

Análisis biomecánico en los componentes antropométrico y cinemático de los niños entre 5 y 12 años con parálisis cerebral espástica

Biomachanical analysis on antropometric and kinematic components of children between 5 and 12 years old with spastic cerebral palsy

J.A. Vidarte Claros*
M.Y. Pinzón Bernal**
J. A. Acero***

Fecha de Recepción: Agosto 23 de 2009
Fecha de Aceptación: Octubre 8 de 2009

Resumen

La Parálisis Cerebral Infantil involucra una cantidad de síndromes caracterizados por alteraciones del movimiento y de la postura causados por un daño no progresivo en el cerebro inmaduro. Es relevante reconocer e identificar a través de estudios de análisis de movimiento humano con sistemas computarizados, las diferentes alteraciones del control postural y sus implicaciones biomecánicas, como predictores de la función de la extremidad superior, durante la fase de alcance de objetos en la posición sedente en niños con Parálisis Cerebral. El objetivo de este estudio fué establecer el análisis biomecánico en los componentes antropométrico y cinemático de los niños entre 5 y 12 años con Parálisis Cerebral espástica y niños sanos que realizan el movimiento de alcance de un objeto frontal desde la posición sedente. A partir de un diseño descriptivocomparativo enmarcado dentro de una investigación de casos con una muestra de 20 niños. En el desarrollo de las tres fases del patrón del alcance, los ángulos de inclinación pélvica, tronco relativo y la distancia resultante de la mano tuvieron diferencias estadísticamente significativas. El comportamiento de las 31 variables cinemáticas indica en forma general que para el grupo Parálisis Cerebral son muy heterogéneas en su magnitud en contraste con aquellas del grupo control donde existe una tendencia a ser más homogéneas.

Palabras clave. Parálisis cerebral, biomecánica, antropometría alcance y cinemática.

* Departamento de Movimiento Humano. Facultad de Salud. Universidad, Autónoma de Manizales. Líder Grupo de Investigación Cuerpo Movimiento. Manizales, Caldas, Colombia. jovida@autonoma.edu.co

** Fisioterapeuta, especialista en Neurorehabilitación. Coordinadora Especialización en Neurorehabilitación Universidad Autónoma de Manizales. myamile@autonoma.edu.co

*** Director Científico, Instituto de Investigaciones y Soluciones Biomecánicas, Cali. Colombia jacero5@telmex.net.co

Abstract

Cerebral palsy involves a number of syndromes characterized by abnormal movements and posture caused by nonprogressive damage in the immature brain. It is relevant, to recognize and identify through studies of human motion analysis with computerized systems, different changes of postural control and biomechanical implications, as predictors of upper extremity function during the scoping phase of objects in the sitting position in children with cerebral palsy. Aim. To establish the biomechanical analysis on anthropometric and kinematic components of children between 5 and 12 years with spastic cerebral palsy and healthy children doing the movement range of a frontal view from the sitting position. Subjects and methods. Descriptive, comparative case-control study with a sample of 20 children. Results. In the development of the three phases of the reach pattern, standard pelvic tilt angles, and distance trunk on the hand had statistically significant differences. Conclusions. The behavior of the 31 kinematic variables shown in general form for the Cerebral Palsy group are very heterogeneous in size in contrast to those in the control group where there is a tendency to be more homogeneous.

Key words: *Cerebral palsy, biomechanics, anthropometry and cinematic scope.*

Introducción

La Parálisis Cerebral Infantil (PCI), es “el conjunto de manifestaciones motoras de una lesión cerebral ocurrida durante el período madurativo del sistema nervioso central (SNC) que interfiere en su completo desarrollo” (1), donde cualquier definición debería recoger como aspectos fundamentales: - Aparición precoz en la etapa más importante del desarrollo del niño; - Persiste a lo largo de toda la vida; - Hay un trastorno motor como elemento característico, y - La lesión neurológica no es progresiva (2) involucra una cantidad de síndromes caracterizados por alteraciones del movimiento y de la postura causados por un daño no progresivo en el cerebro inmaduro. Eso significa que el proceso patológico que se produce en el cerebro no progresa y tiene lugar durante la formación temprana del mismo (3), La espasticidad no afecta a todos los grupos musculares por igual y esto da lugar a un desequilibrio de fuerzas que, unido a la debilidad, disminuye el movimiento articular y limita el movimiento del músculo afectado (‘trastorno primario’) (4) y aunque la lesión cerebral no es evolutiva eso no implica que las manifestaciones clínicas no puedan cambiar gra-

cias a la capacidad de reestructuración funcional del sistema nervioso, donde las áreas no lesionadas, pueden asumir y compensar parte de las funciones de las áreas lesionadas por lo que el cuadro clínico del niño con PC puede mejorar o variar con el tiempo o modificarse llevando a alteraciones y compensaciones de tipo músculo esquelético, cuando no hay un proceso de adaptación funcional adecuada desde los componentes neuromuscular y mecánico (2).

En este sentido, los niños con PC tienen en su mayoría marcadas dificultades para adoptar una posición en contra de la gravedad, lo que le lleva a dificultades para desarrollar nuevas habilidades funcionales como el caso de la sedestación, limitando su libertad de movimiento y su bienestar como seres útiles (3).

