculos abductores (107,108).



Figura 16 Tipo de Standings comercial y confeccionado con yeso a medida

3.7.3 Standing en Abducción

El standing en abducción tiene como objetivo promover una carga simétrica en bipedestación que asegure un adecuado centrado de las caderas en una situación en que las contracciones musculares activas pueden tener el mejor efecto de modelaje sobre los elementos osteoarticulares y mientras se proporciona un estiramiento prolongado para mantener o aumentar la amplitud de movimiento de los músculos espásticos, principalmente los músculos aductores (109). Así, los programas de standing en abducción están diseñados especialmente para niños con PC cuando la espasticidad de aductores interfiere la estabilidad postural en bipedestación (Figura 17). Se pretende que los músculos aductores mantengan la amplitud de movimiento, se alarguen o prevenir su acortamiento. Aquí nos referimos a los trabajos experimentados por el profesor GuyTardieu y seguidos por Lepargot: “el mantenimiento prolongado de la posición de estiramiento muscular provoca una elongación de éstos por el aumento del número de sarcómeros”. Este principio puede ser entendido por analogía a los músculos de la cadera, con modalidades particulares y teniendo en cuenta las diferencias cualitativas y cuantitativas de las posibilidades de elongación de éstos músculos (36).

Con el uso del standing en abducción en la primera infancia se pretende equilibrar la musculatura aductora espástica que tiende al acortamiento muscular con la musculatura abductora que tiende a ser débil y alargada. De esta forma músculos aductores se mantienen en una longitud de alargamiento y según características individuales de cada niño mientras se da oportunidad a los músculos abductores (glúteos medios) y músculos de la banda iliotibial para que, mediante su actividad (manteniendo la bipedestación en abducción), acerquen sus inserciones, haya actividad en estos grupos musculares y ayuden a una orientación adecuada para el crecimiento acetabular simétrico en relación con la cabeza femoral (91,107). De esta forma se evita la tendencia a una coxa valga que agravaría el apoyo de la cabeza femoral sobre la parte externa del techo cotiloideo junto con el efecto luxante de los músculos longitudinales (recto interno, isquiotibiales, recto anterior y psoas) (70).



Figura 17 Tipos de standing en abducción comercial y confeccionado a medida con yeso.

3.8 Programa de bipedestación en abducción para niños con diplegia espástica

El standing en abducción es una modalidad del standing que particularmente es útil para niños con tetraplejia y DE con espasticidad de los músculos aductores. Existen bipedestadores disponibles en el mercado pero la mayoría no permiten más de 40° de abducción de cadera cuando el niño está de pie. Para los niños con espasticidad de los músculos aductores, como sucede en la mayoría de niños con DE, este grado de abducción se percibe como insuficiente para mantener la extensibilidad de los músculos aductores de la cadera (36). Un bipedestador debe adaptarse a las características individuales de cada niño, permitiendo el grado de abducción de cada pierna necesaria para promover la flexibilidad de la musculatura aductora de la cadera y el desarrollo acetabular (71, 72,91). Para ello existe la posibilidad de confeccionar un standing en ABD con yeso utilizando el cuerpo del niño como molde, tal y como fue promovido por Michel Le Metayer (109).

3.8.1 Confección del standing en abducción

Cuando se confecciona el standing con yeso se debe proteger la piel del niño con un maillot o jersey tubular. El niño tiene que llevar los zapatos que serán los que utilizará cuando esté verticalizado y que también deben estar protegidos. La posición del niño condicionará el futuro y forma del standing y, por tanto, es el tiempo más importante. El grado de abducción del standing estará en función de la longitud de los músculos aductores, pero siempre debe ser inferior al ángulo de tensión máximo, ya que no sería soportada por el niño. Por ejemplo, si el ángulo de máxima extensibilidad de los aductores es 65° , se confeccionará el standing a unos 55° de abducción. La medición goniométrica es el método más comúnmente utilizado para evaluar el RDM y la flexibilidad los músculos aductores de la cadera en niños con PC. La medición se hace estando el niño en posición supina y se abduce cada extremidad hasta el límite de su RDM pasivo. En esta posición se coloca el goniómetro con un brazo paralelo a las espinas ilíacas anterio-superiores y el otro brazo paralelo al eje longitudinal del fémur. Con pelvis estables, se registran los grados de abducción de la cadera. Se debe tener en cuenta las compensaciones posturales que pueda hacer el niño a los estiramientos musculares evitando cualquier posición rígida. Se realiza un estiramiento suave para promover la relajación y proporcionar la medida de todo el RDM posible de la abducción de cada pierna. Para la confección del standing, se coloca la pelvis evitando la asimetría de caderas en el plano frontal y la hiperlordosis lumbar en el plano sagital. Una vez preparadas las bandas de yeso se van aplicando a nivel de pelvis, piernas y entrepiernas. Las bandas de las piernas descenderán justamente hasta llegar sobre el talón de los zapatos. La altura de las bandas dorsales estará en función de la calidad del control del tronco del niño, pero normalmente llegan a nivel de la cintura (Figura 18).



Figura 18 Proceso de confección del standing en abducción

3.8.2 Utilización del programa de bipedestación

Una vez confeccionado el standing se deja secar y posteriormente se pinta con diseños atractivos para el niño. Cuando se instala al niño en el standing hay que tener en cuenta que debe estar apoyado en la pared o en un mueble estable y con una mesa delante de él, asegurándose que los pies estén bien colocados. Para ajustar el bipedestador cómodamente se utilizan tiras de velcro para estabilizar las rodillas y la pelvis (Figura 19). Se debe informar y asesorar a los padres sobre el uso adecuado del bipedestador a la hora de colocarlo en su domicilio. El niño podrá utilizar el standing en su casa o en la escuela infantil. Normalmente los bipedestadores deben confeccionarse de nuevo cada 8-10 meses, dependiendo del crecimiento de cada niño. Hay que garantizar la comodidad del niño, la seguridad y la altura de la mesa con respecto a la altura del niño para facilitar el juego.



Figura 19 Standing en abducción utilizado mientras el niño juega

Los músculos aductores espásticos que reciben tratamiento fisioterápico que incluya estiramientos prolongados en combinación con adaptaciones posturales que mantengan una abducción prolongada, pueden mantener la longitud o extensibilidad del músculo. Por tanto, es posible que la contractura del cuerpo muscular pueda evitarse por métodos no quirúrgicos que incluyan estiramientos prolongados (36). La carga adaptada a las características individuales de cada niño también pueden prevenir las displasia de cadera y ayudar a la remodelación acetabular en primera infancia. Es por ello que los niños con DE se pueden beneficiar de la modalidad del programa de bipedestación en ABD.

4. JUSTIFICACIÓN

Los programas de bipedestación son unas de las estrategias terapéuticas que habitualmente se utilizan en la práctica de la fisioterapia pediátrica para el manejo postural de niños con parálisis cerebral (PC). Aunque la evidencia científica sugiere que los programas de bipedestación son importantes en el manejo postural y pueden ayudar, entre otros objetivos, a mantener un desarrollo estable de caderas, aún no existe suficiente información, ni protocolos de actuación que ayuden a los profesionales a decidir la edad de inicio, frecuencia y tipo de programa de bipedestación en los diferentes tipos de la PC y niveles según el Gross Motor Function Classification System (GMFCS). La reciente revisión sistemática de Paleg, publicada en 2013, sobre las recomendaciones de los programas de bipedestación, encuentra evidencia de que estos programas tienen efectos positivos en el rango de movimiento de la extremidad inferior, la biomecánica de la cadera y la espasticidad (72). Sin embargo, no expone directrices ni protocolos para los diferentes niveles y tipos de PC.

Los motivos que llevaron a la realización de este estudio fue la de valorar como el uso diario de la modalidad del programa de bipedestación en abducción, iniciado tempranamente, ayudaba a prevenir las displasias de cadera en niños con DE, con la característica de presentar espasticidad a nivel de los músculos aductores de cadera. La literatura apunta que las displasias de cadera en niños con PC suelen atribuirse principalmente a la espasticidad y contracturas de los músculos aductores y flexores de la cadera (92,93).

La información derivada de los resultados de este estudio puede contribuir a cubrir un hueco de conocimiento sobre los efectos del tipo de programa de bipedestación en abducción para niños con diplegia espástica nivel III según el GMFCS y las ventajas de iniciar este programa a edades tempranas.

Teniendo en cuenta que varios estudios sugieren que los primeros años de vida del niño con PC son especialmente importantes para promover el desarrollo acetabular a través de la bipedestación con material adaptado, los

Justificación

resultados de esta investigación podrá ayudar a los profesionales fisioterapeutas y de otras disciplinas a tener una base científica del porque iniciar tempranamente un programa de bipedestación con la modalidad en abducción y tener una referencia de la frecuencia del programa según los objetivos. Reforzará la importancia de iniciar el programa si el objetivo es ayudar a que el desarrollo acetabular se mantenga dentro de valores estables a los 5 años, así como mantener el rango de movimiento de los músculos aductores.

Las displasias de cadera es la segunda deformidad músculo-esquelética más importante en la PC y supone una discapacidad añadida a los niños con PC. Para ello desde el 2004 se elaboró un consenso con unas directrices a nivel internacional (Guidelines Hip Surveillance, GHS) para que los niños con PC con más riesgo de desarrollar subluxaciones llevaran un seguimiento radiológico periódico y según el nivel del GMFCS (104) . De esta forma, se podría detectar este problema ortopédico silencioso antes de evitar subluxaciones importantes y poder dar solución terapéutica o quirúrgica a este problema. Las recomendaciones internacionales que sustenta la GHS sobre la prevención de displasias en la PC mediante material adaptado podría añadir más evidencia científica al respecto.

Esta investigación podría repercutir en la reducción de la cirugía de la cadera en niños con PC, y por tanto en una disminución importante a nivel sanitario de los gastos derivados de estas cirugías (desde tenotomías de aductores, osteotomías de la diáfisis de la cabeza femoral, acetabuloplastias entre otras).

5. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

5.1 Hipótesis

Los programas de bipedestación en abducción, durante la primera infancia, ayudan en la prevención de las displasias de cadera, contribuyen a la simetría del desarrollo acetabular y evitan la pérdida del rango de movimiento de los músculos aductores en los niños PCI nivel III con diplejía espástica.

5.2 Objetivos generales

Evaluar la eficacia de los programas de bipedestación en abducción en la prevención de displasias de cadera en niños con parálisis cerebral diplejía espástica tipo III según el GMFCS.

5.2.1 Objetivos específicos

Evaluar si el programa de bipedestación en abducción:

- Contribuye al desarrollo del crecimiento acetabular y evita el desarrollo de displasias acetabulares en la primera infancia.
- Contribuye al desarrollo simétrico acetabular dentro de valores que se consideran estables.
- Mantiene la longitud muscular de los aductores.
- Mejora el equilibrio de actividad muscular entre los músculos abductores y aductores de cadera.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño de estudio

Estudio de cohortes.

Población y muestra

La población a la que va dirigida este estudio está compuesta por niños, de edades comprendidas entre 13 meses y 5 años, con PC nivel III según el GMFCS, tipo diplegia espástica.

Criterios de inclusión

- Niños diagnosticados de diplegia espástica nivel III según el GMCS
- Presencia de espasticidad de los músculos aductores
- Que no hayan recibido cirugía ortopédica a nivel de caderas antes de su inclusión en el estudio.

Además, como criterio de inclusión específico para el GE, los niños incluidos en el GE, seguían un programa de bipedestación en abducción

Criterios de exclusión

Niños con alteraciones secundarias añadidas como: epilepsia, retraso mental importante, enfermedades que impliquen hospitalización frecuente.

Características de grupo de estudio

Los niños que formaban parte del GE acudían regularmente al CDIAP del Paseo Sant Joan del Departamento de Benestar Social i Família de la Generalitat de Catalunya. Los niños con DE suelen llegar al CDIAP entre la edad de 10 y 14 meses y vienen diagnosticados o están en proceso de diagnóstico. Debido al problema motor son asignados al fisioterapeuta del CDIAP para llevar a cabo la intervención terapéutica. Una de las estrategias terapéuticas que normalmente se usan en el abordaje terapéutico son los

programas de bipedestación, programa al que entraron los niños pertenecientes a este grupo.

Características del grupo control

Los niños del GC también presentaban los mismos criterios de inclusión y exclusión y diagnosticados de DE y nivel III según el GMFCS pero no habían usado programas de bipedestación. Estos niños se reclutaron en otros centros de atención precoz, y/o en colaboración con profesionales que hacen el seguimiento ortopédico de niños con PC con riesgo de displasia de cadera.

Esta muestra se distribuyó en dos grupos, grupo de estudio (GE) y grupo control (GC), asignando los sujetos a cada uno de los grupos en función de los criterios que se especifican a continuación.

Los niños del GE fueron pacientes del servicio de Atención Precoz del Passeig Sant Joan del Departament de Benestar y Família de la Generalitat de Catalunya. Desde 1995 se puso en marcha un programa de bipedestación para prevenir las displasias de cadera en niños PC. Este programa involucró a niños con diplejía espástica que presentaban un desequilibrio muscular con tendencia a la aducción de la cadera y que evolucionaron a un nivel III según el GMFCS, lo que permitió estudiar los efectos del programa de bipedestación en abducción en la prevención de displasias de cadera, ya que se consideró que podrían beneficiarse más por su posibilidad de marcha con ayudas de movilidad y tienen una mayor incidencia de displasia de cadera en comparación con los niños en el nivel I o II. A los 5 años de edad se compararon los valores radiológicos de caderas de estos niños (GE) y se compararon con un grupo de comparación (GC) con el mismo diagnóstico y nivel de afectación que no habían realizado programa de bipedestación. La procedencia de los niños del GC fue de diferentes provincias españolas (Valencia, Madrid, Murcia, Ponferrada, Canarias, Bilbao).

Cálculo de la muestra

Para el cálculo del tamaño de muestra se fijó un nivel de significación $\alpha=5\%$ y una potencia estadística de $(1-\beta)=80\%$. En base a estudios pilotos anteriores, se ha considerado una diferencia mínima a detectar de 4 unidades.

También se consideró la prevalencia de la PC en niños de 0 a 5 años, siendo ésta a lo sumo de 1 a 5 por cada 1000. Usando la fórmula para la comparación de medias, se obtuvo un número necesario de 10 niños por grupo.

Abordaje terapéutico

Ambas cohortes realizaban la fisioterapia convencional y a más la cohorte de estudio realizaba el programa de bipedestación. En el marco de este programa de bipedestación se confeccionó un standing en abducción de caderas individual, siguiendo las directrices especificadas en el apartado 1.8 de la introducción. Los niños comenzaron con el programa de bipedestación en abducción a los 12 o 14 meses de edad y continuaron hasta 5 años de edad. Las visitas domiciliarias se incluyeron durante este periodo. Los niños del grupo comparación también recibieron fisioterapia en centros de atención temprana pero sin incluir programas de bipedestación domiciliarios.

Variables y mediciones

En el GE Se valoró el rango de movimiento (RDM) de los músculos aductores con el goniómetro usando el protocolo standard. Se seleccionó la medición goniométrica porque es el método más común utilizado para evaluar la flexibilidad de los músculos en niños con PC. Las primeras medidas del RDM en abducción se tomaron a los 12-14 meses de edad (media de edad del inicio del programa) y a los 5 años de edad, cuando los niños terminaron el programa de intervención temprana utilizando el mismo protocolo de valoración. A los 5 años se valoró en ambos grupos, a través de las valoraciones radiológicas, el porcentaje de migración (PM) e índice acetabular (IA) de cadera, por ser las medidas más comúnmente usadas para valorar el estado acetabular. En primer lugar se analizó el PM derecho e izquierdo de ambos grupos, así como el PM máximo (MP-Max) (se entiende como PM-Max las caderas con mayor displasia) y PM mínimo (MP-Min) (caderas con menor displasia) para comparar su desarrollo acetabular. Como variable adicional se valoró la diferencia del PM (MP-diff) como la diferencia entre el PM-Max y PM-Min para comparar si la simetría del crecimiento acetabular fue diferente entre los dos grupos. Posteriormente se relacionaron las variables del PM e IA máximo y mínimo (el IA indica la cobertura de techo acetabular en grados, cuanto más

Material y métodos

verticalizado indica menos cobertura de la cabeza femoral y cuando más horizontalizado más cobertura).

