



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Correlación entre las pruebas clínicas y las pruebas instrumentales para la evaluación del equilibrio en los niños con parálisis cerebral

**Javier Mauricio Arias Suarez
Oscar Samuel Peña Angulo
Derian D. Espinosa**

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina
Departamento de Medicina física y Rehabilitación
Bogotá, Colombia

2020

Correlación entre las pruebas clínicas y las pruebas instrumentales para la evaluación del equilibrio en los niños con parálisis cerebral

**Javier Mauricio Arias Suarez
Oscar Samuel Peña Angulo
Derian D. Espinosa**

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Especialista en Medicina Física y Rehabilitación.

Director:
Fernando Ortiz Corredor.
MD Especialista en Medicina Física y Rehabilitación

Línea de Investigación:
Rehabilitación en Parálisis Cerebral

Grupo de Investigación:
CIFEL Centro de Investigación en Fisiatría y Electrodiagnóstico

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina
Departamento de Medicina física y Rehabilitación
Bogotá, Colombia

2020

Dedicatorias

*A mi mamá y a mi familia por
acompañarme,
apoyarme y alentarme a iniciar este
largo camino,
siempre de forma incondicional y
paciente
hasta su finalización. A ti, Papá.
Gracias a Ana María por su paciencia
y apoyo,
y a mis compañeros de residencia
por su valiosa amistad y gratos
momentos*

*A mi esposa, cuyo amor ha sido mi
fuerza para iniciar
y culminar esta senda. A mis hijos, por
ser mi motor
de vida y la luz de mis ojos. A mis
padres, por su
confianza y su amor. A mis suegros,
por su
incondicional apoyo y su cariño. A mis
compañeros,
por incontables momentos felices a su
lado.*

Agradecimientos

Al Instituto Roosevelt, centro de referencia para pacientes con discapacidad, a todo el personal del departamento de rehabilitación quienes aportaron a la recolección de la información y brindaron los espacios para realizar este proyecto, al departamento de Educación e Investigación por su asesoría, liderada por la Dra. Manuela Quiroga y un especial agradecimiento al profesor Fernando Ortiz Corredor, quien, con su conocimiento, valiosos aportes, dirección, dedicación y sentido del humor fue la pieza fundamental para la realización de este proyecto.

Resumen

Introducción: La parálisis cerebral (PC) es una de las causas más frecuentes de alteración del equilibrio estático y dinámico en niños. La valoración del equilibrio estático, se puede realizar con pruebas clínicas y pruebas instrumentales. La estabilometría es una prueba instrumental que evalúa la movilidad del centro de presión.

Objetivo: Determinar la correlación de las pruebas clínicas del equilibrio y la marcha con los resultados de la estabilometría en niños con parálisis cerebral.

Materiales y métodos: Se realizó un estudio retrospectivo con 301 pacientes menores de 18 años, con parálisis cerebral GMFCS I y II, uni y bilateral, que asistieron al Instituto Roosevelt en los años 2015 a 2019 para realización de estudio de análisis de marcha y valoración clínica. Se utilizaron 28 variables estabilométricas (rango ML-AP, desplazamiento ML-AP, velocidades ML-AP-Global, Area/Sec, Área Elipse etc.) y 13 variables clínicas (espasticidad, equilibrio monopodal, test de marcha en 6 minutos-6MWT etc.). Se realizaron comparaciones y correlaciones entre variables clínicas y estabilométricas.

Resultados: Hay diferencias significativas ($p < 0,05$) en todas las variables clínicas, entre los niveles funcionales GMFCS I y II. No se encontraron diferencias significativas en las pruebas estabilométricas entre los dos niveles funcionales. Las pruebas de correlación entre pruebas clínicas e instrumentales mostraron resultados diversos, con correlaciones débiles ($r < -0,2$ $p < 0,05$). Las pruebas estabilométricas Area/Sec, velocidad global, velocidad medio-lateral y distancia con ojos abiertos fueron las que mejor se correlacionaron ($r < -0,2$ $p < 0,05$) con las tres pruebas para la evaluación del equilibrio (Equilibrio monopodal Der-Izq y 6MWT). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las pruebas estabilométricas entre un grupo de pacientes sin patología neuromuscular respecto al grupo con PC.