La mayoría de los niños con Parálisis Cerebral presentan alteraciones del tono muscular tipo hipertonía espástica o el tipo mixto donde se encuentran combinadas las manifestaciones clínicas de ambos tipos, tanto la distonía como la espasticidad (3), además se ha demostrado que el aumento del tono muscular interfiere con el creci-

miento longitudinal del músculo y convierte las contracturas dinámicas en permanentes (5), (6), circunstancias todas, que llevan a desarrollar alteraciones en los ajustes posturales de las actividades auto-iniciadas, que se traducen en problemas específicos del control motor, que en sedestación están relacionadas con dificultades en los procesos de anticipación, de la movilidad del tronco, vacilación y miedo para mover los miembros superiores, falta de habilidad para coordinar rotaciones segmentarias del cuerpo e incapacidad para generar fuerza muscular adecuada mientras intenta alcanzar un objeto (7), (4).

El control postural en la posición sedente es el prerrequisito para lograr actividades funcionales de la vida diaria como las asociadas a las funciones de las extremidades superiores. Como es conocido, la relación entre el alcance y la posición sedente requiere de un sustrato neurofisiológico que controle el comportamiento motor primario tanto descendente como ascendente, así se regulan todas las funciones necesarias para controlar esta posición y permitir el desarrollo de actividades con un propósito (8).

El obtener la posición sedente para el niño significa lograr un trabajo en contra de la gravedad, incrementar la libertad en los movimientos, su autonomía e independencia para realizar actividades útiles para el resto de la vida (5), tener un conocimiento de su entorno diferente, mejorar la actividad postural y tener menor apoyo en los miembros superiores (9), sin embargo cuando los niños presentan disfunciones neuromotrices como la Parálisis Cerebral (PC), empiezan a adoptar posiciones incómodas o viciosas que llevan a anormalidades en el control, alineación y correcta función de las extremidades en sentado, condicionando a una alteración en las habilidades de manipulación, alcance y agarre, que pueden potenciar las deformidades de la columna vertebral y generar mayor dependencia funcional (5) que combinadas con otras alteraciones del control motor como las de tipo músculo esquelético empeoran el cuadro de actividad volicional en esta posición.

De otra parte, las actividades de alcance y manipulación que suceden en la posición sedente se ven afectadas tanto por la mala relación neuromotriz del tronco como las alteraciones propias de la función de la mano. Estas alteraciones se correlacionan con déficit de la mano para alcanzar un objeto (10) así como alteraciones en la función del ritmo escapulo humeral, desviaciones en los ajustes posturales y de la actividad de músculos específicos del tronco en la posición sedente (11), la presencia de debilidad muscular y la marcada alteración en el control del cuello o la presentación de espasmos tónicos intermitentes.

Es relevante, reconocer e identificar a través de estudios de análisis de movimiento humano con sistemas computarizado (12), las diferentes alteraciones del control postural y sus implicaciones biomecánicas, como predictores de la función de la extremidad superior, durante la fase de alcance de objetos en la posición sedente en niños con Parálisis Cerebral y determinar cuáles son las variantes con relación a los niños sanos de la misma edad desde las dimensiones antropométricas y cinemáticas; por lo cual, el generar un proceso de investigación que caracterizara las alteraciones biomecánicas del alcance de objetos en posición sedente en niños con PC es importante ya que permite determinar la relación entre la edad, condiciones neuromotrices y posibilidad de intervención terapéutica con el proceso de adquisición del control postural y mejorar la función de las actividades desarrolladas en la posición sedente.

En este sentido, este tipo de investigaciones son necesarios en nuestro medio teniendo en cuenta que la mayoría de ellas han sido realizadas en Europa y las características de las poblaciones no son homogéneas de una ubicación geográfica a otra y que pueden estar agrupadas en diferentes subgrupos de acuerdo a sus características fisiológicas determinadas por el fenómeno llamado “polimorfismo fisiológico”, de aquí la importancia de determinar las diferencias entre grupos poblacionales especialmente entre un país y otro (13).

Por tanto, es relevante contar con estudios propios sobre neuromecánica que den valor agregado al laboratorio de análisis de movimiento y fundamenten las alteraciones del control postural desde la perspectiva biomecánica, como un elemento clave para la asociación entre la visión integral del ser humano y no como un complejo dividido por sistemas. En este sentido, al consolidar investigaciones dentro del Laboratorio de Análisis de Movimiento se da soporte científico a cada una de las evaluaciones e intervenciones que se generen en el marco de sus servicios y consolidará los procesos en los que se compromete la Universidad Autónoma como son la prestación de servicios, el componente formativo académico y el investigativo, bajo el apoyo del grupo de investigación Cuerpo- Movimiento.

Desde la perspectiva académica, es importante desarrollar este tipo de investigaciones para corroborar e incrementar los conocimientos relacionados con el control motor e incluir dentro del cuerpo de conocimientos de la Fisioterapia, nuevos aspectos teóricos que se están introduciendo al campo de la neurología como es el caso de la Biomecánica y las implicaciones que tiene dentro del desarrollo y alteraciones del movimiento y del control postural. Es así, como se está dando orientación a la fusión del componente musculo-esquelético de la Fisioterapia y el conocimiento de la causa de movimiento restringido en pacientes neurológicos, lo que apoya la teoría de que una alteración del Sistema Nervioso puede provocar síntomas en los tejidos y restricción en los movimientos.