Para comprobar si la cantidad de abducción de la cadera estaba relacionada con una reducción de la displasia de cadera, se compararon las variables RDM y los MP e AI del GE.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico de los datos utilizando el paquete estadístico SPSS 21.00. Se calcularon la media, mediana y desviación standard del RDM de la abducción de caderas del inicio del programa de bipedestación (cuando los niños tenían entre 12-14 meses) y a los 5 años para el GE.

En ambos grupos se calculó la media, mediana y desviación estándar del PM de la cadera derecha e izquierda de las radiografías tomadas a los 5 años de edad. Se analizaron las variables de PM máximo y mínimo y el IA máximo y mínimo que indican los valores peores y mejores del desarrollo acetabular en ambos grupos. Se utilizó el test de U Mann-Whitney para comparar las diferencias entre el MP-Max, AI-Max y MP-Min, IA-Max de ambos grupos, así como el MP-diff entre el PM-Max y PM-Min. Como el tamaño de la muestra era pequeño y la distribución de los datos no era normal se utilizó una estadística no paramétrica. Se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman para establecer la correlación entre la variable ROM y los MP e AI del GE con el fin de dilucidar si abducción de la cadera está relacionada con una reducción de la displasia de cadera. El nivel de significación estadística se fijó en $\alpha = 5\%$

Implicaciones éticas

Todos los participantes en el estudio lo hicieron de forma voluntaria y los padres dieron el consentimiento informado para que los datos de sus hijos fueran utilizados para este estudio manteniendo la confidencialidad de los mismos de acuerdo a la legislación vigente.

El comité de ética de la Universitat Internacional de Catalunya dio su aprobación para realizar estos estudios.

7. RESULTADOS

Publicación 1

Standing Programs to Promote Hip Flexibility in Children with Spastic Diplegic Cerebral Palsy

Pediatric Physical Therapy. Fall 2015 - Volume 27 - Issue 3 - p 243–249

Lourdes Macias-Merlo, Caritat Bagur-Calafat, Montserrat Girabent- Farrés, Wayne Stuberg.

Research Article

DOI: 10.1097/PEP.000000000000150

Factor de Impacto en el 2014: 1.035

Cuartil 3

Áreas de *Pediatrics* y *Rehabilitation*



Per preservar els drets d'autors als editor s'ha extret l'article:

(1) Macias-Merlo L, Bagur-Calafat C, Girabent-Farrès M, Stuberg WA. Standing Programs to Promote Hip Flexibility in Children With Spastic Diplegic Cerebral Palsy. PEDIATR PHYS THER 2015 Fall2015;27(3):243-249 7p.

DOI: 10.1097

Podeu consultar un resum dels permisos que normalment es donen com a part de l'acord de transferència de drets d'autors als editors a [SHERPA/RoMEO](#)

2 artículo:

Effects of the standing Program with Hip abduction on Hip Acetabular Development in Children with Spastic Diplegia Cerebral Palsy

Lourdes Macias-Merlo, Caritat Bagur-Calafat, Montserrat Girabent- Farrés, Wayne Stuberg.

Research Article

DISABILITY AND REHABILITATION, 2015

<http://dx.doi.org/10.3109/09638288.2015.1100221>

Factor de impacto en el 2014: 1.985.

Cuartil 1

Área de *Rehabilitation*

RESEARCH PAPER

Effects of the standing program with hip abduction on hip acetabular development in children with spastic diplegia cerebral palsy

Lourdes Macias-Merlo¹, Caridad Bagur-Calafat², Montserrat Girabent-Farrés³, and Wayne A. Stuberg⁴

¹Early Intervention Public Service of Catalunya, Universitat Internacional De Catalunya, Barcelona, Spain, ²Physical Therapy Department, Universitat Internacional De Catalunya, Barcelona, Spain, ³Physical Therapy Department (Biostatistics Unit), Universitat Internacional De Catalunya, Barcelona, Spain, and ⁴Physical Therapy & Motion Analysis Lab, Munroe-Meyer Institute for Genetics and Rehabilitation, Omaha, NE, USA

ABSTRACT

Purpose: Early identification and intervention with conservative measures is important to help manage hip dysplasia in children with a high adductor and iliopsoas tone and delay in weight bearing. The effect of a daily standing program with hip abduction on hip acetabular development in ambulatory children with cerebral palsy was studied. **Method:** The participants were 26 children with spastic diplegia cerebral palsy (CP), classified at Level III according to the Gross Motor Function Classification System (GMFCS). Thirteen children stood with hip abduction at least 1 h daily from 12 to 14 months of age to 5 years with an individually fabricated standing frame with hip abduction. **Results:** At the age of 5 years, radiologic results of the study group were compared with a comparison group of 13 children with spastic diplegia CP who had not taken part in a standing program. The migration percentage in all children who stood with abduction remained within stable limits (13–23%) at 5 years of age, in comparison to children who did not stand in abduction (12–47%) ($p < 0.01$). **Conclusions:** The results indicate that a daily standing program with hip abduction in the first 5 years may enhance acetabular development in ambulatory children with spastic diplegia CP.

ARTICLE HISTORY

Received 10 August 2014
 Revised 4 August 2015
 Accepted 22 September 2015
 Published online 15 October 2015

KEYWORDS

Cerebral palsy, hip dislocation/prevention, postural management, standing program

► IMPLICATIONS FOR REHABILITATION

- Abnormal acetabular development is a problem related to mobility problems and spasticity muscles around the hip.
- The literature suggests that postural management and standing programs could reduce levels of hip subluxation and increase function in children with cerebral palsy.
- A standing program with hip abduction can be a beneficial to develop more stable hips in children with spastic diplegic GMFCS level III.

Introduction

Hip dysplasia is reported to be the second most important musculoskeletal deformity, second only to equinus, in children with cerebral palsy (CP) and is attributed to spasticity and contracture of the adductor muscles and hip flexors [1,2]. The incidence of hip dysplasia is correlated with the severity of involvement and ambulatory status, which are both directly related to the level of Gross Motor Function Classification System (GMFCS) [3]. Children with CP at GMFCS levels I and II can walk without support, children in GMFCS level III are expected to learn to walk with a mobility aid, whereas children in GMFCS IV–V cannot walk without support [4].

Although children with GMFCS level IV or V have a higher incidence of hip displacement [5], children with level III also risk developing muscle contractures and hip dislocation [6].

Children with CP typically are born with normal anatomic hip alignment. Development is then altered due to a combination of factors: delayed motor milestones [1,7,8], and soft tissue abnormalities such as an imbalance between muscle tone with strong hip flexors and adductors versus weaker hip extensors and abductors [9]. This can lead to decreasing range of motion (ROM) in the muscles, bone deformity such as coxa valga, femoral anteversion and acetabular dysplasia, which further increases the risk of hip instability [9,10].

CONTACT Lourdes Macias-Merlo, lmacias@sefip.org, Early Intervention Public Service of Catalunya, Maestro Juan Corrales 83, bajos 1a, 08950 Esplugues de Llobregat, Barcelona, Spain

© 2015 Taylor & Francis

The early use of postural management equipment has been reported to play a role in reducing hip problems [11–13]. For this reason, standing programs are often part of the postural management program and are recommended for children with CP who are not standing by the age of 12–18 months. Standing programs have been reported to facilitate vertical alignment, increase the ability to support weight through the legs, improve antigravity posture, increase strength and endurance, manage contractures, prevent leg scissoring, help in the development of the acetabulum and prevent hip dysplasia [14–16]. Initiation of daily weight-bearing as part of a standing program is recommended for children with CP at 12–18 months of age [10–13].

Most commercially available standing devices do not allow more than 40° of combined hip abduction when the child is standing. For children with adductor spasticity, this degree of abduction is felt to be insufficient to maintain the extensibility of the hip adductor muscles [17]. A standing frame that could be adapted to the individual characteristics of each child, allowing more abduction for each leg is desired to promote flexibility of the hip adductor musculature and acetabular development [15,16,18].

From 1998, our early intervention rehabilitation department initiated a program to help manage hip dislocation and to promote hip development in children with spastic CP. The program included children who had not attained independent walking by 12–14 months of age, who demonstrated decreased weight bearing because of their delayed walking skill development, and who showed muscle imbalance at the hip with a tendency toward increased hip adduction.

The use of a standing program started at 12–14 months and lasted to 5 years of age. This program included daily standing in abduction in the home or school. The program included home visits to ensure compliance with the program. The children in the program received weekly physical therapy sessions than focused on facilitating gross motor skill development.

Hip migration percentage (MP) is a radiographic method commonly used to document hip dysplasia in children with CP and was used as the assessment procedure for this project. MP uses an anteroposterior pelvic radiograph to assess acetabular development and document the natural history of hip dysplasia, and the effects of therapeutic intervention [3,19,20].

The purpose of this study was to determine if a customized standing program with hip abduction had a positive effect on reducing hip dysplasia in a cohort of children with spastic diplegia in comparison to a

matched cohort of children who did not participate in the standing program.

Methods

Participants

A retrospective cohort of 26 children with spastic diplegic CP, who were classified as GMFCS level III, and who also participated in the rehabilitation program at our center participated in the study. Children with GMFCS level III were chosen as they were felt to most likely benefit from a standing program to promote walking for mobility, yet with an increased incidence of hip dysplasia versus children at level I or II. As children with GMFCS level IV or V are less likely to progress walking these children were not included in this initial study. The sample included 15 children, 11 boys and 4 girls in the standing group and 13 children in a comparison group, 8 boys and 5 girls. Two boys in the study group dropped out of the study. Exclusion criteria for both groups were presence of hip dysplasia at birth, previous hip surgery, epilepsy and intellectual disability. None of the children received Botulinum toxin or hip surgery during the study.

The standing intervention consisted of fabricating a frame with hip abduction in addition to their regular physical therapy program. The children in the standing group started the standing program at 12–14 months of age and continued in the program until 5 years of age. Home visits are included from 1 year of age till 5 years of age. The weekly physical therapy session included working with the children and caregivers on strategies to assist the children to stand, training to walk, monitor for functional sitting and providing any other equipment in addition to the stander. The children in the comparison group also received physical therapy with the difference that the services offered were three sessions weekly but did not receive a customized stander neither home visits.

This study was approved by the ethics and research committee at the Universitat Internacional, Cataluña. All parents or caregivers of children in the study signed informed consent.

Radiographs

At 5 years of age, an anterior–posterior radiograph of the hips was taken at a local pediatric hospital using a standardized, reliable protocol as reported by Parrott for the measurement of hip MP [19]. The radiographs were measured by the head of radiology department, who had experience in evaluating and measuring radiographs of children's hips using the protocol.



Figure 1. Process of standing fabrication with plaster.

Fabrication of standers

The stander for each child in the study group was fabricated as part of their early intervention service. It was fabricated with plaster using the child's body as a mold including foot orthotics if needed for standing. The child's hip abduction ROM was determined and this reading used to determine the amount of abduction included in the stander. The amount of hip abduction in the stander was fabricated 10° less than maximum extensibility of the adductors muscles to assure tolerance of stretch. Most standers were made with approximately 30° of abduction of each leg. The stander controlled the child's legs and pelvic position and placed the pelvis in an appropriate position avoiding any asymmetry in the frontal plane or excessive lordosis in the sagittal plane.

To fabricate the stander, the child was positioned in prone with the feet extended off the table. The skin and shoes were covered with plastic wrap (Figure 1). The legs were placed in symmetrical abduction during fabrication. A goniometer was used to set the degree of hip abduction during the fabrication process. Plaster strips were prepared with 8–10 layers for each legs, pelvis and waist. The plaster covered the legs from the waist to just above the heel of the shoes. The foot position was

aligned so that once the child was in standing the foot position was horizontal and not oblique to the ground.

After 24 h drying time, the stander was painted with plaster paint. The child's parents usually participated in the painting of the standing according to the preferences of the child.

To apply the stander and to adjust it comfortably, strips of Velcro were used to stabilize the knees and pelvis. The parents were informed about home use of the stander with a table in front of the child. Instruction included assurance that the feet were positioned correctly for symmetrical weight-bearing. The standers were fabricated every 6–8 months, depending on the child's growth.

Standing program

Overall, children were positioned in their standers a total of 70–90 min a day, Monday through Friday. Standing time was split into two sessions of 35–45 min each. The duration of standing was increased gradually with a minimum of 70 min daily. In order to not interfere with family routines on weekends, standing times of 35 min were used. Children could play games

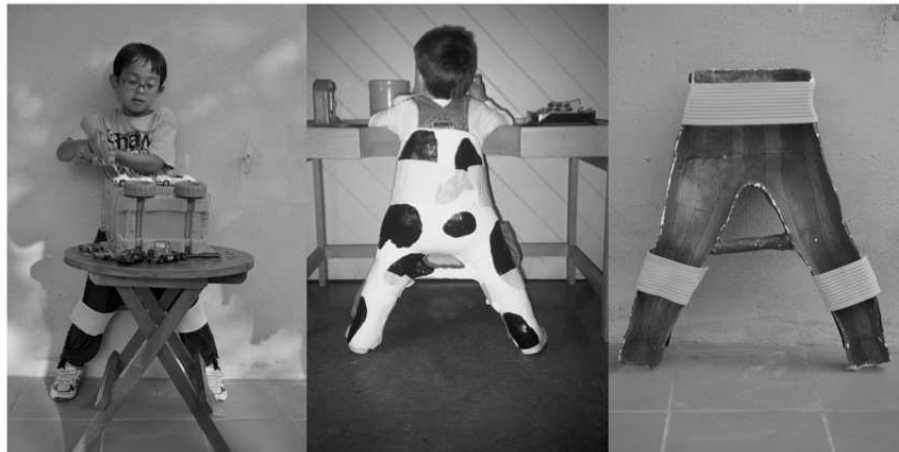


Figure 2. Anterior and posterior view of the standing in abduction.

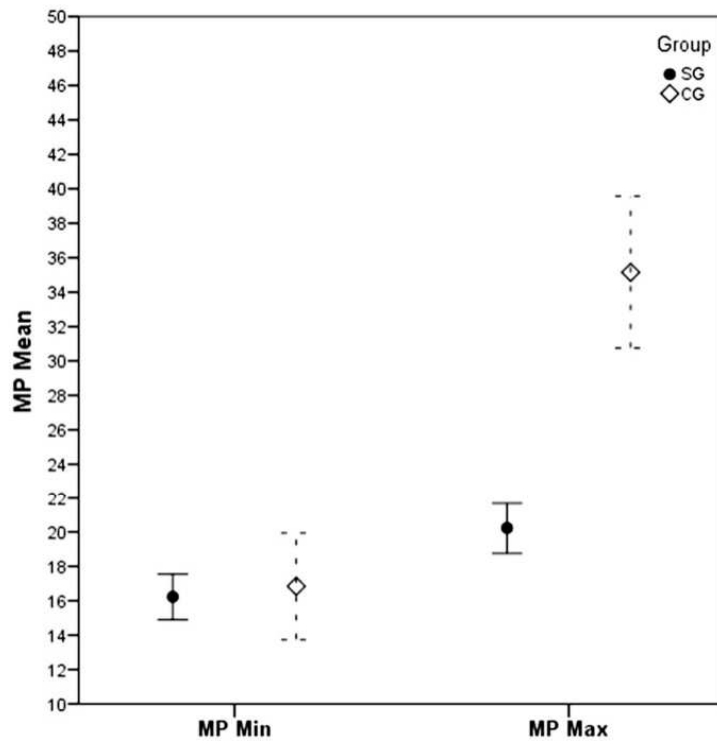


Figure 3. Mean and CI 95% of the MP Max and MP Min at 5 years of age between left and right hips in both groups (SG, study group and CG, comparison group).

appropriate to their age and preference when using the stander (Figure 2).