Conclusión: La estabilometría es una evaluación instrumental del equilibrio que se correlaciona con algunas pruebas clínicas en niños con parálisis cerebral, a futuro podría tener utilidad para valoración de las alteraciones del equilibrio, y la determinación de cambios asociados a las intervenciones terapéuticas.

Palabras clave: Parálisis Cerebral, Estabilometría, Equilibrio estático, Pruebas funcionales, Test marcha 6 minutos

Abstract

Introduction: Cerebral Palsy (CP) is one of the most frequent causes of impaired static and dynamic balance in children. The assessment of static balance can be performed by clinical and instrumental tests. Stabilometry is an instrumental test that measures mobility of the Center of Pressure (CoP).

Objective: Establish the correlation between clinical balance tests and gait, and the findings on the stabilometry in pediatric population with cerebral palsy.

Materials and methods: A retrospective study was conducted with 301 patients with cerebral palsy. The sample included patients aged under 18, diagnosed with GMFCS level I and II, who attended our institution between 2015 and 2019 to conduct a gait analysis and a clinical assessment. We evaluated 28 stabilometric variables (ML – AP range, ML – AP displacement, ML – AP – Global speed, Sec. Área, ellipse área, etc.) and 13 clinical variables (spasticity, monopodal balance, 6-minute walk test, etc.). Comparisons and correlations between clinical and stabilometric variables were made.

Results: We found significant differences ($p < 0.05$) in all clinical variables, between the GMFCS level I and level. No significant differences were found in the stabilometric tests between the 2 functional levels. Correlation tests between clinical and instrumental tests demonstrated diverse results with weak correlations ($r < -0.2$ $p < 0.05$). Stabilometric tests: Sec area, global speed, mid-lateral speed, distance with open eyes ($r < -0.2$ $p < 0.05$), and the three tests for the evaluation of balance (Monopodal balance Left – Right, and 6MWT) had the best correlations. Statistically significant differences were found in the stabilometric tests between the group of patients with CP and the group without neuromuscular pathology.

Conclusion: Stabilometry is an instrumental evaluation of balance that has a correlation with some clinical tests in children with cerebral palsy. In the future, this test could be useful in the assessment of balance disorders, and determination of changes associated with therapeutic interventions.

Keywords: Cerebral Palsy, Stabilometry, Static balance, Functional tests, 6-minute walk test

Contenido

Pág. Resumen	1
Lista de figuras	5
Lista de tablas	6
Lista de Símbolos y abreviaturas	7
Introducción	9
Marco Teórico	
1. Generalidades PC	11
1.1 Medidas de evaluación del paciente	13
1.1.1 Examen musculoesqueletico	13
1.1.2 Evaluación de la marcha	14
1.1.3 Evaluación del desempeño	18
1.1.4 Evaluación Equilibrio	19
1.1.5 Examen clínico equilibrio	21
1.1.6 Examen instrumental del equilibrio	21
2. Planteamiento del problema	24
3. Justificación de la investigación	25
4. Objetivos	26
4.1 General	
4.2 Específicos	
5. Metodología	28
5.1 Diseño	28
5.2 Población y muestra	28
5.3 Variables	30
5.4 Análisis estadístico	35
6. Resultados	36
7. Discusión	42
8. Conclusiones	46
9. Consideraciones éticas	47
A. Anexo 1: Siglas de variables estabilometricas y clínicas utilizadas	48
Bibliografía	50

Lista de figuras

	Pag
Figura 7-1: Matriz de densidad de Correlaciones entre variables.	39

Lista de Tablas

Pag

Tabla 1-1: Valores de referencia de la prueba de 6 minutos en niños y adolescentes	16
Tabla 1-2: Distancia recorrida en 6 minutos de acuerdo al nivel funcional	18
Tabla 1-3: Valores de referencia de las velocidades del desplazamiento del centro de presión en niños y adultos	23
Tabla 1-4: Variables a correlacionar	30
Tabla 1-5: Guía utilizada en el Instituto Roosevelt para la aplicación de la prueba de los 6 minutos	31
Tabla 1-6: Posicionamiento del goniómetro para medidas articulares	32
Tabla 1-7: Caracterización demográfica Población	36
Tabla 1-8: Comparación de variables clínicas entre niveles funcionales GMFCS I y II	37
Tabla 1-9: Comparación de variables estabilométricas entre niveles funcionales GMFCS I y II	38
Tabla 1-10: Comparación de variables clínicas entre formas de distribución de la PC	39
Tabla 1-11: Comparación de variables estabilométricas entre formas de distribución de la PC	40
Tabla 1-12: Comparación variables estabilométricas entre casos y controles	41