Así mismo, el desarrollo de los conceptos de análisis de movimiento y la descripción músculo-esquelética relacionada con aspectos del control motor permitirá el establecimiento de modelos de evaluación y de tratamiento más específicos y delimitados a las necesidades reales del paciente, en este caso los niños con Parálisis Cerebral, teniendo en cuenta las características biomecánicas y del desarrollo, propias de la edad que puedan interferir con este fenómeno.

Para el caso específico vale la pena reconocer que en el país solamente se han realizado dos investigaciones en parálisis cerebral, las cuales se han realizado bajo el apoyo de Colciencias, el departamento de Movimiento Humano y sus deficiencias, de la Universidad Nacional de Colombia y el Instituto Karolinska de Suecia (1996-1999). Estas investigaciones realizadas no muestran los análisis comparativos entre los niños evaluados con parálisis cerebral y niños sanos, datos que pueden ayudar con el análisis de los resultados y mucho menos se realiza una correlación con la fase de alcance de objetos como premonitorio de la función de la extremidad superior, principalmente la mano en niños de edades entre 5 y 12 años.

La posición sedente funcional y su interacción con las actividades de miembros superiores, se da bajo la propuesta teórica e investigativa de Ulla Myhr (14) teniendo en cuenta además la propuesta de los requerimientos de control postural para esta actividad de Shumway-Cook y Horak. (15), (16). De lo anterior se determina que en el país aún no se ha realizado estudios desde el componente antropométrico y cinemático de la posición sedente en niños con Parálisis Cerebral y dentro del marco investigativo no se ha hecho utilización de los laboratorios de análisis de movimiento para investigaciones en los programas de Fisioterapia del país. De esta forma se da apertura a la descripción evaluativa y terapéutica con el componente biomecánico de las alteraciones neuromotrices del desarrollo, y se estará incentivando la importancia del reconocimiento de la biomecánica como uno de los enfoques de intervención fisioterapéutica desde una perspectiva actual en el dominio neuromuscular.

Método

Se realizó un estudio descriptivo, comparativo enmarcado dentro de una investigación de casos en la ciudad de Manizales (Colombia), entre junio de 2007 y junio de 2009 con una muestra de 20 niños, que cumplan con los criterios de inclusión y

exclusión. Se estimó la conformación de los dos grupos de niños de la siguiente manera: un grupo conformado por 10 niños con Parálisis Cerebral espástica y un grupo conformado por 10 niños sanos escogidos por conveniencia, sin muestreo aleatorio. De los 10 niños con Parálisis Cerebral, se tuvo que realizar el análisis cinemático solamente con 9 ya que uno de ellos presentó un nivel de espasticidad severa por lo que requirió permanentemente asistencia, motivo por el cual en la fase de análisis de las 31 variables no permitió un adecuado manejo de las mismas, por tanto se descartó su participación en el estudio cinemático, esto obligó a trabajar con un número similar de niños sanos para esta fase.

Para el grupo con Parálisis Cerebral espástica se tuvieron en cuenta los rangos de edades entre los 5 años hasta los 12 años. Los niños seleccionados debían ser capaces de mantener de manera independiente a pesar de su limitación la posición sedente durante un tiempo mínimo de 1 minuto, ser capaces de mover o intentar mover en esta posición las extremidades superiores con el fin de realizar actividades que demanden relación con el uso de los objetos, en este caso para la fase de alcance, nivel cognitivo que le permita comprender el comando verbal de alcance, poseer un rango de funcionalidad evaluado con el GMFCS (Gross Motor function Classification System) (17), entre I y IV y con una calificación máxima en la escala de Ashworth modificada (AMS) de 2.

Para el grupo de niños sanos los criterios de inclusión fueron edades entre 5 y 12 años, no tener al momento de la valoración ninguna patología que afectara el desempeño del niño y para ambos grupos diligenciar el consentimiento informado por parte del padre o acudiente. Los niños excluidos del estudio fueron aquellos que tuvieran desordenes neurológicos que no sean relacionados con la Parálisis Cerebral, niños con cirugía musculoesquelética reciente de columna, cadera o miembro superior dominante que limiten la función por dolor, niños con rango de calificación menor al esperado en el GMFM y mayor de 2 en la AMS y niños con limitación visual marcada. Por cada una de las fases establecidas para el patrón

del agarre se realizaron las pruebas para establecer los niveles de normalidad y homocedasticidad para así definir con seguridad la prueba estadística acorde. De esta forma para la fase de posición inicial y de elevación de la mano a la horizontal, una vez realizados los pasos se trabajó con la prueba *U de Mann Whitney* y para la fase de elevación de la mano a la horizontal se utilizó de acuerdo a los procesos la prueba de *t student*. A partir de ello se establecieron diferencias entre algunas de las 31 variables seleccionadas entre ambos grupos.

Se utilizó el Laboratorio de Análisis de Movimiento de la Universidad Autónoma de Manizales, y el equipamiento biomecánico específico del Instituto de investigaciones & soluciones Biomecánicas (II&SB) de la ciudad de Cali. Para el componente antropométrico estructural se utilizaron una balanza digital (Precisión 0,1 kg), un altímetro invertido, un banco de madera y un segmentometro II&SB (precisión a 1mm).