To ensure compliance, the physical therapist did a home visit every 4–6 weeks to assess and instruct the

parents and other caregivers on how to handle the child's position while using the standing device, to assure the child's comfort, safety and height of the table with respect to the height of the child. If parents had

Table 1. Descriptive statistics and Mann-Whitney's U-test results comparing MP the study and comparison groups at 5 years of age.

PM %	Study group		Comparison group		Differences	
	N	Mean SD	N	Mean SD	Mean SD	p Value
MP Right	19	18.46 SD 2.60	22	22.31 SD 8.85	3.85 SD 9.22	0.419
MP Left	18	18.00 SD 3.54	29	29.69 SD 12.38	11.69 SD 12.79	0.019*
MP-Max	20	20.23 SD 2.42	35	35.15 SD 7.30	14.92 SD 7.69	0.000*
MP-Min	16	16.23 SD 2.20	14	16.84 SD 5.13	0.61 SD 5.58	0.762
MP diff	3	4.00 SD 2.74	21	18.31 SD 7.52	14.31 SD 8.00	0.000*

*Statistically significant differences, p values <0.05.

problems using the stander at home it was used in the infantile school with assessment and instruction to the educators. Although all children started to walk with mobility aids between 30 and 36 months of age, they continued to use the standing program until 5 years of age.

Data analysis

Statistical analysis of data was performed using the statistical package SPSS 18.00 (Chicago, IL). The mean, median and 95% confidence interval (CI) of the MP of the right and left hip for children in both groups were calculated from the radiographs taken at 5 years of age. Additional variables included; maximum migration percentage (MP-Max) and minimum migration percentage (MP-Min) as the higher percentage for the right and left hip in both groups, and migration percentage difference (MP-diff) as the difference between MP-Max and MP-Min to evaluate if the symmetry of acetabular growth was different between the two groups. The Mann-Whitney U-test was used to compare the differences on each of the variables between the standing and comparison groups. A non-parametric comparison test was used due to the small sample size and the distribution of the data was not normal thus requiring a non-parametric statistic. The statistical significance level was set at $p = 0.05$.

Results

The comparison between the standing and comparison groups at 5 years of age showed a significant difference on the MP left variable (p values = 0.019), but not MP right ($p = 0.419$). The difference of the mean MP on the left between the two groups was 11.69% SD 12.79, lower in the standing group (Table 1 and Figure 3). There was no significant difference on the mean MP on the right side between the groups with the mean difference of 3.85% SD 9.22 (p values = 0.419).

Comparing the maximum and minimum values of MP (MP-Max and MP Min), there was a significant difference between maximum values ($p = 0.00$), but not for the MP minimum values (p values = 0.762). The mean MP-Max

(worst hip) in the standing group was 20.23% SD 2.42 compared to a mean of 35.15% SD 7.30 for children in the comparison group (p values = 0.000) (Table 1).

The mean of MP-diff in the standing group was 4.00% SD 2.74 and 18.31% SD 7.52 for the control group (Table 1). This was statistically different between groups ($p < 0.05$).

At the age of 5 years, the MP of the comparison group showed asymmetrical hip development, with a range between 12% and 47%, but children of the standing group were found to be more symmetrical with hip development with a ranging between 13% and 23%. The difference of these values is statistically significant between both groups ($p < 0.01$).

Table 2 lists the results for the variables MP-Max and MP-Min across the two groups and using a benchmark of greater than or less than a MP of 33% as an indicator for hip stability and dysplasia. This is consistent with published guidelines by Terjesen et al. [21]. In the comparison group, five children had a MP within the range of stable limits MP-Max <33% (27.8% SD 14.13), and eight children had a MP >33% in one of their hips showing a higher incidence of hip pathology. In the standing group both MP-Max and MP-Min values are within stable limits MP-Max <33% (20.2%, SD 2.42).

Discussion

As early as 18 months of age children with CP at GMFCS levels III into V have significantly higher MP values than typically developing children [5]. Although all children with CP at GMFCS level III usually have a 3% risk of hip subluxation, children with spastic diplegia at GMFCS level III have a 22% of subluxation [22], because the combination of adduction and flexion spasticity or contracture in adductors and flexors muscles, which appears to contribute to the lateral displacement of femoral head [2,6].

Since a MP greater than 33% is defined as a subluxation and can progress to dislocation [3,20-22], it is important to consider using a standing program to lower MP as was seen in this study (MP-Max 20.23% SD

Table 2. Number of children of with MP < or > 33%.

	MP-Min		MP-Max	
	Standing MP%	Control MP%	Standing MP%	Control MP%
HP < 33%	13	13	13	5
HP > 33%	0	0	0	8

Note: MP hip \leq 33% was considered stable limits.

2.42). This recommendation is supported by findings of this study that children in the comparison group showed a greater tendency toward subluxation values with a MP-Max 35.15% SD 7.30 (Figure 3).

The study supports other studies, which suggest that the early years of weight bearing are crucial to promote acetabular development, and early standing with the aid of adaptive equipment [11,13,14]. It seems that the acetabulum is able to adapt to a "centered" femoral head quite readily up to the age of 5 years, but after that, the ability to adapt falls off sharply and probably virtually ceases at around age 9 years [8]. Accordingly the daily use of a standing program in the early years may be a critical intervention for children at risk of hip subluxation. This study showed more symmetrical MP values between the hips in the cohort of children with CP who utilized a standing program with hip abduction. It is a finding of the study that the standing program promoted symmetry between the hips in addition to promoting improved acetabular growth since there was a significant difference between the mean MP-diff index for both groups 14.31% SD 8.00 ($p = 0.000$).

The mean MP for the comparison group was 27.80% SD 14.00, while the study group was much lower. The eight children on the comparison group who had a MP > 33% in one of their hips showed a higher incidence of hip pathology. According Scrutton, asymmetrical hip development will cause pelvic obliquity with a greatly increased risk of scoliosis [23].

With a mean MP-Max in the comparison group at 35.15% at 5 years of age, the authors are in agreement with the recommendation of Pountney et al. that postural management equipment should be started early to help decrease the incidence of hip pathology in children with spastic diplegic CP [12,13].

Although no child in either of the two groups had hip surgery, the MP results of the study group demonstrated more stable hip values. The results agree with Stuber [11] and Connelly et al. [10] that early weight-bearing may adapt maintain muscle length, joint range and encourages symmetrical hip development in children with CP who are at risk of hip subluxation.

The results also agree with Martinson that a daily standing for 1.5h with 60° of bilateral hip abduction improves biomechanics and has a positive effect on hip

stability [15]. Other studies suggest that early weight bearing in standing, through appropriate equipment promotes stable hip stability [11,13,14].

Supported standing is part of a comprehensive hip management program to possibly prevent the need for hip surgery [6,13]. Some authors agreed that hip deformity, dislocation and subluxation could be reduced if the children with CP receive postural management including standing programs along with other activities [6,12,13,24]. It is recommended that the standing program begin as early as 12-18 months. Since the sample size is small and MP as not measured when the children became independent in their walking it may be possible to discontinue the standing program when independent walking begins, but this study cannot address that issue.

To ensure compliance with the program, visiting the families' homes every 4-6 weeks and the child's infantile school was necessary. During visits, parents reported if they had problems ensuring compliance, the child's tolerance and the games they played during the regular routine while standing. Parents reported less scissoring of their children following use of the stander and this was very encouraging for them. Perhaps an added benefit of the standing program with hip adduction was that it removed the need for the use of traditional stretching techniques that can be a burden due to the number of other interventions their child may require.

As a clinical observation comparing the walking of children in the comparison group to the standing group, children in both groups walked outdoors in the community using mobility aids at 5 years of age with the assistance of posterior walker. In the study group, four children could walk short distances indoors without mobility aids and six of them could walk at home and over flat surfaces with one crutch. None of the children in the standing group crossed their feet during walking, an important goal to be more mobile in their walking and, to allow participation on playing games which imply gait with their peers. Although the comparison group received three weekly sessions walked outdoors and outdoors using a posterior walker crossing his feet when walking.

Another benefit of using a custom standing frame with plaster is cost. The custom standing frame is cheaper than commercially fabricated standers, which is an important factor when the child grows and equipment needs to be replaced. The plaster stander also provides a custom fit, which provided hip abduction, a feature lacking on most all commercial standers.

Limitations of this study include a use of a comparison group of convenience rather than random assignment to the standing group and the small number of children and not having baseline data for MP at the start of the

study. Further research is necessary with larger sample sizes and others GMFCS levels to replicate these findings. It is also recommended that if the study is replicated to have some children in the standing group discontinue their standing program when they become independent walkers. This will allow a comparison to children who would continue to stand to help delineate if it is the standing or ability to walk that has a greater effect on controlling hip dysplasia. Besides, taking into account the continued risk of hip subluxation into adolescence, further longitudinal data past 5 years of age would also be interesting to see if the MP is maintained over time.

Conclusions

The results of this study indicate that children with spastic diplegic CP, GMFCS Level III who use a standing program characterized by custom fabrication that positioned the hips in 60–65° of abduction, demonstrated improved hip joint alignment at 5 years of age in comparison to a group of similarly involved children who did not use a standing program.

Acknowledgements

The authors thank all the participants and families who collaborate in this study.

Declaration of interest

The authors declare no conflicts of interest.

References

- Shore B, Spence D, Graham H. The role for hip surveillance in children with cerebral palsy. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2012;5:126–34.
- Shore BJ, Yu X, Desai S, et al. Adductor surgery to prevent hip displacement in children with cerebral palsy: the predictive role of the Gross Motor Function Classification System. *J Bone Joint Surg Am* 2012;94:326–34.
- Hagglund G, Lauge-Pedersen H, Wagner P. Characteristics of children with hip displacement in cerebral palsy. *BMC Musculoskelet Disord* 2007;8:101.
- Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, et al. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1997;39:214–23.
- Soo B, Howard JJ, Boyd RN, et al. Hip displacement in cerebral palsy. *J Bone Joint Surg Am* 2006;88:121–9.
- Hagglund G, Andersson S, Duppe H, et al. Prevention of dislocation of the hip in children with cerebral palsy. The first ten years of a population-based prevention programme. *J Bone Joint Surg Br* 2005;87:95–101.
- Vidal J, Deguillaume P, Vidal M. The anatomy of the dysplastic hip in cerebral palsy related to prognosis and treatment. *Int Orthop* 1985;9:105–10.
- Beals R. Developmental changes in the femur and acetabulum in spastic paraplegia and diplegia. *Dev Med Child Neurol* 1969;11:303–13.
- Spiegel DA, Flynn JM. Evaluation and treatment of hip dysplasia in cerebral palsy. *Orthop Clin North Am* 2006;37:185–96.
- Connelly A, Flett P, Graham HK, Oates J. Hip surveillance in Tasmanian children with cerebral palsy. *J Paediatr Child Health* 2009;45:437–43.
- Stuberg WA. Considerations related to weight-bearing programs in children with developmental disabilities. *Phys Ther* 1992;72:35–40.
- Pountney T, Mandy A, Green E, Gard P. Management of hip dislocation with postural management. *Child Care Health Dev* 2002;28:179–85.
- Pountney TE, Mandy A, Green E, Gard PR. Hip subluxation and dislocation in cerebral palsy – a prospective study on the effectiveness of postural management programmes. *Physiother Res Int* 2009;14:116–27.
- Gudjonsdottir BSV. Hip and spine in children with cerebral palsy: musculoskeletal development and clinical implications. *Pediatr Phys Ther* 1997;9:179–85.
- Martinsson C, Himmelmann K. Effect of weight-bearing in abduction and extension on hip stability in children with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther* 2011;23:150–7.
- Paleg GS, Smith BA, Glickman LB. Systematic review and evidence-based clinical recommendations for dosing of pediatric supported standing programs. *Pediatr Phys Ther* 2013;25:232–47.
- Lespargot A, Renaudin E, Khouri N, Robert M. Extensibility of hip adductors in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1994;36:980–8.
- Macias-Merlo L, Bagur-Calafat C, Girabent-Farres M, Stuberg WA. Standing programs to promote hip flexibility in children with spastic diplegic cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther* 2015;27:243–9.
- Parrott J, Boyd RN, Dobson F, et al. Hip displacement in spastic cerebral palsy: repeatability of radiologic measurement. *J Pediatr Orthop* 2002;22:660–7.
- Reimers J. The stability of the hip in children. A radiological study of the results of muscle surgery in cerebral palsy. *Acta Orthop Scand Suppl* 1980;184:1–100.
- Terjesen T. Development of the hip joints in unoperated children with cerebral palsy: a radiographic study of 76 patients. *Acta Orthop* 2006;77:125–31.
- Terjesen T. The natural history of hip development in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2012;54:951–7.
- Scrutton D. The early management of hips in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1989;31:108–16.
- Hankinson J, Morton RE. Use of a lying hip abduction system in children with bilateral cerebral palsy: a pilot study. *Dev Med Child Neurol* 2002;44:177–80.

3 artículo

Prevention of hip dysplasia through the use of standing programs in children with spastic diplegia

Presentado a la revista Pediatric Physical Therapy.

Lourdes Macias-Merlo, Caritat Bagur-Calafat, Montserrat Girabent- Farrés, Wayne Stuberg.

RESEARCH ARTICLE

Factor de Impacto en el 2014: 1.035

Cuartil 3

Áreas de Pediatrics Rehabilitation

Pediatric Physical Therapy

Prevention of hip dysplasia through the use of standing programs in children with spastic diplegia

--Manuscript Draft--

Manuscript Number:	
Full Title:	Prevention of hip dysplasia through the use of standing programs in children with spastic diplegia
Article Type:	Research Article
Corresponding Author:	Lourdes Macias-Merlo, PT, MSc Universidad Internacional de Catalunya Esplugues de Llobregat, Barcelona SPAIN
Corresponding Author Secondary Information:	
Corresponding Author's Institution:	Universidad Internacional de Catalunya
Corresponding Author's Secondary Institution:	
First Author:	Lourdes Macias-Merlo, PT, MSc
First Author Secondary Information:	
Order of Authors:	Lourdes Macias-Merlo, PT, MSc Caridad Bagur-Calafat, PT, MSc, PhD Montserrat Girabent-Farrés, MSc, PhD Wayne Stuber, PT, PhD, PCS, FAPTA
Order of Authors Secondary Information:	
Manuscript Region of Origin:	SPAIN
Abstract:	To investigate the effects of a standing program with hip abduction on preventing hip dysplasia and loss of range of motion (ROM) of the adductor muscles in children with spastic diplegia. Thirteen children GMFCS Level III received physical therapy and a daily standing program from 12-14 months to the age of 5 years. Hip abduction ROM was assessed at baseline and at 5 years. At the age of 5 years radiologic values of this group were compared with a comparison group which had not participated in a standing program. The worst migration percentage (MP) of children in the SG remained stable within limits (20.23%) at 5 years compared with the comparison group (35.15%) (p <0.000). There was a correlation in the SG between the MP and the ROM at 5 years. A standing program with hip abduction may prevent hip dysplasia and maintain the ROM in children with spastic diplegia.

Introduction

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

Cerebral palsy (CP) which has an incidence of approximately two per 1,000 live births is the most common cause of physical disability affecting children in developed countries (1-3). Although CP is by definition a static encephalopathy, the associated musculoskeletal consequences on a growing child are usually progressive (2,4,5).