Lista de Símbolos y abreviaturas

Abreviatura	Término
%	Porcentaje
3D	Tres dimensiones
AP	Antero Posterior
BesTest	The Balance Evaluation Systems Test
CI	Intervalo de Confianza
CIF	Clasificación internacional del funcionamiento, la discapacidad y la Salud
CoP	Center of Pressure (Centro de Presión)
DE	Desviación Estándar
GMFCS	Gross Motor Functional Classification System (Sistema de Clasificación de la Función Motora Gruesa)
m	Metros
MDC	Minimal detectable change (Cambio mínimo detectable)
ML	Medio Lateral
OA	Ojos Abiertos
OC	Ojos Cerrados
PC	Parálisis Cerebral
PODCI	Pediatric Outcome Data Collection Instrument
POSNA	Pediatric Orthopaedic Society Of North America

Introducción

La parálisis cerebral (PC) es la causa más común de alteraciones en el equilibrio, la postura y la marcha en población infantil. Estas alteraciones se reflejan en diferentes grados de limitación para la movilidad y restricciones para la participación en la casa, en el colegio y en la comunidad. Estos déficits son el resultado de un daño en el sistema nervioso central.

Otras manifestaciones clínicas de la parálisis cerebral son las alteraciones del tono muscular (hipertonía espástica o distónica, hipotonía, ataxia), el déficit del control muscular selectivo y diversas comorbilidades neurológicas y musculoesqueléticas tales como epilepsia, déficit visual, hipoacusia, escoliosis y luxación de caderas.

Las múltiples deficiencias, las limitaciones en las actividades y las restricciones en la participación del niño con PC se pueden medir mediante pruebas clínicas e instrumentales, escalas y cuestionarios; esto con el fin de clasificar en grupos funcionales, evaluar el pronóstico, el plan de tratamiento y los resultados terapéuticos. Por ejemplo, se puede medir la velocidad de marcha, la capacidad submáxima con la prueba de 6 minutos, y la cinemática y cinética de las articulaciones durante el ciclo de la marcha.

El equilibrio estático y dinámico también se puede explorar mediante diferentes pruebas clínicas e instrumentales. Estas pruebas ayudan a describir el fenotipo funcional del niño con PC y pueden servir como un complemento para predecir resultados y para evaluar las respuestas a las diferentes intervenciones médicas y quirúrgicas dirigidas a mejorar el equilibrio, la postura y la marcha.

Dentro de las pruebas instrumentales empleadas para medir el equilibrio estático en niños con PC se encuentra la estabilometría. Este procedimiento diagnóstico se puede llevar a

cabo con tapetes de presión o con placas de fuerza, en las cuales se evalúa el comportamiento del Centro de presión (CoP) en función de diferentes variables como distancia y tiempo. Algunas de las variables que se obtienen con la estabilometría se encuentran alteradas en los niños con PC evidenciando la alteración del equilibrio estático según el caso.

1. Marco Teórico

La PC se define como “un grupo de desórdenes del desarrollo de la postura y el movimiento que causan limitación en las actividades, atribuido a un daño no progresivo del cerebro, el cual se presentó durante la infancia o el desarrollo fetal. Los desórdenes motores generalmente se acompañan de alteraciones en la sensibilidad, comunicación, percepción, cognición, y/o comportamiento y/o epilepsia y de problemas musculoesqueléticos secundarios” (Rosenbaum et al., 2007)

De acuerdo al sistema de la clasificación motriz gruesa, la funcionalidad para el movimiento de los niños con PC se clasifica en 5 niveles. En el nivel I, el niño es capaz de correr y saltar y en el nivel V no tiene control de posturas antigravitatorias y debe ser transportado (R. Palisano et al., 1997). En el año 2008 se modificó la descripción del GMFCS para las edades de 6 a 12 años y se adicionó el rango de 12 a 18 años (R. J. Palisano, Rosenbaum, Bartlett, & Livingston, 2008)