En materia del componente cinemático se utilizó un Sistema de Análisis de Movimiento Integral por Videografía Digital computarizada del Instituto de Investigaciones y Soluciones Biomecánicas denominado SAMI-II&SB, que contiene 3 cámaras digitales (MiniDV), Tres trípodes 3D, kit de escalas espaciales (x y), marcadores pasivos reflectivos y dos software de interpretación biomecánica

Para la toma de datos y siguiendo el orden de las variables planteadas se realizó el siguiente protocolo: 1- Para las variables socio demográficas y de salud se aplicó una encuesta con preguntas semiestructuradas y se realizaron los test de Ashworth, GMFCS, Escala de evaluación de la sedestación de Ulla Myhr (14), Evaluación de la postura en sedente del Hospital infantil Sunny Hill de Vancouver, British Columbia, Canadá (19), Sistema de Clasificación de la Habilidad Manual para niños con Parálisis cerebral (20). 2- En cuanto a la toma de datos referentes al componente antropométrico – estructural se realizó un protocolo con un marcaje corporal especializado donde se midieron en cada sujeto de estudio las siguientes magnitudes corpo-

rales primarias: estatura corporal (EC): masa corporal (MC), estatura sentado (ES) y Alcance vertical, así mismo se calcularon las siguientes magnitudes derivadas:

- Índice de Masa Corporal (IMC) = masa (kg)/ Estatura² (metros)
- Valoración del IMC para los niños según los estándares de la organización mundial de la salud (OMS, 2009) y la metodología de los percentiles para etnias hispanas: <5% = Bajo peso, >5 a <85% = Peso saludable, >85 a <95% = Riesgo de sobrepeso, >95% = Sobrepeso
- Índice Córnico (IC) = (TS /E)* 100, dónde: IC = Índice Córnico, TS = Talla sentado en cms., E = Estatura de pie en cms.

Para realizar el análisis cinemático del movimiento del alcance de objetos desde la sedestación se ubicaron en cada sujeto de investigación marcadores planos (2D) y tridimensionales (3D) retroreflectivos en puntos anatómicos específicos de acuerdo al protocolo internacional Theta & Corner utilizados para la captura del movimiento tales como: vertex, zona media mentoniana, entrecejo, escotadura superior esternal, acromiales, radiales estiloides, dactiliones, cervical 7, torácica 10, lumbar 4, iliocrestales, trocánteres, peroneales y maléolos. También, se utilizaron tres planos de filmación : frontal, lateral derecha y lateral izquierda con cámaras digitales JVC-MiniDV ubicadas a 5.07m, 3,43m y 3,87 m respectivamente y a una altura promedio de 0.84 m.

Los niños investigados estuvieron sentados sobre una silla ajustable en altura y en distancia sagital relativa al alcance real del brazo del niño que fue medido previamente y a una línea central de movimiento (ver [diagrama de filmación 1](#)) Cinco diferentes posiciones del objeto fueron requeridas a alcanzar por parte de los niños evaluados con su mano dominante: Frontal (F), frontal superior (FS), frontal inferior (FI), lateral derecha (LD) y lateral izquierda (LI). Aunque para el objetivo de la presente investigación solamente se evaluó el alcance frontal. Un total de

300 video clips de movimientos de alcance de objetos fueron tomados para esta investigación (5 movimientos por cada niño x 3 planos x 20 niños = 300).

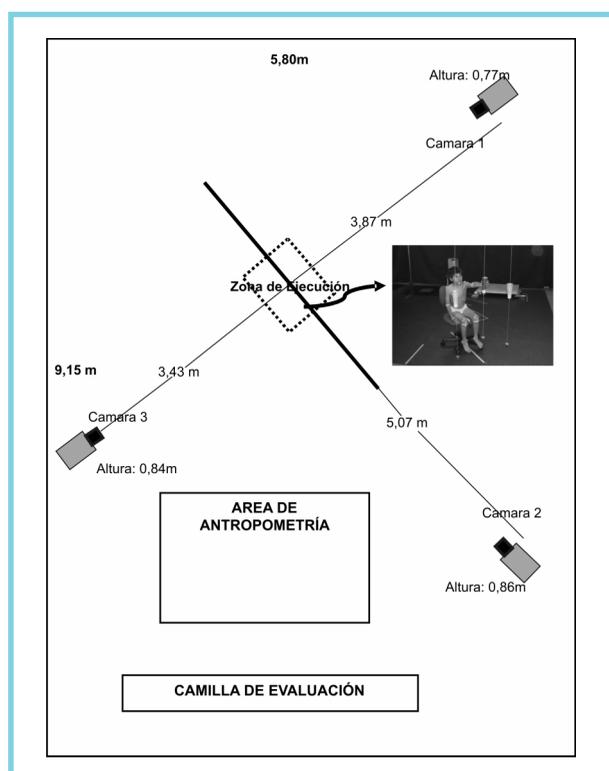


Diagrama de filmación 1. Cámaras y Zonas de Ejecución y de Antropometría

Por último se deja constancia que siguiendo las normativas sobre las implicaciones éticas del estudio, se siguieron cada uno de los criterios que para investigación en salud se han establecido y se contó con la aprobación del comité de bioética de la Universidad Autónoma de Manizales para el desarrollo del mismo.