Hip dysplasia in children with CP is the second most important musculoskeletal deformity, and is often attributed to spasticity and contractures of the adductor and hip flexor muscles (6,7). This can lead to muscle imbalance, a reduced range of motion (ROM) in the muscles around the hip and pelvis, bone deformities such as coxa valga, femoral anteversion and acetabular dysplasia, which further increases the risk of hip instability (8,9). The degree of hip dysplasia is directly correlated with the severity of involvement, ambulation capacity and the level of the Gross Motor Function Classification System (GMFCS) (10). According to the GMFCS, children at levels I and II can walk without support, children at level III can usually learn to walk with a mobility aid, while children with level IV-V are unable to walk without support (11). For instance, children between level III, IV and V of the GMFCS have been directly related with the development of hip dysplasia measured by the migration percentage (MP) (2).

Children with CP are usually born with a normal anatomical alignment of the hip. Subsequent development is altered due to a combination of problems including delayed motor development, asymmetrical muscle tone, muscle imbalance, delayed standing and decreased range of motion (ROM) of the muscles around the hip (7,12-14). Increased spasticity and a shortened psoas muscle and hip adductors in relation to the hip abductors and extensors are considered the primary pathology (15,16). Contractions and decreased ROM interfere with the correct development of the femur and acetabulum (12,17).

The most suitable parameter for assessing acetabular development and the degree of hip dysplasia is radiological measurement of migration percentage (MP) and the acetabular index (AI), which are used to record the possible development of hip dysplasia and the effects of the therapeutic intervention (10,18). The higher MP the

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

more displacement of the femoral head out of the acetabulum, and the higher the acetabular index the more verticalized roof with less acetabular coverage (19).

Standing programs are part of the postural management to encourage vertical alignment, stimulate the antigravity muscles, increase muscle strength, reduce or prevent muscle shortening, promotes bone mineralization, help acetabular development and prevent hip dysplasia (20-25). Various authors recommend beginning standing programs at 12 months of age (20,21,26)

Our public early intervention department established a standing program protocol since 1998 in order to prevent hip dysplasia and severe contractures in children with CP. This program was addressed for children with CP who had not achieved standing and independent walking at 12- 14 months and had a lower limb muscle imbalance tending to flexion and adduction of the hip as a result of spasticity in the muscles around the hip. The standing program included hip abduction, and adapted to the individual characteristics of each child for use in their daily routines (26). This program recruited and monitored children with spastic diplegia GMFCS level III, and enabled the effects of the program on acetabular development to be studied by radiological measurement of the MP and AI, and assessment of the ROM of the adductor muscles.

This study aims to determine whether the hip abduction standing program had any effect on preventing hip dysplasia or on the maintenance of the ROM in the hip abduction which reflects a better adductor muscles elongation in children with spastic diplegia GMFCS level III. It also aims to compare their acetabular state at 5 years old with a group of children with the same level of involvement that did not participated in the standing programs.

Methods

Study design

This study design with an intervention condition (study group, SG) and a comparison condition (comparison group, CG) compared at the end. The intervention condition

1 consisted of daily use of a hip abduction standing program in the natural environment
2 of children with CP from 12-14 months to 5 years of age in combination with a
3 program of regular physiotherapy in the early care service consisting on motor
4 strategies to sit, stand and walk providing assistive devices, if needed.
5
6

7
8 At the end of the intervention, MP and AI were compared between groups. ROM of
9 the SG was measured at the beginning and at the end of the intervention.
10
11
12
13
14

15 ***Subjects of the study***

16
17 This study was approved by the ethics and research committee of our institution. All
18 the parents or caregivers of the children signed an informed consent for this study.
19
20
21

22 The sample included 15 children with spastic diplegia at GMFCS level III, but two boys
23 dropped out of the study (11 boys and 4 girls). Exclusion criteria were children with a
24 history of congenital hip dysplasia, prior surgery at hip level, epilepsy and severe
25 cognitive retardation. None of the children received botulinum toxin or underwent hip
26 surgery during the study.
27
28
29
30
31
32

33 A comparison group (CG) was also included in order to compare the results at the end
34 of the intervention. The CG consisted of 13 children, (8 boys and 5 girls), who, at the
35 age of 5 years old, had the same diagnosis of CP spastic diplegia GMFCS level III. They
36 had not participated in an early and ongoing standing program, but also received
37 regular physiotherapy. The children in the CG also received physical therapy with the
38 difference that the services offered were three sessions weekly but did not receive a
39 customized stander neither home visits. The exclusion criteria were the same as for
40 the SG.
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51

52 ***Standing program***

53
54
55
56
57 The standing frame was made with plaster for each individual child, using the child's
58 body as a mould. The amount of hip abduction in the standing frame was at least 10°
59
60
61
62
63
64
65

1 of the maximum extensibility of the adductor muscles to ensure tolerance of
2 stretching. Most of the standing frames were fabricated with abduction of
3 approximately 30° in each leg (Figure 1).
4
5
6
7
8

9 (Insert Figure 1 here)
10
11
12
13

14 Velcro straps were used to stabilize the knees and pelvis for fitting the standing frame
15 comfortably. The parents were informed and advised on the correct use of the
16 standing frame when fitting it at home. The standing frames were normally replaced
17 and made again every 8-10 months, depending on the growth of each child.
18
19
20
21

22 The children used the standing frame from Monday to Friday for a total of 70-90
23 minutes per day, divided into two sessions lasting 35-45 minutes each. In order not to
24 interfere with the family's routines, 35 minutes of the program was prescribed at
25 weekends.
26
27
28
29
30

31 To ensure compliance, home visits were made every 4-6 weeks to evaluate and
32 instruct parents and other caregivers on how to handle the child's position while they
33 used the standing frame. This was also important to confirm the child's comfort, the
34 safety and height of the table with respect to the child's height in order to facilitate
35 play (Figure 2).
36
37
38
39
40
41
42
43

44 (Insert Figure 2 here)
45
46
47
48
49

50 If the parents had trouble following the standing program at home, the appropriate
51 instructions and information were given to the educators and teachers at the infant
52 school for use there.
53
54
55

56 Although all the children in the SG began walking with mobility aids at between 30-36
57 months of age, they continued to use the program until they were 5 years old.
58
59
60
61
62
63
64
65

Assessment protocol

Before making the standing frame, the ROM of the children in the SG was measured with a goniometer using the standard protocol (19,27). Goniometric measurement was selected because it is the most common method to assess the flexibility of muscles in children with CP. The measurement was taken three times by an experienced physiotherapist, and the average was recorded.

The first measurements of ROM in abduction in the SG were taken at 12-14 months of age (the mean age when beginning the program).

The children completed the early intervention program at 5 years of age and the goniometric measurements were repeated by the same physiotherapist, following the same protocol. The hip MP and AI were measured by an anteroposterior X-ray of the hip (18). The maximum MP (MP-Max) is assumed to reflect the hips with more dysplasia. The maximum AI (AI-Max) reflects a slightly vertical roof with less coverage of the femoral bone.

At 5 years of age, an anterior-posterior radiograph of the hips was taken at a local pediatric hospital using a standardized, reliable protocol as reported by Parrott for the measurement of hip MP (18). The radiographs were measured by the head of radiology department, who had experience in evaluating and measuring radiographs of children's hips using the protocol.

Statistical analysis

Statistical analysis of the data was performed using the SPSS 21.00 statistical package. First, the variables were calculated for the migration percentage MP-Max and MP-Min, the acetabular index AI-Max and AI-Min which were the highest and lowest value respectively for those variables. The parameters for the mean and standard deviation for all variables at 5 years of age were subsequently established. The Spearman

1 correlation coefficient was used to establish the correlation between the ROM variable
2 and the MP, and the AI in order to elucidate whether hip abduction is related to a
3 reduction in hip dysplasia. The Mann-Whitney U test was used to compare the
4 differences for maximum and minimum MP and IA between the SG and the CG. The
5 level of statistical significance was set at $\alpha = 5\%$.
6
7
8
9

10 11 12 **Results** 13

14
15
16 A comparison of the maximum and minimum values for the MP and AI showed a
17 significant difference for the maximum values, but not for the minimum values
18 between groups. The mean MP-Max in the SG was 20.23 ± 2.42 compared to $35.15 \pm$
19 7.30 in the CG, i.e. the standing program group has an MP-Max 14.92% lower than that
20 of the CG (Table 1 and Figure 3). For the AI, the SG also had a lower AI-Max, with a
21 difference of 6.84° (Table 1 and Figure 4).
22
23
24
25
26
27

28
29 The children in the CG, the mean MP-Max was 35.15 ± 7.30 , which means that this
30 children had abnormal acetabular development, and the SG children the MP-Max was
31 within stable limits as can be seen in Figure 2.
32
33
34

35
36 The mean ROM at the start of the program was 42° for both legs and at 5 years old it
37 was 42.8° (37).
38
39

40
41 (Insert Table 1 here)
42
43
44
45

46
47 (Insert Figure 3 and 4 here)
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

In the SG, a significant inverse correlation of -0.726 (p value <0.05) was observed only in the case of the relationship between the MP-Max and ROM at 5 years old (Table 2 and Figure 5). The children with the greatest ROM in the hip muscles therefore had the lowest MP-Max.

(Insert Table 2 here)

(Insert Figure 5 here)

Discussion

The results of this study suggest that daily use of a standing program in early childhood prevents hip dysplasia, and prevents the loss of ROM in the hip muscles. In the group of children who performed the abduction standing program, the poorest mean hip MP (MP-Max) was significantly lower than that of the group which had not participated in the standing program.

Given that a MP of more than 33% is defined as subluxation and can lead to dislocation of the hip (10,28), the fact that all the children in the SG had a lower MP in both hips is important. The differences found in the AI-Max between the two groups show that the children who completed the standing program had slightly less vertical and had symmetrical coverage of the femoral head. Figure 3 shows that quartiles values for the AI in the SG are smaller and more symmetrical. The results of this study show that early standing with adapted material helps maintain muscle length and joint mobility,

1 and stimulates the acetabular development in children with CP who are at risk of hip
2 subluxation (21,22,25,29,30).
3

4
5 The relationship found between the worst hip MP (MP-Max), and its ROM, shows that
6 when the MP is low there is a greater ROM in the adductor muscles of the hip and vice
7 versa. This finding is consistent with Harris, who notes that the maintenance of ROM in
8 abduction is easier when the femoral head is covered by the acetabulum (31). Beals
9 also suggests that the acetabulum is able to adapt easily to the femoral head when it is
10 centered until the child is 5 years old, but after this age, the ability to adapt is more
11 difficult and it practically ceases at around 9 years of age (13).
12
13

14 No relationship between the AI and the ROM was found. This finding is consistent with
15 the results of the studies by Scrutton, who found a weak correlation between the AI
16 and ROM at 4-5 years old (32).
17
18

19 We found relationship between the MP-Max and AI-Max in the SG. The lowest values
20 were MP-Max also better the AI-Max as seen in the quartiles values in figure 3 and 4.
21 However, the AI-Max in the CG shows much dispersion and extreme values as seen in
22 figure 4. We agree with Terjensen that MP measure is the most important single
23 qualification of a hip joint, which is an adequate coverage of the femoral head by the
24 acetabular roof (28).
25
26

27 According to the recent systematic review of recommendations for standing programs
28 by Paleg, published in 2013, there is evidence to suggest that they have positive effects
29 on the ROM of the lower extremity, biomechanics of the hip and spasticity (23). The
30 results of this study are consistent with the study by Martinson, who investigated the
31 effect of standing in abduction for 1 hour and a half with 60° bilateral hip abduction
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

1 improving biomechanics, ROM and stability of the hips (26). Other studies also suggest
2 that the early life of children with CP is particularly important in fostering acetabular
3 development, since weight bearing when standing using the adapted material makes
4 the hip joint stable (20,24,32,33).
5
6
7
8
9

10 In the SG, the ROM allowed by the adductor muscles did not decline with age, when
11 this is common in children with spastic diplegia (14,27,34). This finding is consistent
12 with the study by Pin, according to which the ROM maintained by the standing frame
13 at the level of the adductor muscles and hip flexors has a more positive effect than
14 manual stretching (35).
15
16
17
18
19
20
21
22
23

24 A standing program is part of the comprehensive program to prevent the need for hip
25 surgery (10,21,22). Some authors agree that dysplasia and/or subluxation of the hip
26 could be prevented or reduced if children with CP receive 24 hours of postural
27 management with a program of activities (21-23,25). However, in some children
28 postural management must be complemented by preventive hip surgery when the MP
29 exceeds 40% (33).
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39

40 A causal relationship cannot be assumed between use of the standing frame and
41 maintenance of muscular ROM at stable values measured for the MP, although one
42 limitation of this study is a lack of data for the ROM in the comparison group. We
43 believe that this aspect would be important in future studies. One possible area of
44 continuation of this study would be to examine whether the MP and the ROM persist
45 in the long term, after completion of the program.
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

Conclusions

The results of this study show that children with CP spastic diplegia with GMFCS level III who use a standing program in 60-65° abduction in the early years of life have acetabular development within stable values, and flexibility in their adductor muscles.

Future research assessing the effects of standing programs among children with GMFCS levels IV and V, who are more likely to have hip subluxation and dislocation, would be interesting.

References

- 1
2
3 (1) Johnson A. Cerebral palsies: epidemiology and causal pathways. Arch Dis Child 2000
4 Sep;83(3):279A.
- 5
6 (2) Soo B, Howard JJ, Boyd RN, Reid SM, Lanigan A, Wolfe R, et al. Hip displacement in
7 cerebral palsy. J Bone Joint Surg Am 2006 Jan;88(1):121-129.
- 8
9 (3) Oskoui M, Coutinho F, Dykeman J, Jette N, Pringsheim T. An update on the
10 prevalence of cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis. Dev Med Child
11 Neurol 2013 Jun;55(6):509-519.
- 12
13 (4) Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, Goldstein M, Bax M, Damiano D, et al. A report:
14 the definition and classification of cerebral palsy April 2006. Dev Med Child Neurol
15 Suppl 2007 Feb;109:8-14.
- 16
17 (5) Gough M, Shortland AP. Could muscle deformity in children with spastic cerebral
18 palsy be related to an impairment of muscle growth and altered adaptation? Dev Med
19 Child Neurol 2012 Jun;54(6):495-499.
- 20
21 (6) Shore B, Spence D, Graham H. The role for hip surveillance in children with cerebral
22 palsy. Curr Rev Musculoskelet Med 2012 Jun;5(2):126-134.
- 23
24 (7) Shore BJ, Yu X, Desai S, Selber P, Wolfe R, Graham HK. Adductor surgery to prevent
25 hip displacement in children with cerebral palsy: the predictive role of the Gross Motor
26 Function Classification System. J Bone Joint Surg Am 2012 Feb 15;94(4):326-334.
- 27
28 (8) Connelly A, Flett P, Graham HK, Oates J. Hip surveillance in Tasmanian children with
29 cerebral palsy. J Paediatr Child Health 2009 Jul-Aug;45(7-8):437-443.
- 30
31 (9) Rodby-Bousquet E, Czuba T, Hagglund G, Westbom L. Postural asymmetries in
32 young adults with cerebral palsy. Dev Med Child Neurol 2013 Nov;55(11):1009-1015.
- 33
34 (10) Hagglund G, Lauge-Pedersen H, Wagner P. Characteristics of children with hip
35 displacement in cerebral palsy. BMC Musculoskelet Disord 2007 Oct 26;8:101.
- 36
37 (11) Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, Russell D, Wood E, Galuppi B. Development
38 and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral
39 palsy. Dev Med Child Neurol 1997 Apr;39(4):214-223.
- 40
41 (12) Flynn JM, Miller F. Management of hip disorders in patients with cerebral palsy. J
42 Am Acad Orthop Surg 2002 May-Jun;10(3):198-209.
- 43
44 (13) Beals R. Development changes in the femur and acetabulum in spastic paraplegia
45 and diplegia. Dev Med Child Neurol 1969 Jun;11(3):303-313.
- 46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