Cada nivel está definido para diferentes grupos de edad y tiene una descripción basada en la independencia para los desplazamientos y en la necesidad de ayudas externas. Por ejemplo, en el estado funcional III (niños de 6 a 12 años) “el niño camina utilizando un dispositivo manual auxiliar de la marcha para la mayoría de los espacios interiores. En sedestación, el niño puede requerir un cinturón para mejorar la alineación pélvica y el equilibrio. Los cambios de sentado-parado o parado-sentado pueden requerir la asistencia de una persona o el apoyo sobre una superficie para soporte. Para largas distancias el niño utiliza silla de ruedas. El niño puede usar escaleras sujetándose de los pasamanos con supervisión o asistencia de un adulto. Las limitaciones para caminar pueden generar la necesidad de adaptaciones que permitan que el niño se integre a actividades físicas o

deportivas en una silla de ruedas manual o dispositivos motorizados”(R Palisano, Rosenbaum, Bartlett, & Livingston, 2007). Para el niño mayor de 12 años “el joven es capaz de caminar utilizando un dispositivo manual auxiliar de la marcha. Comparado con los individuos de otros niveles, el joven del nivel III puede elegir entre una variedad de métodos de movilidad dependiendo de sus habilidades físicas o de factores ambientales o personales. Cuando está sentado, puede requerir de un cinturón para mejorar su equilibrio y alineación pélvica. Los cambios de sentado-parado y parado-sentado requieren asistencia física o de una superficie para llevarse a cabo. En la escuela, puede propulsar una silla de ruedas o un dispositivo motorizado. En exteriores tienen que ser transportados en silla de ruedas o utilizar un dispositivo motorizado. Pueden utilizar escaleras sujetándose de los pasamanos con supervisión o requerir asistencia física. Las limitaciones para caminar pueden requerir de adaptaciones para integrarse a actividades físicas o deportivas ya sea con silla de ruedas autopropulsada o movilidad motorizada”(R Palisano et al., 2007)

La evaluación de la función motora gruesa, de la postura y del equilibrio niño con PC depende de su nivel funcional. En los niveles I, II y III se utilizan pruebas destinadas a medir la capacidad de marcha, el equilibrio estático y dinámico en posición bípeda, la carrera y el salto. En los niveles IV y V se explora la postura y el equilibrio en sedente, los cambios de posición en sedente y la capacidad de autopropulsar una silla de ruedas. En todos los niveles funcionales GMFCS del niño con PC se siguen los lineamientos generales de la Clasificación Internacional de Funcionamiento y discapacidad (CIF).

Según la Clasificación Internacional de Funcionamiento y discapacidad (CIF) la evaluación de un paciente discapacitado se debe llevar a cabo aplicando escalas de salud que evalúen las estructuras y funciones corporales, las actividades y la participación. La evaluación clínica y funcional del niño con PC tiene como objetivo medir las alteraciones de las funciones corporales (por ejemplo paresia, espasticidad, deformidades, alteraciones del equilibrio, déficit cognitivo y sensorial) las limitaciones de las actividades (por ejemplo

marcha anormal, comunicación anormal, fallas en praxias finas) y las restricciones en la participación del niño en su contexto familiar, escolar y social.

El desempeño se refiere a lo que el individuo hace en su vida cotidiana y depende de su interacción con el ambiente. En el caso del niño con PC, las dificultades en el transporte y las barreras arquitectónicas puede limitar los desplazamientos del niño que utiliza ayudas externas para la marcha. La capacidad se refiere a cualquiera de las actividades que la persona puede llevar a cabo en un ambiente clínico seguro y controlado. Con respecto al desempeño final los factores contextuales, las condiciones socioeconómicas, tales como el tipo de vivienda, el espacio urbano, el medio de transporte y la ubicación del colegio influyen en el tipo de ayuda seleccionado.