Resultados

Los resultados obtenidos en los niños sanos y con P.C, así como los correspondientes a cada uno de los componentes se presentan en la tabla 1 y demuestran que: En las variables antropométricas la media de cada una de los componentes en los niños sanos fue siempre mayor comparada con la de los niños con PC, se establece una variabilidad

en el comportamiento del Índice de Masa Corporal, Índice Ponderal e Índice Córnico así como también las diferencias longitudinales de los miembros superiores e inferiores y sus factores de proporcionalidad relativas a la estatura.

En las tablas 2, 3 y 4 se muestran los cálculos para cada una de las 31 variables y para cada grupo de estudio (PC y Control): el promedio (x), la desviación estándar (DE), el coeficiente de asimetría (CASIM), el coeficiente de variabilidad (CV)

y la significancia estadística de las 31 variables que mas difirieron entre el grupo PC y Control fueron en la fase 1: ángulo brazo-antebrazo (°), ángulo tronco relativo a H (°) y el ángulo inclinación pélvica relativo V (°), en la fase 2: la distancia resultante de la mano (cm), el ángulo brazo-antebrazo (°), y el ángulo inclinación pélvica relativo V (°). En la fase 3: la velocidad mano (m/s) y el ángulo inclinación pélvica relativo V (°).

TABLA 1. DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA SEGÚN LAS VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS Y ANTROPOMÉTRICAS EN EL GRUPO SANO Y CON PARÁLISIS CEREBRAL

	Niños con parálisis cerebral				Niños sanos			
	Mín.	Máx.	M	D.E.	Mín.	Máx.	M	D.E.
Edad	5	12	9,40	2,55	5	12	9,50	2,56
Peso	17,50	41,0	27,16	9,10	15,90	47,0	30,32	10,21
Talla	93,90	154, 50	123,91	19,75	74,30	143,40	127,01	23,82
IMC	14,46	26,75	17,47	4,21	14,89	28,80	18,96	4,83
Percentil IMC	15,51	98,98	48,08	33,83	5,05	99,91	59,99	36,17
Alcance V	73,0	93,0	82,50	6,99	77,0	94,0	86,70	5,77
Estatura sentado	51,30	80,0	65,04	9,30	58,50	74,60	67,62	5,84
Índice córnico	44,77	56,91	52,70	3,93	48,82	78,73	54,39	10,30

TABLA 2. COEFICIENTES DE ASIMETRÍA Y VARIABILIDAD ENTRE LOS GRUPOS DE NIÑOS CON PARÁLISIS CEREBRAL Y CONTROL: POSICIÓN INICIAL

Fases	variables	PC				Control					
		X	DE	CASIM	CV	X	DE	CASIM	CV	Sig. bilateral	Z
Posición inicial	Ángulo brazo-antebrazo (°)	133,89	30,14	-0,72	22,514	151,3	17,81	-0,413	11,77	0,159	-1,458
	Ángulo tronco relativo a H (°)	43,89	71,73	-1,58	163,43	-78,11	7,03	0,4498	-8,9946	0,154	-2,566
	Ángulo sagital cabeza relativo a V (°)	7,33	11,47	-1,648	156,37	15,00	4,24	-1,25	28,284	0,077	-1,815
	Inclinación lateral de la cabeza(°)	-4,67	17,77	-1,994	-380,8	-0,67	3,81	-0,889	-571,18	0,070	-0,400
	Ángulo hombros relativo H (°)	4,22	6,83	-0,542	161,84	2,22	4,02	-0,341	181,09	0,689	-0,849
										0,436	
	Ángulo inclinación pélvica relativo V (°)	-21,00	9,80	0,0769	-46,66	-45,22	17,35	0,7994	-38,361	0,007	-2,693
									0,006		

**TABLA 3. COEFICIENTES DE ASIMETRÍA Y VARIABILIDAD ENTRE LOS GRUPOS PC Y CONTROL:
ELEVACIÓN DE LA MANO A LA HORIZONTAL**

Fases	variables	PC				Control					
		X	DE	CASIM			X	DE	CASIM	Sig. bilateral	Z
Elevación de la mano a la horizontal	Distancia resultante de la mano (cm)	33,89	15,77	-0,256	46,527	50,22	6,22	-0,457	12,386	0,024	-2,256
	Distancia resultante del codo (cm)	26,56	12,44	0,2031	46,849	33,78	5,78	-0,472	17,121	0,024	-1,414
	Tiempo (s)	1,20	0,69	0,5048	58,092	0,94	0,25	0,2818	26,708	0,157	-0,133
	Velocidad mano (m/s)	0,42	0,36	1,2189	86,735	0,57	0,19	0,7075	0,931	0,895	-1,325
	Velocidad del codo (m/S)	0,32	0,25	0,7512	76,674	0,38	0,12	0,4502	33,462	0,185	-0,796
	Ángulo brazo-antebrazo (°)	134,78	43,38	-1,556	32,185	160,1	9,87	-0,85	30,294	0,426	-1,414
	Ángulo tronco relativo a H (°)	74,44	13,31	-0,159	17,885	3,67	83,54	-0,263	6,1627	0,157	-1,725
	Inclinación lateral de la cabeza(°)	-6,33	16,72	-1,132	-264	-0,56	8,38	0,9879	2278,5	0,084	-0,44
	Ángulo cabeza relativo a V (°)	9,00	12,38	-0,719	137,55	12,00	5,55	0,2432	-1509	0,965	1,000
	Distancia horizontal de la mano (cm)	6,22	3,60	0,4516	57,822	7,56	3,84	1,0649	46,211	0,690	-0,398
	Ángulo hombros relativo H (°)	1,11	17,24	-1,519	1552	1,11	6,94	0,3114	50,879	0,730	-0,579
	Ángulo inclinación pélvica relativo V (°)	-10,11	21,87	1,0829	-216,3	-19,89	32,94	0,7931	624,26	0,563	-0,886
									-165,61	0,605	-1,105
										0,376	
										0,387	
									0,269		
									0,297		