- 1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
- (14) Nordmark E, Hagglund G, Lauge-Pedersen H, Wagner P, Westbom L. Development of lower limb range of motion from early childhood to adolescence in cerebral palsy: a population-based study. *BMC Med* 2009 Oct 28;7:65.
- (15) Beguiristain-Gurpide JL. Clinical logic in orthopaedic surgery for cerebral palsy. *Rev Neurol* 2003 Jul 1-15;37(1):51-54.
- (16) Miller F, Bagg MR. Age and migration percentage as risk factors for progression in spastic hip disease. *Dev Med Child Neurol* 1995 May;37(5):449-455.
- (17) Bleck EE. The hip in cerebral palsy. *Orthop Clin North Am* 1980 Jan;11(1):79-104.
- (18) Parrott J, Boyd RN, Dobson F, Lancaster A, Love S, Oates J, et al. Hip displacement in spastic cerebral palsy: repeatability of radiologic measurement. *J Pediatr Orthop* 2002 Sep-Oct;22(5):660-667.
- (19) Stuberg WA, Fuchs RH, Miedaner JA. Reliability of goniometric measurements of children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1988 Oct;30(5):657-666.
- (20) Stuberg WA. Considerations related to weight-bearing programs in children with developmental disabilities. *Phys Ther* 1992 Jan;72(1):35-40.
- (21) Pountney TE, Mandy A, Green E, Gard PR. Hip subluxation and dislocation in cerebral palsy - a prospective study on the effectiveness of postural management programmes. *Physiother Res Int* 2009 Jun;14(2):116-127.
- (22) Pountney T, Mandy A, Green E, Gard P. Management of hip dislocation with postural management. *Child Care Health Dev* 2002 Mar;28(2):179-185.
- (23) Paleg GS, Smith BA, Glickman LB. Systematic review and evidence-based clinical recommendations for dosing of pediatric supported standing programs. *Pediatr Phys Ther* 2013 Fall;25(3):232-247.
- (24) Gudjonsdottir B SV. Hip and spine in children with cerebral palsy: Musculoskeletal development and clinical Implications. *Pediatr Phys Ther* 1997 1997;9:179-185.
- (25) Hankinson J, Morton RE. Use of a lying hip abduction system in children with bilateral cerebral palsy: a pilot study. *Dev Med Child Neurol* 2002 Mar;44(3):177-180.
- (26) Martinsson C, Himmelmann K. Effect of weight-bearing in abduction and extension on hip stability in children with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther* 2011 Summer;23(2):150-157.
- (27) McDowell BC, Hewitt V, Nurse A, Weston T, Baker R. The variability of goniometric measurements in ambulatory children with spastic cerebral palsy. *Gait Posture* 2000 Oct;12(2):114-121.

1 (28) Terjesen T. Development of the hip joints in unoperated children with cerebral
2 palsy: a radiographic study of 76 patients. Acta Orthop 2006 Feb;77(1):125-131.
3
4 (29) Gibson SK, Sprod JA, Maher CA. The use of standing frames for contracture
5 management for nonmobile children with cerebral palsy. Int J Rehabil Res 2009
6 Dec;32(4):316-323.
7
8 (30) Scrutton D, Baird G, Smeeton N. Hip dysplasia in bilateral cerebral palsy: incidence
9 and natural history in children aged 18 months to 5 years. Dev Med Child Neurol 2001
10 Sep;43(9):586-600.
11
12 (31) Harris NH, Lloyd-Roberts GC, Gallien R. Acetabular development in congenital
13 dislocation of the hip. With special reference to the indications for acetabuloplasty and
14 pelvic or femoral realignment osteotomy. J Bone Joint Surg Br 1975 Feb;57(1):46-52.
15
16 (32) Scrutton D, Baird G. Surveillance measures of the hips of children with bilateral
17 cerebral palsy. Arch Dis Child 1997 Apr;76(4):381-384.
18
19 (33) Scrutton D. The early management of hips in cerebral palsy. Dev Med Child Neurol
20 1989 Feb;31(1):108-116.
21
22 (34) Macias-Merlo L, Bagur-Calafat C, Girabent-Farres M, Stuberg WA. Standing
23 Programs to Promote Hip Flexibility in Children With Spastic Diplegic Cerebral Palsy.
24 Pediatr Phys Ther 2015 Fall;27(3):243-249.
25
26 (35) Pin T, Dyke P, Chan M. The effectiveness of passive stretching in children with
27 cerebral palsy. Dev Med Child Neurol 2006 Oct;48(10):855-862.
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

Figure legends

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

Figure 1.- Process of standing fabrication with plaster

Figure 2.-Anterior view of the standing in abduction

Figure 3.-Box Plot of the MP Maximum (MP Max) and Minimum (MP Min) at 5 year of age in both groups (SG=study group, CG=comparison group)

Figure 4.- Box Plot of the acetabular index Maximum (AI Max) and Minimum (AI Min) at 5 year of age in both groups (SG=study group, CG=comparison group)

Figure 5.- Dispersion figure between the values of the range of motion (ROM) and the migration percentage (PM) at 5.0 years of age in the study group

Figure 1

[Click here to download Figure Figure 1.png](#)



Figure 2

[Click here to download Figure Figure 2.jpg](#)



Resultados

Figure 3

[Click here to download Figure Figure 3.png](#)

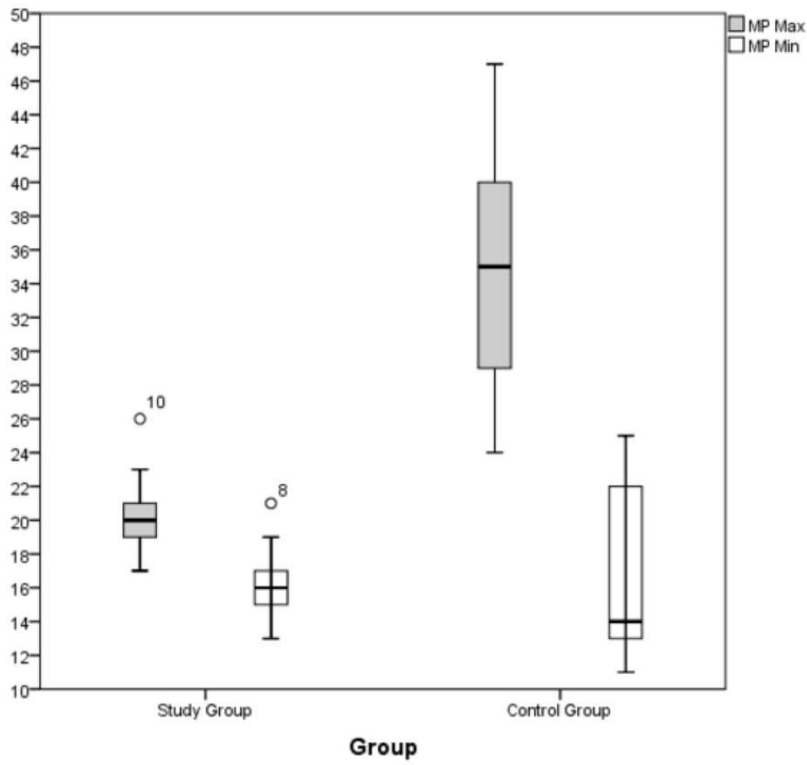


Figure 4

[Click here to download Figure Figure 4.png](#)

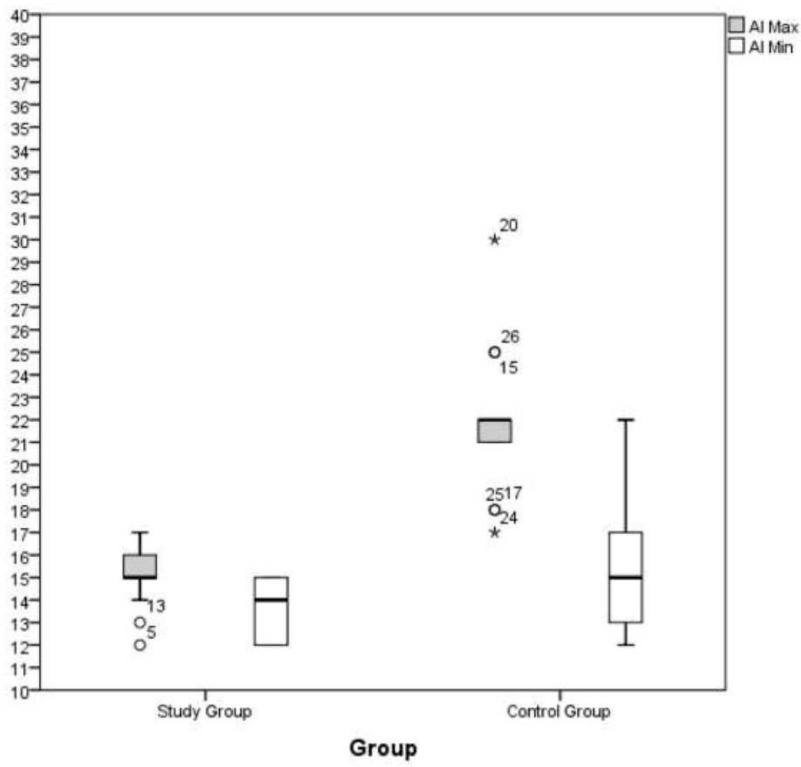
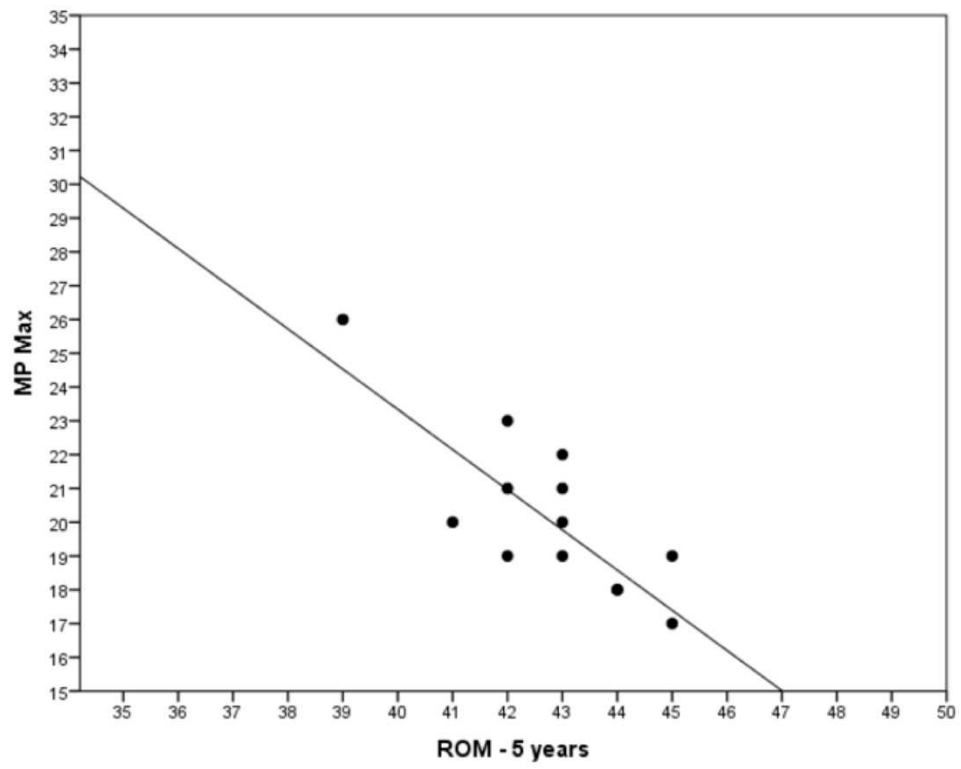


Figure 5

[Click here to download Figure Figure 5.png](#)



Resultados

Table 1

TABLE 1. Statistical description and results of Mann-Whitney U-tests for MP-Max,MP-Min, AI-Max, AI-Min, and range of motion (ROM).

	Study Group		Comparison Group		Differences	
	Md	Mean \pm SD	Md	Mean \pm SD	Media \pm SD	p-value
MP-Max	20	20.23 \pm 2.42	35	35.15 \pm 7.30	14.92 \pm 7.69	0.000*
MP-Min	16	16.23 \pm 2.20	14	16.85 \pm 5.13	0.62 \pm 5.58	0.762
AI-Max	15	15.08 \pm 1.38	22	21.92 \pm 3.42	6.84 \pm 3.69	0.000*
AI-Min	14	13.62 \pm 1.33	15	15.23 \pm 2.86	1.61 \pm 3.15	0.125
ROM	43	39.00 \pm 1.64	--	--	--	--

* Statistically significant differences, p-value <0.05

Table 2

TABLE 2. Spearman correlation coefficient for the MP, AI and ROM of the hip adductor muscles in the study group.

	Study Group
MP Max – AI Max	0.459
MP Min – AI Min	-0.077
MP Max – ROM	-0.726*
MP Min – ROM	-0.067
AI Max – ROM	-0.254
AI Min – ROM	-0.315

*statistically significant, p-value <0.01

8. DISCUSIÓN

La displasia de cadera en niños con PC es la segunda deformidad músculo-esquelética más importante, y suele atribuirse a la espasticidad y contracturas de los músculos aductores y flexores de la cadera (92,93). Esto puede dar lugar a un desequilibrio muscular, a una reducción del rango de movimiento (RDM) en los músculos de alrededor de la cadera y pelvis, deformidad ósea como coxa valga, anteversión femoral y displasia acetabular, lo que aumenta aún más el riesgo de inestabilidad de la cadera (77,96).

Aunque el riesgo de desarrollar displasias de la cadera es mayor en niños parálisis cerebral en las formas más severas y sin capacidad de marcha, como los niveles IV y V según el GMFCS (82,94), los niños con DE nivel III tienen el riesgo de un 3% de tener subluxación de caderas, aunque los niños con diplejía espástica aumenta hasta un 22% debido a la combinación de espasticidad en los músculos aductores y flexores de cadera que contribuyen al desplazamiento lateral de la cabeza femoral (88). Teniendo que en cuenta que los niños con DE nivel III tienen posibilidad de marcha con ayudas de movilidad, la integridad de la cadera y de los músculos aductores son esenciales, no solamente para evitar deformidades secundarias sino también para poder tener una marcha funcional y alineada. De aquí la importancia de iniciar precozmente con los programas de bipedestación ya que es la población de niños que más se pueden beneficiar de ellos.

Un PM mayor del 33% se define como una subluxación y puede progresar a la luxación de la cadera (44,87). Teniendo en cuenta estos valores es importante haber hallado que todos los niños del GE presentaron un PM menor en ambas caderas y dentro de límites estables. Los resultados concuerdan con Connelly y Stuberg (77,98) que sugieren que la bipedestación temprana adaptada promueve el desarrollo acetabular en niños con PC que están en riesgo de subluxación de cadera. Sin embargo, ocho niños del GC tenían un PM > 33% en una de sus caderas lo que significa una mayor incidencia de la patología de la cadera. Con una media del PM superior al 33% a los 5 años de edad, Pountney sugiere que el manejo postural, como son los programas de bipedestación, deben iniciarse a edades tempranas para ayudar a disminuir la

incidencia de la patología de cadera en niños con PC (67,74).