Examen musculoesquelético

Las deformidades esqueléticas causadas por las fuerzas musculares que se ejercen de manera anormal sobre la columna y las extremidades del niño con PC provocan alteraciones en el equilibrio y la postura y afectan el patrón de marcha. Las deformidades en el pie y cuello de pie, en las caderas y en la columna son muy comunes en la PC. La evaluación de los arcos de movimiento en miembros inferiores junto con el análisis del patrón de marcha es fundamental para el tratamiento del niño con PC espástica (aplicación de toxina botulínica, cirugías múltiples, ortesis) (Keenan et al., 2004)

Para la evaluación de los arcos de movimiento en los niños con PC se parte de un posicionamiento estandarizado del paciente y del goniómetro (Keenan et al., 2004). La medida del ángulo poplíteo utilizada para determinar la presencia de una retracción de los músculos isquiotibiales ofrece dificultades especiales. Cuando la prueba se realiza de la manera usual, con la cadera contralateral en extensión completa, la inclinación anterior de la pelvis aumenta el ángulo poplíteo aun cuando no exista una verdadera retracción de los

músculos isquiotibiales. Antes de realizar la extensión de la rodilla se recomienda colocar la pelvis en una posición neutra flexionando la cadera contralateral hasta que las espinas ilíacas anterosuperior y posterosuperior estén alineadas perpendicularmente sobre la superficie horizontal.

Las medidas goniométricas tienen una buena confiabilidad pero dependen de la experiencia del evaluador (Mutlu, Livanelioglu, & Gunel, 2007). Las medidas articulares más utilizadas en la consulta del niño con PC son el ángulo poplíteo, la dorsiflexión del tobillo y la abducción de caderas. El ángulo poplíteo es una medida indirecta de la longitud de los músculos isquiotibiales. La dorsiflexión del tobillo con rodilla en extensión es una medida indirecta de la longitud del complejo muscular gastrosóleo.

Evaluación de la marcha

La limitación para caminar es una de las actividades que más afecta la vida cotidiana del niño con PC. Esta limitación es una consecuencia del daño neurológico que produce espasticidad, déficit del control muscular selectivo, fallas en el equilibrio y en el largo plazo diversas alteraciones torsionales en las extremidades inferiores.

Un requisito fundamental para el manejo de los problemas de la marcha en el niño con PC es medir las alteraciones desde diferentes perspectivas. Las anomalías de la marcha se pueden cuantificar utilizando un video en los planos sagital y coronal. La marcha también se puede medir en un laboratorio para análisis computarizado 3D con el fin de cuantificar detalladamente las variables temporoespaciales y establecer las desviaciones de la cinemática y cinética articular.

Otros métodos más sencillos para medir la capacidad de marcha del niño con PC son el cálculo de la velocidad de marcha en 10 metros, la prueba Up and Go y la prueba de los 6 minutos.

La prueba de los 6 minutos explora otra parte del componente de actividades de la CIF y sirve como una aproximación al desempeño real del paciente con alteraciones de la marcha ya que adiciona la variable de la resistencia física. Este examen (inicialmente prueba de 12 minutos) fue propuesto originalmente para evaluar la tolerancia al ejercicio en pacientes con enfermedades respiratorias crónicas y en pacientes con falla cardíaca (Butland, Pang, Gross, Woodcock, & Geddes, 1982). En población adulta la prueba de los 6 minutos ha sido estudiada ampliamente y se ha demostrado que se correlaciona muy bien con el rendimiento cotidiano para la movilidad de los pacientes con enfermedades cardiopulmonares (Solway, Brooks, Lacasse, & Thomas, 2001).

En la población pediátrica la prueba de los 6 minutos se aplicó por primera vez a niños con fibrosis quística (Gulmans, van Veldhoven, de Meer, & Helders, 1996). La prueba ha sido utilizada en PC y otras enfermedades que afectan la movilidad de la población infantil (Maher, Williams, & Olds, 2008; Montes et al., 2010).

Los resultados que se obtienen con la prueba de los 6 minutos pueden compararse con las tablas de niños sanos o con las tablas de pacientes con enfermedades específicas (Tabla 1) (Li et al., 2005)

Tabla 1. Valores de referencia de la prueba de 6 minutos en niños y adolescentes [Geiger, Strasak, Tremli, Gasser, Kleinsasser, Fischer, Geiger, Loekinger, and Stein 2007].