**TABLA 4. COEFICIENTES DE ASIMETRÍA Y VARIABILIDAD ENTRE LOS GRUPOS PC Y CONTROL:
ACERCAMIENTO PREVIO AL AGARRE**

Fases	Variables	PC				Control					
		X	DE	CASIM			X	DE	CASIM	Sig. bilateral	Z
Acercamiento previo al agarre	Distancia resultante de la mano (cm)	10,00	3,71	-0,246	37,081	10,67	4,72	1,0494	44,222	0,743	1,210
	Distancia resultante del codo (cm)	9,22	4,02	0,4427	43,636	9,78	4,29	0,9505	43,923	0,743	,082
	Tiempo (s)	1,49	1,25	1,3379	83,994	0,48	0,20	-0,464	0,781	0,781	11,002
	Velocidad mano (m/s)	0,10	0,06	1,149	62,287	0,26	0,12	0,0359	42,629	0,029	4,003
	Velocidad del codo (m/S)	0,10	0,06	0,943	66,181	0,23	0,10	-0,238	0,042	0,003	4,003
	Ángulo brazo-antebrazo (°)	160,56	23,21	-2,129	14,457	164,2	7,22	0,2376	45,774	0,005	2,009
	Ángulo tronco relativo a H (°)	65,89	12,50	0,3873	18,978	69,78	8,56	-0,173	41,639	0,003	2,009
	Ángulo cabeza relativo a V (°)	7,67	17,19	0,3291	224,22	8,89	6,97	0,0781	0,004	0,003	2,009
	Inclinación lateral de la cabeza(°)	-13,00	14,94	-1,044	-114,9	1,11	6,68	0,0011	4,3993	0,657	2,555
	Ángulo hombros relativo H (°)	-0,78	15,97	-0,928	-2053	-4,78	7,16	0,5892	0,661	0,453	1,410
	Ángulo inclinación pélvica relativo V (°)	-2,33	20,65	0,8091	-885,1	-20,11	22,12	0,7339	12,261	0,454	1,410
	Altura del contacto (cm)	84,00	9,17	-0,269	10,911	83,44	6,56	-0,652	78,437	0,846	3,092
	Tiempo total (s)	2,68	1,94	1,2229	72,456	1,42	0,45	-0,047	601,12	0,847	2,257
									-149,76	0,025	7,387
										0,503	
									0,507		
									0,100	0,007	
									0,100	0,007	
									7,861	0,727	
									0,884	0,727	
									0,884	0,727	
									0,033	6,371	

Discusión

Con relación a las fases establecidas para el análisis cinemático y teniendo en cuenta los resultados encontrados en este estudio se puede plantear que: el ángulo de inclinación pélvica relativo V fue de -21° en los PC y $-45,22^\circ$ en los control, siendo además la diferencia de las medias estadísticamente significativo ($p=0,007$) y el ángulo del tronco relativo a la H fue de $43,89^\circ$ para los PC y de $-78,11^\circ$ para los control y las diferencias de las medias fue estadísticamente significativo ($P=0,010$) aspectos que coinciden con los estudios realizados por Stewart y MacQuilton (citado por Myhr. (18) y Bertotti (21) quienes afirman que los resultados comunes en los niños con PC, son cadera en extensión con retroversión pélvica, con la consecuente asimetría de la línea media y tendencia a desplazamiento hacia adelante.

Los niños con PC tienen la tendencia a presentar una posición reclinada de la pelvis y los resultados obtenidos en el estudio características cinemáticas del control postural durante el alcance en niños pretérmino con PC (6), son similares a los establecidos en este estudio donde la D.E fue de -108° y se obtuvieron resultados estadísticamente significativos, se encontró como la pelvis se mantiene en retroversión pero además entre mayor es el grado de severidad de la PC mayor flexión del tronco existe, aunque este dato no fue motivo de análisis en el estudio nuestro.

En cuanto a la fase de elevación de la mano a la horizontal es importante plantear como en el presente estudio la distancia resultante de la mano en las diferencias de las medias son estadísticamente significativas ($P=0,024$), dato que se puede comparar con los obtenidos por Chen y Yang (22), quienes encontraron en su estudio sobre efectos de las metas de tareas de patrones de alcance en niños con PC que estos niños se caracterizan por patrones marcadamente desviados y aberrantes del alcance el cual está alterado antes de llegar a la meta,