El desarrollo acetabular también fue más simétrico en los niños del GE, ya que comparando el PM más alto y más bajo (peor y mejor registro) de las caderas de ambos grupos, encontramos que los niños del GE tenían una diferencia entre estos valores de solo un 4%. Esto significa que el desarrollo acetabular del GE fue paralelo durante el crecimiento en los primeros 5 años. Sin embargo, esta diferencia entre en el GC fue del 18%, lo que implica que una de las caderas de este grupo se desvió de los parámetros normales para un adecuado desarrollo acetabular. Según Scrutton, el desarrollo acetabular asimétrico provoca oblicuidad pélvica con un riesgo mucho mayor de desarrollar escoliosis (110). El hecho de hallar valores del PM más simétricos entre las caderas de los niños del GE indica que el programa de bipedestación en abducción promovió la simetría del crecimiento acetabular entre ambas caderas.

Los resultados de este trabajo coinciden con otros estudios que sugieren que un programa de bipedestación diario en los primeros años es esencial para promover estabilidad en el desarrollo de la cadera, evitar la pérdida del RDM de los músculos aductores de cadera, mantener su flexibilidad y favorecer un desarrollo acetabular simétrico en niños con PC con riesgo de displasia (46, 67, 70, 72, 74, 98,111).

En cuanto a la dosificación del programa de bipedestación, los resultados concuerdan con Martinson que sugiere que un programa de bipedestación diario durante 1 hora y media con 60° de abducción mejora la biomecánica de la cadera y tiene un gran efecto sobre la estabilidad de esta articulación (71). Los resultados de esta autora fueron en niños con PC niveles del III al V según el GMFCS que ya tenían displasia acetabular y con una media de edad de 3,5 años (71). Si es posible reducir el PM y mejorar el estado acetabular con el programa de bipedestación en abducción en presencia de una subluxación de cadera, la prevención de esta deformidad es posible según muestra los resultados de nuestro estudio.

Las diferencias halladas en el IA más alto y más bajo (peor y mejor registro) de las caderas entre el GE y el GC indican que los niños que realizaron el programa de bipedestación tenían el cótilo o techo acetabular ligeramente menos verticalizado, respecto al GE, y una cobertura de la cabeza femoral simétrica. El IA va disminuyendo en la primera infancia, con valores de 27 a 42° en el nacimiento, 15° a los 3 años, y de 11° a partir de los 8 años (78,105). Los niños del GE presentaban un techo acetabular normal para su edad en ambas caderas. Sin embargo, los niños del GC presentaban un techo acetabular ligeramente más verticalizado solo en una de sus caderas.

La relación encontrada en el GE entre el PM-Max y el RDM, pone de manifiesto que cuando más bajo es el PM hay un mayor RDM en los músculos aductores de cadera y viceversa. Este hallazgo concuerda con Harris, quién apunta que con el mantenimiento del RDM de los músculos aductores es más fácil que la cabeza femoral esté cubierta por su acetábulo (112). Beals también sugiere que el acetábulo es capaz de adaptarse más fácilmente a la cabeza femoral cuando está centrada hasta los 5 años, si bien después de esta edad, la capacidad de adaptarse es más difícil y prácticamente cesa alrededor de los 9 años de edad (76).

En cuanto al IA no se encontró ninguna relación con el RDM, hallazgo que concuerda con los resultados de los estudios de Scrutton, que halló la existencia de una correlación débil entre el IA y el RDM a los 4-5 años (104).

Los resultados de este estudio muestran que es posible mantener el RDM de los músculos aductores espásticos de los niños PC diplejía espástica con un programa de bipedestación diario durante el desarrollo de los primeros 5 años, ya que a esta edad los niños del GE mantenían un RDM similar al de antes de iniciar el programa de bipedestación a los 12-14 meses. Aunque los resultados de este estudio muestran una diferencia estadísticamente significativa en el RDM pasivo pre-post, no podemos decir que la magnitud del efecto sea clínicamente relevante, en el sentido de afirmar un aumento del RDM, sino que lo aportan los resultados hallados es el logro del mantenimiento del RDM. En los niños con PC espástica dipléjica, la historia natural comporta una disminución del RDM de los músculos espásticos (54,113).

Discusión

Aunque todos los niños del estudio comenzaron a caminar con ayudas para la movilidad entre los 30-36 meses de edad, continuaron con el programa de bipedestación hasta la edad de 5 años con el objetivo de promover la flexibilidad en la musculatura de las caderas. Según Tardieu, los músculos espásticos no pueden crecer y adaptarse al crecimiento del esqueleto (68). Sin embargo, como muestra el estudio, es posible mantener el RDM de los músculos aductores de cadera en períodos de estiramiento diarios a través de los programas de bipedestación y dentro de las rutinas diarias de los niños. Con las caderas y miembros inferiores en abducción y en una posición estable y simétrica de tronco, los niños juegan confortablemente y también usan los músculos de sus brazos y tronco. Este aspecto también puede haber ayudado a mantener actividad de los músculos de las piernas en posición alargada y podría haber contribuido a maximizar un equilibrio fisiológico en el crecimiento entre los músculos y los huesos.

El mantenimiento de la flexibilidad muscular de los músculos aductores de cadera concuerda con otras investigaciones que afirman que la flexibilidad muscular se puede mantener mediante el uso de un programa de estiramiento sostenido como los programas de bipedestación y tienen también un efecto positivo en la biomecánica de la cadera y en la espasticidad (66,70-72).

La disminución del RDM de la abducción de la cadera es común en los niños con PC nivel III con DE durante el crecimiento y desarrollo (54,113). McDowell, halló disminuciones significativas en el RDM de los músculos isquiotibiales y aductores de la cadera en los niños con PC espástica que tampoco tenían antecedentes de cirugía en extremidades inferiores. En este estudio, la media en abducción de la cadera de estos niños de entre 4 y 10 años con nivel III según el GMFCS fue de 25° (113). Sin embargo, en nuestro estudio ningún niño del GE perdió RDM de los músculos aductores siendo la media del RDM a los 5 años fue de 42° (54). El mantenimiento de la flexibilidad de los aductores de la cadera en los niños del GE podría estar en relación a la prevención de la típica marcha en tijera que normalmente presentan niños con DE parcialmente deambulantes (88,93).

Las visitas al domicilio de los niños del GC se realizaron cada 4-6 semanas y si era necesario en la escuela infantil. Durante las visitas, los padres informaban si tenían algún problema concreto para garantizar el cumplimiento del programa, como la tolerancia del niño, las rutinas del día que usaba en programa, así como los juegos que más les gustaba durante el programa de bipedestación.

Con el tiempo, los padres iban informando que sus hijos tenían menos tendencia a cruzar sus piernas, más flexibilidad en el manejo del vestir y desvestir, en el cambio de pañales y estos aspectos fueron lo suficientemente alentadores para fomentar el seguimiento con el programa. Quizás esto significa una constancia para los padres, pero elimina la necesidad de utilizar técnicas de estiramiento tradicionales que pueden ser una carga añadida debido a la cantidad de otras intervenciones terapéuticas que un niño con PC puede requerir.

Este es el primer estudio que contrasta que un estiramiento sostenido de los músculos aductores mantiene su RDM y promueve la flexibilidad muscular utilizando un programa de bipedestación en abducción diario durante 4 años (desde los 12-14 meses hasta los 5 años). A pesar de que no se realizó una valoración del RDM en el grupo comparación debido a que la historia natural comporta una disminución del RDM de los músculos espásticos (54,113), este punto podría restar fuerza a la relación causal entre el uso del programa de bipedestación y el mantenimiento del RDM en abducción de cadera. Los niños crecieron hasta los 5 años sin perder RDM, realizando marcha sin cruzar los pies, sin haber recibido toxina botulínica y manteniendo la flexibilidad de los músculos aductores de cadera para ser funcional en su marcha. Atribuimos estos hallazgos a una serie de razones diferentes: la cantidad de estiramiento diario (70-90 minutos), distribución de la presión simétrica de la cabeza femoral, y al cumplimiento del programa que podría haber sido potenciado por las visitas a domicilio que se realizaron para ayudar a los padres, aspectos que, en conjunto, podrían haber contribuido a los resultados. Hubiera sido también interesante contar con los valores del RDM de los músculos aductores del GC para poder comparar estas variables.

Discusión

Aunque el uso de los programas de bipedestación parece que mejora las funciones y estructura del cuerpo, también promueven la participación en actividades verticales permitiendo que el niño esté al mismo nivel que sus compañeros (72,114).

Otro de los beneficios de usar un bipedestador personalizado con yeso es el coste, ya que son significativamente más baratos si lo comparamos con los bipedestadores disponibles en el mercado que también permiten la abducción de caderas. Este es un factor importante a tener en cuenta cuando el niño crece y el bipedestador necesita ser reemplazado. El bipedestador yeso también proporciona un ajuste personalizado al confeccionarlo con la abducción de cadera adecuada para cada niño en particular, una característica de la que carecen la mayoría de los bipedestadores que están en el mercado.

La bipedestación con soporte es parte de un programa integral en el manejo de las displasias para evitar posiblemente la necesidad de una cirugía de cadera (44, 67,74). Algunos autores coinciden en que la deformidad de cadera, luxación y subluxación se podrían reducir si los niños con PC recibieran un manejo postural incluyendo programas de bipedestación junto con otras actividades y recomiendan que el programa se inicie tan pronto como sea posible, a los 12 a 18 meses de edad (67, 74, 94, 98,106).

Una limitación de este estudio es no tener datos de referencia del PM e IA al inicio del estudio para ambos grupos. Aunque un estudio radiológico en niños con PC, al año de vida, no justifica la necesidad de la radiación si tenemos en cuenta que la literatura aporta suficiente evidencia que los niños con PC nacen con unas caderas dentro de parámetros normales (92).

Necesitamos más investigaciones estudiar la efectividad de este programa de bipedestación en niños con PC en las formas más severas y sin capacidad de marcha, como los niveles IV y V según el GMFCS que tienen mayor riesgo de desarrollar displasias de cadera. Sin embargo, los resultados de este estudio proporcionan nuevos conocimientos sobre el manejo postural de los niños con PC a través del uso de un programa de bipedestación en abducción y usado diariamente durante los primeros 5 años.

9. CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones derivadas de este trabajo:

1. La realización temprana de un programa de bipedestación en abducción aplicado de forma diaria durante 4 años en los niños con PC diplejía espástica con un nivel III según el GMFCS, ayuda a mantener el rango de movimiento de los músculos aductores.
2. El porcentaje de migración de la cadera con peores registros se mantuvo dentro del umbral de valores considerados estables a los 5 años de edad, en la cohorte de estudio, mientras que en la cohorte de comparación estos valores eran indicativos de displasia de cadera.
3. El Índice Acetabular de la cadera con peores registros se mantuvo dentro del rango de normalidad a los 5 años de edad, en la cohorte de estudio y fuera en la cohorte de comparación.
4. El uso de un programa de bipedestación en abducción aplicado de forma diaria durante 4 años, ayuda a la prevención de displasias de cadera y promueve un desarrollo acetabular simétrico y dentro de valores estables en niños con diplejía espástica con un nivel III según el GMFCS.

10. LIMITACIONES Y LÍNEAS DE FUTURO

Una de las limitaciones de este estudio, como ya se ha mencionado en la discusión, es solo contar con los valores del RDM de la abducción de caderas del GE y no del GC para poder comparar estas variables a los 5 años.

Se considera que los futuros estudios tendrían que ir en la línea de:

- Realizar un seguimiento posterior a los 5 años para poder estudiar si el programa de bipedestación en abducción utilizado en los niños del GE siguen con el mismo RDM en los músculos aductores con el crecimiento y se evita a la larga cirugía músculo-tendinosa de los músculos aductores.
- Constatar si los niños del GE que han usado el programa de bipedestación en abducción siguen con un PM e IA dentro de valores estables y simétricos pasados los 5 años ya que el riesgo de subluxación continúa en la segunda infancia.
- Estudiar si los valores de PM e IA se mantienen igual de estables y simétricos a los 5 años interrumpiendo el programa de bipedestación cuando los niños empiezan a andar a los 30-36 meses, ya que la actividad de marcha que implica carga de peso también estimula en crecimiento acetabular.
- Investigar si el programa de bipedestación en abducción también ayuda a la prevención de displasias de caderas en los niños con niveles IV y V según el GMFCS que tienen mayor probabilidad de desarrollar displasias de cadera.
- Investigar si el programa de bipedestación en abducción ayuda a la prevención de displasias de cadera en otros tipos de PC y síndromes neurológicos que implican un retraso en la bipedestación y marcha.

11. BIBLIOGRAFÍA

- (1) Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, Goldstein M, Bax M, Damiano D, et al. A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Dev Med Child Neurol Suppl* 2007 Feb; 109:8-14.
- (2) Rosenbloom L. Definition and classification of cerebral palsy. Definition, classification, and the clinician. *Dev Med Child Neurol Suppl* 2007 Feb; 109:43.
- (3) Johnson A. Cerebral palsies: epidemiology and causal pathways. *Arch Dis Child* 2000 Sep; 83(3):279A.
- (4) Odding E, Roebroek ME, Stam HJ. The epidemiology of cerebral palsy: incidence, impairments and risk factors. *Disabil Rehabil* 2006 Feb 28; 28(4):183-191.
- (5) Surveillance of Cerebral Palsy in Europe. Surveillance of cerebral palsy in Europe: a collaboration of cerebral palsy surveys and registers. *Surveillance of Cerebral Palsy in Europe (SCPE)*. *Dev Med Child Neurol* 2000 Dec; 42(12):816-824.
- (6) Surveillance of Cerebral Palsy in Europe. Surveillance of cerebral palsy in Europe: a collaboration of cerebral palsy surveys and registers. *Surveillance of Cerebral Palsy in Europe (SCPE)*. *Dev Med Child Neurol* 2000 Dec; 42(12):816-824.
- (7) Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, Goldstein M, Bax M, Damiano D, et al. A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Dev Med Child Neurol Suppl* 2007 Feb; 109:8-14.
- (8) Hagberg B, Hagberg G, Beckung E, Uvebrant P. Changing panorama of cerebral palsy in Sweden. VIII. Prevalence and origin in the birth year period 1991-94. *Acta Paediatr* 2001 Mar; 90(3):271-277.
- (9) Katherine T. Ratliffe editor. *Clinical Pediatric Physical Therapy. A guide for the physical therapy team*. USA: Mosby; 1998.
- (10) Shepherd Roberta B. editor. *Physiotherapy in Paediatrics*. Londres: Butterworth Heinemann; 1995.
- (11) Bobath B BK. *Desarrollo motor en distintos tipos de parálisis cerebral*. : Panamericana; 1976.
- (12) Olney Sandra, Wright Marilyn editor. *Cerebral Palsy*. Thirrd ed. Philadelphia: Saunders Elsevier; 2006.
- (13) Gorter JW, Rosenbaum PL, Hanna SE, Palisano RJ, Bartlett DJ, Russell DJ, et al. Limb distribution, motor impairment, and functional classification of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2004 Jul; 46(7):461-467.