Sexo	Edad	Número	Mediana(rango)	95% rango de referencia	Promedio±DE	95% CI
Masculino	3 a 5	22	544.3 (318.0-680.6)	319.7-680.6	536.5 ± 95.6	494.1-578.9
	6 a 8	66	584.0 (455.0-692.0)	471.0-659.3	577.8 ± 56.1	564.0-591.6
	9 a 11	57	667.3 (540.2-828.0)	556.2-801.5	672.8 ± 61.6	656.5-689.2
	12 a 15	80	701.1 (276.1-861.0)	600.7-805.3	697.8 ± 74.7	681.2-714.4
	16 y mayor	55	727.6 (569.0-865.3)	616.9-838.4	725.8 ± 61.2	709.3-742.4
Femenino	3 a 5	25	492.4 (352.0-713.3)	364.5-692.7	501.9 ± 90.2	464.7-539.1
	6 a 8	46	578.3 (406.0-707.2)	448.8-693.9	573.2 ± 69.2	552.7-593.8
	9 a 11	62	655.8 (548.0-818.0)	572.0-760.5	661.9 ± 56.7	647.4-676.3
	12 a 15	71	657.6 (485.5-785.0)	575.2-746.5	663.0 ± 50.8	651.0-675.0
	16 y mayor	44	660.9 (557.0-774.3)	571.2-756.2	664.3 ± 49.5	649.3-679.3

La prueba se realiza en un espacio cerrado y sobre terreno de superficie regular. El espacio para realizar la prueba no ha sido estandarizado para la población pediátrica. La prueba se ha realizado en un óvalo de 20 m con una amplitud de la vía de 30 cm (McDowell, Humphreys, Kerr, & Stevenson, 2009). Para el estudio de valores de referencia en niños y adolescentes se utilizó un corredor de 20m (Geiger et al., 2007b). También se ha recomendado un corredor rectangular en un espacio cerrado (30 m x 45 m) o rutas lineales con puntos de giro cada 25 o 30 m. (Montes et al., 2010). Los ciclos cortos reducen la distancia y los largos las aumentan. La pista oval mejora los rendimientos. Un estudio de confiabilidad de la prueba de 6 minutos en adolescentes entre 11 y 18 años con PC utilizó un corredor de 10 m (Maher et al., 2008). La distancia de 10m es más fácil de conseguir en

los diferentes espacios de rehabilitación. En un estudio para menores de 5 años, en lugar de un área hospitalaria definida, se utilizaron los espacios libres cerca de la casa de cada paciente y los evaluadores utilizaron un equipo para medir la distancia recorrida (Westcott McCoy et al., 2012).

En la prueba de los 6 minutos se mide la distancia que el niño logra recorrer en 6 minutos. La prueba es submáxima y por lo tanto predice el desempeño final del niño para los desplazamientos en ambientes comunitarios. La prueba evalúa la integración de todos los sistemas involucrados en la marcha: sistema cardiopulmonar, sistema nervioso y musculoesquelético, metabolismo muscular y circulación periférica. La motivación del paciente y el nivel intelectual son factores que intervienen en el resultado de la prueba

La prueba de los 6 minutos ha servido para evaluar el efecto de los diferentes tratamientos en PC. (Andersson, Asztalos, & Mattsson, 2006; Fragala-Pinkham, Dumas, Barlow, & Pasternak, 2009). La prueba es confiable y se correlaciona bien con otras variables fisiológicas tales como el consumo de oxígeno.

Ha sido demostrado que los niños con PC que utilizan ayudas externas muestran un elevado gasto energético durante la marcha (Rose, Medeiros, & Parker, 1985). En la prueba de los 6 minutos se evalúa la distancia recorrida y el incremento en la frecuencia cardíaca ajustada a la velocidad de la marcha. Estas medidas se correlacionan bien con el gasto energético en niños con PC (Norman, Bossman, Gardner, & Moen, 2004). En la prueba de los 6 minutos se puede calcular el índice de gasto energético y el resultado se expresa como latidos/metros caminados.