limitaciones en la flexoextensión del codo lo que aumenta la tensión espástica en la muñeca y las manos, afectando la cinemática y la configuración inicial del agarre. Así mismo Van Der Heide y cols., en su estudio no presentan diferencias significativas entre los valores de los desplazamientos angulares de las extremidades superiores, a pesar de que se encontró mayor desplazamiento de la cabeza en los PC que en los controles. Se pudiera entonces plantear que estos datos son muy similares a los nuestros ya que no se encontraron diferencias significativas en los ángulos y la velocidad de la mano para llegar a la horizontal. En contraste con la investigación de Ulla Myhr (14) quien si encontró diferencias estadísticamente significativas en la función del brazo y de la mano al utilizar la escala de evaluación de la sedestación. Otro aspecto relevante encontrado fue el ángulo de brazo antebrazo o flexión del codo, para este estudio fue mayor la flexión encontrada en los PC donde la media fue de $134,78^\circ$, comparado con los sanos que fue de $160,1^\circ$. El estudio de Van der Heide encontró que aunque se mantiene mayor el ángulo de flexión en PC, (122°), son relativamente mayores los datos encontrados en nuestro estudio pero dejan ver que se mantienen altos los niveles de flexión.

Sumado a lo anterior se pudo establecer que existe una diferencia estadísticamente significativa entre el ángulo de inclinación pélvica relativo a la V en la posición inicial y el ángulo brazo antebrazo en la elevación de la mano a la horizontal ($P=0,010$), dato que es corroborado por los estudios de Vander Heide (5), Chang y T. Wu (22) quien asume que la posición sentada en los niños con PC, difiere de los niños sanos en relación a las funciones del alcance, a lo que se le puede atribuir desequilibrio de los músculos extensores de la cadera con marcada inestabilidad postural. Esto hace que se realicen unas adaptaciones posturales para facilitar los desplazamientos durante el alcance, situación que está relacionada también con las características de la función del tronco y el nivel de discapacidad y demandas de precisión. Así mismo

estudios realizados por Rickenn Ax *et al.* (23), quienes tienen en cuenta la coordinación del alcance y todos los datos cinemáticos de tronco, brazo, movimientos de muñeca y patrones de coordinación entre los ángulos del codo, tronco y hombro, donde se encontró mayor tiempo de desaceleración y disminución de excursión de hombro y codo al momento de llegar al objeto y mayor segmentación de los movimientos del codo. Se encontró además que la velocidad de reacción es prolongada e incoordinada ($p=0,005$).

En cuanto a la tercera fase de acercamiento previo al agarre se encontraron resultados estadísticamente significativos para las variables de tiempo ($p=0,029$) velocidad de la mano ($P=0,003$), velocidad del codo ($P=0,003$), inclinación lateral de la cabeza ($P=0,020$) y el tiempo relación ($P=0,033$), estos muestran como existen mejores resultados para los niños sanos, que los PC en esta fase.

A la luz del referente teórico y teniendo como base los diferentes estudios que sobre la PC se han desarrollado se puede plantear como, los niños con PC tienen en su mayoría marcadas dificultades para adoptar una posición en contra de la gravedad, lo que le lleva a dificultades para desarrollar nuevas habilidades funcionales como el caso de la sedestación, limitando su libertad de movimiento y su bienestar como seres útiles (3). Así mismo la mayoría de los niños con PC presentan alteraciones del tono muscular tipo hipertonia espástica o el tipo mixto donde se encuentran combinadas las manifestaciones clínicas de ambos tipos, tanto la distonía como la espasticidad (5), circunstancias todas, que llevan a desarrollar alteraciones en los ajustes posturales de las actividades auto-iniciadas, que se traducen en problemas específicos del control motor, que en sedestación están relacionadas con dificultades en los procesos de anticipación, de la movilidad del tronco, vacilación y miedo para mover los miembros superiores, falta de habilidad para coordinar rotaciones segmentarias del cuerpo e incapacidad para generar fuerza muscular adecuada mientras intenta alcanzar un objeto.

De otra parte, las actividades de alcance y manipulación que se suceden en la posición sedente se ven afectadas tanto por la mala relación neuromotriz del tronco como las alteraciones propias de la función de la mano. Estas alteraciones se correlacionan con déficit de la mano para alcanzar un objeto (3), así como alteraciones en la función del ritmo escapulo humeral, desviaciones en los ajustes posturales y de la actividad de músculos específicos del tronco en la posición sedente, la presencia de debilidad muscular y la marcada alteración en el control del cuello o la presentación de espasmos tónicos intermitentes.

De otra parte, se ha encontrado que en niños con PC espástica tipo hemiplejía hay uso excesivo de los movimientos compensatorios del tronco o la restricción completa de la movilidad de éste, lo que compromete la calidad en los patrones motores del brazo y la función manual (18), los cuales se correlacionan además con déficits en los procesos neuromotrices de planeación y ejecución de secuencias motoras adecuadas, incapacidad de realizar procesos de anticipación y realimentación, discrometrías, asimetrías y alteraciones sensoriales especialmente de propiocepción y kinestesia.

En cuanto a los procesos biomecánicos y mioneurales postespásticos que se pueden presentar en niños mayores con PC se evidencia el compromiso de tejidos blandos con acortamiento tendinoso y ligamentario y su consecuente acortamiento y disminución del rango de movilidad articular, déficit en la sincronización del movimiento y disminución de la potencia muscular que genera demora en la realización de actividades motoras, aspectos estos directamente relacionados con la fase de acercamiento al objeto y elevación de la mano a la horizontal, la cual fue desarrollada como fase de estudio en el caso nuestro.