Bibliografía

- (14) Hagberg B, Hagberg G. The changing panorama of cerebral palsy--bilateral spastic forms in particular. *Acta Paediatr Suppl* 1996 Oct; 416:48-52.
- (15) Campbell SK. Quantifying the effects of interventions for movement disorders resulting from cerebral palsy. *J Child Neurol* 1996 Nov; 11 Suppl 1:S61-70.
- (16) Barnes Michel P, Garth Johnson. Upper Motor Neurone syndrome and spasticity. Clinical management and neurophysiology. : Cambridge university press; 2001.
- (17) Wichers M, Hilberink S, Roebroek ME, van Nieuwenhuizen O, Stam HJ. Motor impairments and activity limitations in children with spastic cerebral palsy: a Dutch population-based study. *J Rehabil Med* 2009 Apr; 41(5):367-374.
- (18) Perlman JM, Risser R, Broyles RS. Bilateral cystic periventricular leukomalacia in the premature infant: associated risk factors. *Pediatrics* 1996 Jun; 97(6 Pt 1):822-827.
- (19) Hatzidaki E, Giahnakis E, Maraka S, Korakaki E, Manoura A, Saitakis E, et al. Risk factors for periventricular leukomalacia. *Acta Obstet Gynecol Scand* 2009; 88(1):110-115.
- (20) MacLennan AH, Thompson SC, Gecz J. Cerebral palsy: causes, pathways, and the role of genetic variants. *Am J Obstet Gynecol* 2015 May 21.
- (21) Hack M, Wilson-Costello D, Friedman H, Taylor GH, Schluchter M, Fanaroff AA. Neurodevelopment and predictors of outcomes of children with birth weights of less than 1000 g: 1992-1995. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2000 Jul; 154(7):725-731.
- (22) Blumenthal I. Periventricular leucomalacia: a review. *Eur J Pediatr* 2004 Aug; 163(8):435-442.
- (23) Hoekstra RE, Ferrara TB, Couser RJ, Payne NR, Connett JE. Survival and long-term neurodevelopmental outcome of extremely premature infants born at 23-26 weeks' gestational age at a tertiary center. *Pediatrics* 2004 Jan; 113(1 Pt 1):e1-6.
- (24) Wood NS, Marlow N, Costeloe K, Gibson AT, Wilkinson AR. Neurologic and developmental disability after extremely preterm birth. EPICure Study Group. *N Engl J Med* 2000 Aug 10; 343(6):378-384.
- (25) Papile LA, Burstein J, Burstein R, Koffler H. Incidence and evolution of subependymal and intraventricular hemorrhage: a study of infants with birth weights less than 1,500 gm. *J Pediatr* 1978 Apr; 92(4):529-534.
- (26) Philip AG, Allan WC, Tito AM, Wheeler LR. Intraventricular hemorrhage in preterm infants: declining incidence in the 1980s. *Pediatrics* 1989 Nov; 84(5):797-801.
- (27) Badell-Ribera A. Cerebral palsy: postural-locomotor prognosis in spastic diplegia. *Arch Phys Med Rehabil* 1985 Sep; 66(9):614-619.

- (28) Campistol Plana J, Escofet Soteras C, Poo Arguelles P. Periventricular leukomalacia: its retrospective diagnosis in children with spastic diplegia]. *An Esp Pediatr* 1996 Jun; 44(6):553-556.
- (29) Rezaie P, Dean A. Periventricular leukomalacia, inflammation and white matter lesions within the developing nervous system. *Neuropathology* 2002 Sep; 22(3):106-132.
- (30) Scholtes VA, Becher JG, Beelen A, Lankhorst GJ. Clinical assessment of spasticity in children with cerebral palsy: a critical review of available instruments. *Dev Med Child Neurol* 2006 Jan; 48(1):64-73.
- (31) Katz RT, Rymer WZ. Spastic hypertonia: mechanisms and measurement. *Arch Phys Med Rehabil* 1989 Feb; 70(2):144-155.
- (32) Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, Russell D, Wood E, Galuppi B. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1997 Apr; 39(4):214-223.
- (33) Himmelmann K, Beckung E, Hagberg G, Uvebrant P. Gross and fine motor function and accompanying impairments in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2006 Jun; 48(6):417-423.
- (34) Bax M, Goldstein M, Rosenbaum P, Leviton A, Paneth N, Dan B, et al. Proposed definition and classification of cerebral palsy, April 2005. *Dev Med Child Neurol* 2005 Aug; 47(8):571-576.
- (35) Gough M, Shortland AP. Could muscle deformity in children with spastic cerebral palsy be related to an impairment of muscle growth and altered adaptation? *Dev Med Child Neurol* 2012 Jun; 54(6):495-499.
- (36) Lespargot A, Renaudin E, Khouri N, Robert M. Extensibility of hip adductors in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1994 Nov; 36(11):980-988.
- (37) Wren TA, Rethlefsen S, Kay RM. Prevalence of specific gait abnormalities in children with cerebral palsy: influence of cerebral palsy subtype, age, and previous surgery. *J Pediatr Orthop* 2005 Jan-Feb; 25(1):79-83.
- (38) Tardieu C, Huet de la Tour E, Bret MD, Tardieu G. Muscle hypoextensibility in children with cerebral palsy: I. Clinical and experimental observations. *Arch Phys Med Rehabil* 1982 Mar; 63(3):97-102.
- (39) Pirpiris M, Grraham K. Management of Spasticity in Children. Upper Motor Neurone Syndrome and Spasticity. Cambridge University ed.: Barnes,MP.; Johnson,GR.; 2001. p. 79.
- (40) Dietz V, Berger W. Normal and impaired regulation of muscle stiffness in gait: a new hypothesis about muscle hypertonia. *Exp Neurol* 1983 Mar; 79(3):680-687.

Bibliografía

- (41) Lieber RL, Steinman S, Barash IA, Chambers H. Structural and functional changes in spastic skeletal muscle. *Muscle Nerve* 2004 May; 29(5):615-627.
- (42) Booth CM, Cortina-Borja Mi, Theologis TN. Collagen accumulation in muscles of children with cerebral palsy and correlation with severity of spasticity. *Dev Med Child Neurol* 2001 May; 43(5):314-320.
- (43) O'Dwyer Ni, Ada L. Reflex hyperexcitability and muscle contracture in relation to spastic hypertonia. *Curr Opin Neurol* 1996 Dec; 9(6):451-455.
- (44) Hagglund G, Lauge-Pedersen H, Wagner P. Characteristics of children with hip displacement in cerebral palsy. *BMC Musculoskelet Disord* 2007 Oct 26; 8:101.
- (45) Morrell DS, Pearson iM, Sauser DD. Progressive bone and joint abnormalities of the spine and lower extremities in cerebral palsy. *Radiographics* 2002 Mar-Apr; 22(2):257-268.
- (46) Gudjonsdottir B SV. Hip and spine in children with cerebral palsy: Musculoskeletal development and clinical Implications. *Pediatr Phys Ther* 1997 1997; 9:179-185.
- (47) Rodda i, Graham HK. Classification of gait patterns in spastic hemiplegia and spastic diplegia: a basis for a management algorithm. *Eur J Neurol* 2001 Nov; 8 Suppl 5:98-108.
- (48) Tardieu C, Tardieu G, Colbeau-iustin P, Huet de la Tour E, Lespargot A. Trophic muscle regulation in children with congenital cerebral lesions. *J Neurol Sci* 1979 Aug;42(3):357-364.
- (49) Tardieu C, Lespargot A, Tabary C, Bret MD. For how long must the soleus muscle be stretched each day to prevent contracture? *Dev Med Child Neurol* 1988 Feb; 30(1):3-10.
- (50) Tabary iC, Tardieu C, Tardieu G, Tabary C. Experimental rapid sarcomere loss with concomitant hypoextensibility. *Muscle Nerve* 1981 May-iun;4(3):198-203.
- (51) Tardieu G, Tardieu C, Colbeau-iustin P, Lespargot A. Muscle hypoextensibility in children with cerebral palsy: II. Therapeutic implications. *Arch Phys Med Rehabil* 1982 Mar; 63(3):103-107.
- (52) Gage i, Schwartz M, Koop S, Novacheck T. *The Identification and Treatment of Gait Problems in Cerebral Palsy*. 2nd Edition ed. London: Mac Keith Press; 2009.
- (53) Bottos M, Gericke C. Ambulatory capacity in cerebral palsy: prognostic criteria and consequences for intervention. *Dev Med Child Neurol* 2003 Nov; 45(11):786-790.
- (54) Nordmark E, Hagglund G, Lauge-Pedersen H, Wagner P, Westbom L. Development of lower limb range of motion from early childhood to adolescence in cerebral palsy: a population-based study. *BMC Med* 2009 Oct 28; 7:65.

- (55) Picciolini O, Albisetti W, Cozzaglio M, Spreafico F, Mosca F, Gasparroni V. "Postural Management" to prevent hip dislocation in children with cerebral palsy. *Hip Int* 2009 Jan-Mar; 19 Suppl 6:S56-62.
- (56) Flynn JM, Miller F. Management of hip disorders in patients with cerebral palsy. *J Am Acad Orthop Surg* 2002 May-Jun; 10(3):198-209.
- (57) Bleck EE. The hip in cerebral palsy. *Orthop Clin North Am* 1980 Jan; 11(1):79-104.
- (58) Hufschmidt A, Mauritz KH. Chronic transformation of muscle in spasticity: a peripheral contribution to increased tone. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1985 Jul; 48(7):676-685.
- (59) Jahnsen R, Villien L, Egeland T, Stanghelle JK, Holm I. Locomotion skills in adults with cerebral palsy. *Clin Rehabil* 2004 May; 18(3):309-316.
- (60) Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, Russell D, Wood E, Galuppi B. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1997 Apr; 39(4):214-223.
- (61) Wiart L, Darrah J, Kembhavi G. Stretching with children with cerebral palsy: what do we know and where are we going? *Pediatr Phys Ther* 2008 Summer; 20(2):173-178.
- (62) Pin T, Dyke P, Chan M. The effectiveness of passive stretching in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2006 Oct; 48(10):855-862.
- (63) Katalinic OM, Harvey LA, Herbert RD, Moseley AM, Lannin NA, Schurr K. Stretch for the treatment and prevention of contractures. *Cochrane Database Syst Rev* 2010 Sep 8;(9):CD007455. doi(9):CD007455.
- (64) Van Dyke JM, Bain JL, Riley DA. Preserving sarcomere number after tenotomy requires stretch and contraction. *Muscle Nerve* 2012 Mar; 45(3):367-375.
- (65) Fowles JR, Sale DG, MacDougall JD. Reduced strength after passive stretch of the human plantarflexors. *J Appl Physiol* (1985) 2000 Sep; 89(3):1179-1188.
- (66) Salem Y, Lovelace-Chandler V, Zabel RJ, McMillan AG. Effects of prolonged standing on gait in children with spastic cerebral palsy. *Phys Occup Ther Pediatr* 2010 Feb; 30(1):54-65.
- (67) Pountney TE, Mandy A, Green E, Gard PR. Hip subluxation and dislocation in cerebral palsy - a prospective study on the effectiveness of postural management programmes. *Physiother Res Int* 2009 Jun; 14(2):116-127.
- (68) Tardieu C, Tardieu G, Colbeau-Justin P, Huet de la Tour E, Lespargot A. Trophic muscle regulation in children with congenital cerebral lesions. *J Neurol Sci* 1979 Aug; 42(3):357-364.

Bibliografía

- (69) O'Dwyer N, Neilson P, Nash J. Reduction of spasticity in cerebral palsy using feedback of the tonic stretch reflex: a controlled study. *Dev Med Child Neurol* 1994 Sep; 36(9):770-786.
- (70) Gibson SK, Sprod JA, Maher CA. The use of standing frames for contracture management for nonmobile children with cerebral palsy. *Int J Rehabil Res* 2009 Dec; 32(4):316-323.
- (71) Martinsson C, Himmelmann K. Effect of weight-bearing in abduction and extension on hip stability in children with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther* 2011 Summer; 23(2):150-157.
- (72) Paleg GS, Smith BA, Glickman LB. Systematic review and evidence-based clinical recommendations for dosing of pediatric supported standing programs. *Pediatr Phys Ther* 2013 Fall; 25(3):232-247.
- (73) Salem Y, Lovelace-Chandler V, Zabel RJ, McMillan AG. Effects of prolonged standing on gait in children with spastic cerebral palsy. *Phys Occup Ther Pediatr* 2010 Feb; 30(1):54-65.
- (74) Pountney T, Mandy A, Green E, Gard P. Management of hip dislocation with postural management. *Child Care Health Dev* 2002 Mar; 28(2):179-185.
- (75) Cusick BD, Stuberg WA. Assessment of lower-extremity alignment in the transverse plane: implications for management of children with neuromotor dysfunction. *Phys Ther* 1992 Jan; 72(1):3-15.
- (76) Beals R. Development changes in the femur and acetabulum in spastic paraplegia and diplegia. *Dev Med Child Neurol* 1969 Jun; 11(3):303-313.
- (77) Connelly A, Flett P, Graham HK, Oates J. Hip surveillance in Tasmanian children with cerebral palsy. *J Paediatr Child Health* 2009 Jul-Aug; 45(7-8):437-443.
- (78) Cornell MS. The hip in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1995 Jan; 37(1):3-18.
- (79) Reimers J. The stability of the hip in children. A radiological study of the results of muscle surgery in cerebral palsy. *Acta Orthop Scand Suppl* 1980; 184:1-100.
- (80) Miller F, Bagg MR. Age and migration percentage as risk factors for progression in spastic hip disease. *Dev Med Child Neurol* 1995 May; 37(5):449-455.
- (81) Heinrich SD, MacEwen GD, Zembo MM. Hip dysplasia, subluxation, and dislocation in cerebral palsy: an arthrographic analysis. *J Pediatr Orthop* 1991 Jul-Aug; 11(4):488-493.
- (82) Soo B, Howard JJ, Boyd RN, Reid SM, Lanigan A, Wolfe R, et al. Hip displacement in cerebral palsy. *J Bone Joint Surg Am* 2006 Jan; 88(1):121-129.

- (83) Gordon GS, Simkiss DE. A systematic review of the evidence for hip surveillance in children with cerebral palsy. *J Bone Joint Surg Br* 2006 Nov; 88(11):1492-1496.
- (84) Scrutton D, Baird G, Smeeton N. Hip dysplasia in bilateral cerebral palsy: incidence and natural history in children aged 18 months to 5 years. *Dev Med Child Neurol* 2001 Sep; 43(9):586-600.
- (85) Parrott J, Boyd RN, Dobson F, Lancaster A, Love S, Oates J, et al. Hip displacement in spastic cerebral palsy: repeatability of radiologic measurement. *J Pediatr Orthop* 2002 Sep-Oct; 22(5):660-667.
- (86) Miller F, Bagg MR. Age and migration percentage as risk factors for progression in spastic hip disease. *Dev Med Child Neurol* 1995 May; 37(5):449-455.
- (87) Terjesen T. The natural history of hip development in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2012 Oct; 54(10):951-957.
- (88) Terjesen T. Development of the hip joints in unoperated children with cerebral palsy: a radiographic study of 76 patients. *Acta Orthop* 2006 Feb; 77(1):125-131.
- (89) Samilson RL, Tsou P, Aamoth G, Green WM. Dislocation and subluxation of the hip in cerebral palsy. Pathogenesis, natural history and management. *J Bone Joint Surg Am* 1972 Jun; 54(4):863-873.
- (90) LAMB DW, POLLOCK GA. Hip deformities in cerebral palsy and their treatment. *Dev Med Child Neurol* 1962 Oct; 4:488-498.
- (91) Macias-Merlo L, Bagur-Calafat C, Girabent-Farres M, Stuberger WA. Standing Programs to Promote Hip Flexibility in Children With Spastic Diplegic Cerebral Palsy. *Pediatr Phys Ther* 2015 Fall; 27(3):243-249.
- (92) Shore B, Spence D, Graham H. The role for hip surveillance in children with cerebral palsy. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2012 Jun; 5(2):126-134.
- (93) Shore BJ, Yu X, Desai S, Selber P, Wolfe R, Graham HK. Adductor surgery to prevent hip displacement in children with cerebral palsy: the predictive role of the Gross Motor Function Classification System. *J Bone Joint Surg Am* 2012 Feb 15; 94(4):326-334.
- (94) Hagglund G, Andersson S, Duppe H, Lauge-Pedersen H, Nordmark E, Westbom L. Prevention of dislocation of the hip in children with cerebral palsy. The first ten years of a population-based prevention programme. *J Bone Joint Surg Br* 2005 Jan; 87(1):95-101.
- (95) Vidal J, Deguillaume P, Vidal M. The anatomy of the dysplastic hip in cerebral palsy related to prognosis and treatment. *Int Orthop* 1985; 9(2):105-110.