Se han publicado tablas con valores de referencia de la prueba de los 6 minutos para niños con PC (Tabla 2). Un estudio de confiabilidad de la prueba en niños y adolescentes mostró un límite de acuerdo entre la primera y la segunda prueba de - 44 y 42 m (Maher et al., 2008). Otro estudio encontró el MDC 95% en PC entre 50 y 60m. Es decir, en una prueba

de control los valores deben cambiar ± 50 m para que se consideren significativos. Para todos los casos, los niños con puntajes de 75 m deben considerarse deambuladores marginales. Es importante comparar la distancia recorrida en el primer minuto con la distancia recorrida en el último minuto. Una disminución en la distancia recorrida mayor al 15% puede interpretarse como un signo de fatiga.

**Tabla 2. Distancia recorrida en 6 minutos de acuerdo al nivel funcional.
Tabla modificada de Thompson (Thompson et al., 2008)(24)**

0	N	Distancia (DE)	Rango	MDC 95
Todos	30	335,5 (144,8)	81,5-662,0	54,9
I	9	486,6 (84,4)	385,3-662,0	61,9
II	8	312,9 (77,0)	193,0-424,7	54,0
III	13	240,2 (121,1)	81,5-429,8	47,4

La prueba de los 6 minutos es un instrumento ideal para el seguimiento de los niños con PC en estados funcionales II y III, especialmente si se integra con el video análogo. Aunque la prueba se está utilizando desde hace poco tiempo en niños con PC, ya se está implementando como medida de desenlace en los estudios clínicos (Balbaloglu, Basaran, & Ayoglu, 2011).

Evaluación del desempeño

El Instrumento para recolección de resultados pediátricos (PODCI por su sigla en inglés) también llamado POSNA, es un cuestionario que mide el estado de salud del niño y del adolescente con enfermedades musculoesqueléticas. Fue creado por la Sociedad de Ortopedia Pediátrica y la Academia de Cirujanos Ortopédicos de Estados Unidos (Daltroy, Liang, Fossel, & Goldberg, 1998) para evaluar resultados posterior a intervenciones en ortopédicas en niños. Se compone de 4 dominios: 1) deporte y funcionamiento físico, 2)

transferencias y movilidad básica, 3) extremidad superior y función física, 4) dolor y comodidad. Tiene además 3 dominios para felicidad, satisfacción con síntomas y expectativas del tratamiento. El instrumento está validado para su uso en el idioma español (Wren et al., 2008).

Evaluación del equilibrio

El equilibrio es una de las funciones corporales más afectadas en el niño con PC y afecta tanto las actividades como la participación. El equilibrio es la capacidad de mantener el centro de presión dentro de la base de sustentación. El equilibrio estático depende del funcionamiento de los sistemas visual, oculomotor, vestibular y propioceptivo y de mecanismos indemnnes del aparato musculoesquelético. Las estructuras óseas y articulares deben estar alineadas.

En la clasificación Internacional de Funcionamiento y Discapacidad el equilibrio aparece como una función vestibular (“funciones sensoriales del oído interno relacionadas con la posición, el equilibrio y el movimiento) que incluye: funciones de posición y del sentido de la posición; funciones de equilibrio corporal y movimiento” (WHO Organization., 2001).

Los componentes del equilibrio, que deben ser considerados y examinados individualmente, que han sido descritos en la literatura médica son: 1) el sistema motor subyacente (fuerza y coordinación), 2) la estabilidad estática en posición bípeda y en posición sedente, 3) la verticalidad (capacidad para orientarse adecuadamente con respecto a la gravedad como por ejemplo durante la inclinación), 4) los límites de estabilidad funcional (capacidad para mover el centro de masa lo más lejos posible en las direcciones anterior-posterior o mediolateral dentro de la base de apoyo), 5) las reacciones posturales para recuperar la estabilidad, 6) los ajustes anticipatorios que se realizan antes de un movimiento voluntario, 7) la estabilidad dinámica (capacidad para ejercer un control

continuo del centro de masa cuando la base de apoyo está cambiando por ejemplo, durante la marcha o durante las transiciones posturales), 8) la integración sensorial, y 9) la influencia del procesamiento cognitivo (capacidad para mantener la estabilidad al responder a los comandos durante la tarea o atender tareas adicionales (Sibley, Beauchamp, Van Ooteghem, Paterson, & Wittmeier, 2017; Sibley, Beauchamp, Van Ooteghem, Straus, & Jaglal, 2015).