Conclusiones

En conclusión se podría plantear entonces que de las 31 variables cinemáticas bidimensionales (2D) diseñadas y cuantificadas en esta investigación y distribuidas a través de las tres fases de movimiento cons-

tituye una de las bases de datos más completas y operativas dentro de las pocas ya reportadas en la literatura. El comportamiento de las 31 variables cinemáticas indica en forma general que para el grupo PC, estas son muy heterogéneas en su magnitud en contraste con aquellas del grupo control donde existe una tendencia a ser más homogéneas.

Referencias

- Alonso, M A. Martin C, Palomino B. Importancia de la fisiopatología neuromuscular y su plasticidad evolutiva y terapéutica en la Parálisis Cerebral Infantil en Miangolarra P. Rehabilitación clínica Integral. Funcionamiento y discapacidad. Barcelona: Masson. 2003
- Leviedowska M. Gaeber D. Burs R. Fisk J. Biomechanics characteristics of patient with spastic and Dystonic hypertonia in Cerebral Palsy. Arch Phys Med Rehabil. 2004; 85: 875-880.
- Macías L. Fagoaga J. Fisioterapia en Pediatría. Madrid: McGraw-Hill Interamericana. 2002.
- Strobl W. Dauter G. Skating Systems for Physically and severely disabled individual Pathophysiology, Indications and mistakes. Orthopedic Technique Quarterly. 2001 English edition III. 8-13
- Van der Heide J. Fock J. Otten B. Stremmelarr E. Kinematic characteristics of postural control during reaching in preterm children with cerebral palsy. Peatr Res. 2005; 58 (3):586-93.
- Cruz M, Pedrola D, Castells P. Parálisis cerebral infantil. En Cruz Hernández M, Jiménez R, et al, eds. Tratado de pediatría. 7 ed. Vol. II. Barcelona: España; 1994.
- Ziv I, Blackburn N, Rang M, Koreska J. Muscle growth in normal and spastic mice. Dev Med Child Neurol 1984; 26: 94-9.
- Gage JR, Schwartz M. Pathological gait and lever-arm dysfunction. In Gage JR, ed. The treatment of gait problems in cerebral palsy. London: Mac Keith Press; 2004; 80-204.
- Brunal B. Posición Sedente en Niños con PC. Aspecto Biomecánicos y Neurológicos. Memorias VII Encuentro Colombo-Venezolano de Parálisis Cerebral. Cali. 2005 pp 1.
- Mijna. Adres-Algra. The Neuronal Group Selection Theory: Promising Principles for understanding and treating developmental motor disorders. Dev med Child Neurol 2007; 42: 707-715.
- Bolaños M. Hernández, N. Espasticidad: Una perspectiva desde los Sistemas Dinámicos. Memorias XII Congreso Latinoamericano de Fisioterapia y Kinesiología. Memorias. I Congreso WCPT-SAR XXI Congreso Nacional ASCOFI 2006; 1-10
- Páez F. La importancia de los Laboratorios de análisis computarizado de movimiento en el campo clínico e investigativo para las nuevas generaciones del Hospitales, Profesionales en salud e ingenieros biomédicos en: Guía Educativa Nacional Acopex. 2008;14: 48 – 51
- Sheiwood J. Best. Cerebral Palsy. Medical, Psychosocial and Vocational Aspects of disability. Ed. Martin Brodwin. Tercera edición 2005
- Ulla Myhr. On Factors of Importance for sitting in children with cerebral palsy. Department of Handicap Research, Goteborg University, Brunngatan 2, s-413 12 Goteborg, Sweden. 1994.
- Shumway-Cook A. Wollacott M H. Motor Control. Translating research into clinical practice. Tercera edición. Philadelphia: Lippincott Williams &Wilkins. 2007
- Horak FB, Henry SM, Shumway-Cook A. Postural perturbations: new insights for treatment of balance disorders. Phis The. 1997; 77(5):517-33
- Palisano R Rosenbaum P, Walter S. Russell D, Wood E. Galuppi. Gross Motor Function Classification System for Cerebral Palsy. Dev Med Child Neurol 1997; 39:214-223
- Myhr. U. Sitting assessment scale (SAS) On Factors of Importance for sitting in children

- with cerebral palsy. Department of Handicap Research, Goteborg University, Brunnsgratan 2, s-413 12 Goteborg, Sweden. 1994
19. Fife SE, Roxborough LA, Armstrong RW, Harris SR, Gregson JL, Field D. Development of a clinical measure of postural control for assessment of adaptive seating in children with neuromotor disabilities. *Phys Ther* 1992; 72(1):41.
 20. Eliasson AC, Krumlinde Sundholm L, Rösblad B, Beckung E, Arner M, Öhrvall AM, Rosenbaum P. The Manual Ability Classification System (MACS) for children with cerebral palsy: scale development and evidence of validity and reliability *Developmental Medicine and Child Neurology* 2006; 48:549-554
 21. Bertoti, D. *Functional Neurorehabilitation through the life span*. Philadelphia: F.A. Davis Co., 2004
 22. Chen YP, Yang TF., Effect of task goals on the Reaching patterns of children with Cerebral Palsy. *Journal of Motor Behavior*, 2007; 39: 4,317-324
 23. Ricken AX, Bennett SJ, Savelsbergh GJ Coordination of reaching in children with spastic hemiparetic cerebral palsy under different task demands. *Motor Control*. 2005; 9(4):357-71.