Bibliografía

- (96) Spiegel DA, Flynn JM. Evaluation and treatment of hip dysplasia in cerebral palsy. *Orthop Clin North Am* 2006 Apr; 37(2):185-96, vi.
- (97) Pin TW. Effectiveness of static weight-bearing exercises in children with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther* 2007 Spring; 19(1):62-73.
- (98) Stuberg WA. Considerations related to weight-bearing programs in children with developmental disabilities. *Phys Ther* 1992 Jan; 72(1):35-40.
- (99) Nwaobi OM. Effects of body orientation in space on tonic muscle activity of patients with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1986 Feb; 28(1):41-44.
- (100) Macias L. The effect of the standing programs with abduction on children with spastic diplegia. *Pediatr Phys Ther* 2005; 17(1):96.
- (101) Goodworth AD, Peterka RJ. Contribution of sensorimotor integration to spinal stabilization in humans. *J Neurophysiol* 2009 Jul; 102(1):496-512.
- (102) Delacato C.H. *Neurological Organization and Reading*. 1966.
- (103) Václav Votja. *Alteraciones motoras cerebrales infantiles. Diagnóstico y tratamiento precoz*. : Ediciones Marti; 1991.
- (104) Scrutton D, Baird G. Surveillance measures of the hips of children with bilateral cerebral palsy. *Arch Dis Child* 1997 Apr; 76(4):381-384.
- (105) Gudjonsdottir B, Stemmons Mercer V. Effects of a dynamic versus a static prone stander on bone mineral density and behavior in four children with severe cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther* 2002 Spring; 14(1):38-46.
- (106) Hankinson J, Morton RE. Use of a lying hip abduction system in children with bilateral cerebral palsy: a pilot study. *Dev Med Child Neurol* 2002 Mar; 44(3):177-180.
- (107) Macias Lourdes FJ. Parálisis Cerebral. In: McGraw-Hill Interamericana, editor. *Fisioterapia en Pediatría*. Primera ed. España: McGraw Hill Interamericana; 2002. p. 200-178.
- (108) Campbell SK. Quantifying the effects of interventions for movement disorders resulting from cerebral palsy. *J Child Neurol* 1996 Nov; 11 Suppl 1:S61-70.
- (109) Le Metayer M. *Reeducation cerebro-motrice du jeune enfant, Education Thérapeutique*. París: Masson; 1993.
- (110) Scrutton D. The early management of hips in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1989 Feb; 31(1):108-116.

- (111) Hankinson J, Morton RE. Use of a lying hip abduction system in children with bilateral cerebral palsy: a pilot study. *Dev Med Child Neurol* 2002 Mar; 44(3):177-180.
- (112) Harris NH, Lloyd-Roberts GC, Gallien R. Acetabular development in congenital dislocation of the hip. With special reference to the indications for acetabuloplasty and pelvic or femoral realignment osteotomy. *J Bone Joint Surg Br* 1975 Feb; 57(1):46-52.
- (113) McDowell BC, Salazar-Torres JJ, Kerr C, Cosgrove AP. Passive range of motion in a population-based sample of children with spastic cerebral palsy who walk. *Phys Occup Ther Pediatr* 2012 May; 32(2):139-150.
- (114) Nordstrom B, Naslund A, Ekenberg L, Zingmark K. The ambiguity of standing in standing devices: a qualitative interview study concerning children and parents experiences of the use of standing devices. *Physiother Theory Pract* 2014 Mar 27.
- (115) Stuberger WA, Fuchs RH, Miedaner JA. Reliability of goniometric measurements of children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1988 Oct; 30(5):657-666.
- (116) Harris SR, Smith LH, Krukowski L. Goniometric reliability for a child with spastic quadriplegia. *J Pediatr Orthop* 1985 May-Jun; 5(3):348-351.

12. ANEXOS

12.1 Anexo 1. Documento de información a los participantes del estudio de investigación

Título del estudio: Efecto de los programas de bipedestación en abducción en el desarrollo acetabular de niños con diplejía espástica.

Persona de contacto: M. Lourdes Macias Merlo. Fisioterapeuta del Servei d'Atenció Precoç del Department de Benestar Social i Família de la Generalitat de Catalunya de Barcelona. 40288939T

Nos dirigimos a usted para informarle sobre un estudio de investigación en el que se invita a participar a su hijo/a. El estudio ha sido aprobado por el Comité Ético de la Universitat Internacional de Catalunya.

Nuestra intención es tan sólo que usted reciba la información correcta y suficiente para que pueda evaluar y juzgar si quiere o no que su hijo/a participe en este estudio. Para ello lea este documento informativo con atención y nosotros le aclararemos las dudas que le puedan surgir después de la explicación. Además, puede consultar con las personas que considere oportuno.

Debe saber que su participación en este estudio es voluntaria y que puede decidir no participar o cambiar su decisión y retirar el consentimiento en cualquier momento, sin que por ello se altere la relación con su médico y/o su fisioterapeuta, ni se produzca perjuicio alguno en su tratamiento.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTUDIO

El objetivo principal, es contribuir a un mayor conocimiento y comprensión sobre los efectos de los programas de bipedestación en niños que han tenido una lesión cerebral en el nacimiento y puede derivar a una parálisis cerebral (PC).

Los programas de bipedestación son una de las estrategias terapéuticas que habitualmente se utilizan en la práctica de la fisioterapia pediátrica para el

manejo postural de niños con PC. Un programa de bipedestación se refiere a la utilización de material adaptado como los bipedestadores para conseguir la posición del niño en bipedestación cuando el control motriz es inadecuado como para permitir estar de pie sin la ayuda de éstos recursos. Aunque la evidencia científica sugiere que los programas de bipedestación son importantes en el manejo postural y pueden ayudar, entre otros objetivos, a mantener un desarrollo estable de caderas y a mantener o mejorar el rango de movimiento de los músculos espásticos de alrededor de la pelvis y cadera, aún no existe suficiente información, ni protocolos de actuación que ayuden a los profesionales a decidir la edad de inicio, frecuencia y tipo de programa para los diferentes niveles y tipos de PC.

Como el abordaje terapéutico de su hijo incluiría la confección y utilización de un programa de bipedestación, le solicitamos la autorización para recoger los datos de la exploración músculo-esquelética antes de iniciar el programa de bipedestación y una vez haya finalizado el tratamiento en el servicio de atención temprana, así como una valoración radiológica del estado de sus caderas de su hijo.

El material registrado sólo se utilizará para las finalidades señaladas y en ningún momento se solicitará su identidad, la cual sólo será accesible a los profesionales sanitarios responsables de su asistencia

El interés de este estudio es evaluar los posibles resultados de este programa durante los años que esté atendido por el fisioterapeuta en el servicio de atención Precoz.

BENEFICIOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO DE SU HIJO/A

El beneficio inmediato de participar en el estudio es su contribución al conocimiento y desarrollo de la ciencia, o más concretamente de la fisioterapia pediátrica en España. No existe ningún beneficio directo para su hijo/a o para usted pero de esta manera puede contribuir en la futura tarea de los profesionales de la salud para valorar la eficacia de los tratamientos y cuantificar la evolución del niño/a en la primera infancia.

No existe ningún tipo de efecto secundario, riesgo o molestia para usted ni para su hijo/a. Se garantiza la seguridad de su hijo/a durante el tiempo en el que se desarrollará el estudio. Se registrarán los valores de la exploración músculo-esquelética durante el proceso de atención de su hijo en el CDIAP y poder analizar los valores obtenidos. Las mediciones serán llevadas a cabo por fisioterapeutas titulados y especializados, quienes se responsabilizan de la seguridad del niño/a, además de la propia supervisión de los padres ya que pueden presenciar las mediciones. A los 5 años de edad y cuando finalice el periodo de atención temprana se solicitará que el médico de referencia le prescriba una exploración del estado acetabular de las caderas mediante una radiografía AP de pelvis.

Es importante destacar su importante colaboración con la sociedad y en el avance de la sanidad en concreto de la Fisioterapia pediátrica.

OBLIGACIONES DEL PARTICIPANTE

Usted o su hijo/a no tienen ningún tipo de obligación específica con respecto a este estudio. Como el programa de bipedestación estará dentro del planteamiento terapéutico, debe colaborar, como cualquier padre/madre o tutor en cumplir las pautas para llevar a cabo el programa en el domicilio y/o en colaboración con la escuela infantil si fuera necesario.

CONFIDENCIALIDAD

El tratamiento, la comunicación y la cesión de los datos de carácter personal de todos los sujetos participantes se ajustará a lo dispuesto en la Ley Orgánica 15/1999, del 13 de diciembre, de protección de datos de carácter personal. De acuerdo a lo que establece la legislación mencionada, usted puede ejercer los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación de datos, para lo cual deberá dirigirse a la persona de referencia del estudio.

Los datos recogidos para el estudio estarán identificados mediante un código y solo su investigador principal del estudio podrá relacionar dichos datos con su hijo y con su historia clínica. Por lo tanto, su identidad no será revelada a persona alguna salvo excepciones, en caso de urgencia médica o requerimiento legal.

Los resultados del estudio pueden aparecer publicados en bibliografía médica/científica, en ese caso su identidad no será de ninguna manera revelada.

El acceso a su información personal quedará restringido a los investigadores del estudio/colaboradores, autoridades sanitarias, al Comité Ético de Investigación Clínica y personal autorizado por el promotor, cuando lo precisen para comprobar los datos y procedimientos del estudio, pero siempre manteniendo la confidencialidad de los mismos de acuerdo a la legislación vigente.

DATOS DE CONTACTO PARA OBTENER MÁS INFORMACIÓN

Mediante la firma de este formulario, afirma que se le ha informado de las características del estudio, ha entendido la información y el investigador ha clarificado todas sus dudas.

Para obtener respuesta a cualquier pregunta que pueda surgir durante la investigación, puede ponerse en contacto con la Sra. Lourdes Macias Merlo

E-mail: lmacias@sefip.org

CDIAP: Servei d'Atenció Precoç del Departament de Benestar y Família de la Generalitat de Catalunya.

Passeig Sant Joan 100, 3^o-2^a

08009 – Barcelona

Teléfono: 932072312 (De lunes a viernes: 9.00 – 14.00 horas)

12.2. Anexo 2. CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título del estudio: Efecto de los programas de bipedestación en abducción en el desarrollo acetabular de niños con diplejía espástica.

Investigador principal:

M. Lourdes Macias Merlo. Fisioterapeuta del Servei d'Atenció Precoç del Department de Benestar Social i Família de la Generalitat de Catalunya de Barcelona. 40288939T

Yo, el Sr./Sra afirmo:

Haber entendido que se me ha solicitado la participación de mi hijo en un estudio de investigación.

Haber recibido y leído la copia de la hoja de información adjunta.

Haber entendido los beneficios y riesgos presentes al tomar parte en este estudio.

Haber tenido oportunidad para hacer preguntas y discutir el estudio.

Haber entendido que soy libre para rehusar la participación o retirar a mi hijo/a del estudio en cualquier momento.

Haber recibido información sobre el tema de la confidencialidad de la información.

Haber entendido que se registran los datos de las valoraciones músculo-esqueléticas y de los datos radiológicos de mi hijo/a.

Y autorizo a mi hijo/a a participar en dicho estudio

Mediante la firma de este consentimiento informado, doy mi consentimiento para que mis datos personales y los de mi hijo/a puedan ser utilizados, como se ha descrito en este formulario, que se ajusta a lo que dispone la Ley orgánica 15/1999, del 13 de Diciembre, de protección de datos de carácter personal.

Anexos

Entiendo que recibiré una copia de este consentimiento informado.

Firma (padre, madre, tutor)	Fecha	DNI.....
-----------------------------	-------	----------

12.3. Anexo 3. Consideraciones éticas y consentimiento de datos para los niños del grupo estudio y del grupo control

En el caso de los participantes del GE, todos los padres y/o tutores firmaron el contrato asistencial entre el CDIAP de Sant Joan y que es obligatoria la firma para todos los niños que son atendidos en los CDIAP del Departament de Benestar i Família de la Generalitat de Catalunya. En el contrato, los padres deben aceptar que se realice por parte del equipo del CDIAP una evaluación continuada del desarrollo de su hijo, guardar los datos para facilitarlos a otros servicios que también atiendan a su hijo, cuando sea necesario y para posibles estudios. En el caso de estudios, se informa a todos los padres el objetivo, y lo que implica el estudio antes de incluir a los niños como parte de la muestra. Y en los casos de estudios concretos se les facilita el documento de información a los participantes del objetivo del estudio de investigación y el consentimiento informado.

El tratamiento, la comunicación y la cesión de los datos de carácter personal de todos los sujetos participantes se ajusta a lo dispuesto en la Ley Orgánica 15/1999, del 13 de diciembre, de protección de datos de carácter personal.

En el caso de los participantes incluidos en el GC, para los que solo se registraron los datos radiológicos de las caderas, se seleccionaron los niños a través de los cursos-talleres para la confección de adaptaciones posturales, como los bipedestadores, descrito en el apartado de material y métodos. Se solicitó consentimiento verbal a los padres o tutores y a las 10 instituciones donde se realizaron estos cursos-talleres e les pidió un consentimiento informado sobre la confidencialidad de los datos.

El comité de ética de la Universitat Internacional de Catalunya dio su aprobación para realizar estos estudios una vez obtenido el consentimiento informado de los centros colaboradores. (Anexo 4).

12.4. Anexo 4. Consentimiento informado de los centros colaboradores

Durante el curso-taller “o taller de adaptaciones posturales” celebrado en la investigadora del proyecto **“Efecto de los programas de bipedestación en abducción en el desarrollo acetabular de niños con diplejía espástica”**, Sra. Lourdes Macias Merlo, registró valores radiológicos de las caderas de niños con riesgo de luxación de cadera que participaron en el curso-taller. Estos valores formaron parte de los datos de los participantes incluidos en la Cohorte de Comparación (GC) de dicho estudio.

Los padres o tutores de los niños del centro o universidad...XXXX y/o participantes en el cursoXXX. dieron el consentimiento verbal. Así mismo tanto la investigadora principal como el centro y/o universidad se compromete a la confidencialidad de los datos se ajusta a lo dispuesto en la Ley Orgánica 15/1999, del 13 de diciembre, de protección de datos de carácter personal.

Y para que conste, firmamos la presente el responsable del curso, centro o Universidad...y la investigadora del proyecto de investigación:

Centro....

Investigadora del proyecto

12.5. Anexo 5. Carta de aprobació del comitè de ètica de la UIC



CARTA APROVACIÓ PROJECTE PEL CER

Número de l'estudi: FIS-2011-05
Versió del protocol: 1.1
Data de la versió: 14/11/2011
Títol: "Efectos de los programas de bipedestación en abducción en el desarrollo acetabular de niños con diplejía espástica"

Sant Cugat del Vallès, 15 de novembre de 2011

Investigador: M.Lourdes Macías Merlo

Títol de l'estudi: "Efectos de los programas de bipedestación en abducción en el desarrollo acetabular de niños con diplejía espástica"

Benvolgut(da),


Valorat el projecte presentat, el CER de la Universitat Internacional de Catalunya, considera que, des del punt de vista ètic, reuneix els criteris exigits per aquesta institució i, per tant, ha

RESULT FAVORABLEMENT

emetre aquest CERTIFICAT D'APROVACIÓ per part del Comitè d'Ètica de la Recerca, per que pugui ser presentat a les instàncies que així ho requereixin.

Em permeto recordar-li que si en el procés d'execució es produís algun canvi significatiu en els seus plantejaments, hauria de ser sotmès novament a la revisió i aprovació del CER.

Atentament,


Dr. Josep Argemí
President CER-UIC