Una evaluación completa del equilibrio implica el examen separado de cada uno de los componentes señalados. Por ejemplo, la prueba de equilibrio monopodal principalmente explora la integración sensorial mientras que la prueba Up and Go explora el sistema motor subyacente (Sibley et al., 2015). Las pruebas en las placas de fuerza o en los tapetes con sensores de presión sirven para medir el equilibrio estático.

Normalmente, las respuestas mediadas por el sistema vestibular no son necesarias cuando las superficies son estables. Sin embargo, con superficies inestables o en presencia de neuropatía periférica se requiere un funcionamiento vestibular adecuado.

En el niño con parálisis cerebral se presenta una combinación de alteraciones en múltiples sistemas que afecta el equilibrio estático y dinámico tales como el déficit visual y oculomotor (Almutairi, Cochrane, & Christy, 2019), el déficit del sistema de integración vestibular, la hipertonia espástica o distónica y la debilidad muscular. Por otro lado, las deformidades esqueléticas aumentan las exigencias neurológicas para conservar el equilibrio.

Existe una gran cantidad de pruebas clínicas e instrumentales para evaluar el equilibrio (Sibley et al., 2017).

Examen clínico del equilibrio

Diferentes escalas y pruebas clínicas permiten cuantificar las anomalías del equilibrio en niños con parálisis cerebral (Sibley et al., 2017). En general, la mayoría de pruebas utilizadas para evaluar el equilibrio en niños con PC solo examinan alguno de los componentes. Algunas pruebas son muy sencillas de aplicar y han sido utilizadas en población pediátrica y en adultos con diferentes patologías. En este grupo se destacan la prueba de equilibrio monopodal, la prueba up go, y la prueba levantarse y sentarse 5 veces. La prueba de equilibrio monopodal explora el sistema motor subyacente y la integración sensorial. La prueba Up and Go, y la prueba levantarse y sentarse 5 veces evalúan el sistema motor subyacente, el equilibrio dinámico y los mecanismos anticipatorios. (Sibley et al., 2017).

La escala BESTest explora los 9 componentes del equilibrio y para su aplicación solo requiere pruebas clínicas (Horak, Wrisley, & Frank, 2009). La versión infantil (Kids-Bestest) ha sido validada recientemente y muestra buenas propiedades psicométricas (Dewar, Claus, Tucker, Ware, & Johnston, 2019).

Examen instrumental del equilibrio

El examen instrumental del equilibrio implica la medición de diferentes parámetros del centro de presión en condiciones estáticas así como una evaluación completa del sistema visual y oculomotor y de los mecanismos de integración vestibular.

En condiciones estáticas y en posición bípeda sobre una superficie estable el cuerpo se balancea en pequeñas magnitudes en todos los sentidos del plano horizontal. El centro de presión (CoP) se define como la proyección del centro de gravedad en el suelo y es una

medida indirecta de este balanceo corporal. El movimiento del centro de presión se correlaciona con el movimiento del centro de masa.

El paciente debe ser evaluado en 6 condiciones diferentes modificando los factores ambientales: la superficie (estable, inestable), el entorno visual (estable, inestable) y la retroalimentación visual (ojos abiertos, ojos cerrados) (Almutairi et al., 2019). Para cumplir estas condiciones se utiliza una espuma sobre la placa de estabilometría o se incluye una plataforma dinámica.

Dentro del laboratorio para el análisis computarizado de la marcha, una prueba instrumental del equilibrio puede agregar información. Sin embargo, un protocolo extenso con 6 condiciones ambientales diferentes no es un procedimiento práctico que se pueda adicionar al examen físico, a las pruebas funcionales básicas (prueba de 6 minutos) y al examen 3D del patrón de marcha. Por otro lado, un examen sobre placas de fuerza o en un tapete con sensores de presión no consume tiempo y puede ofrecer información complementaria al análisis 3D.

Los tapetes y las plataformas de presión son recursos accesibles en los laboratorios de marcha y permiten un examen complementario del equilibrio. Con estos equipos se pueden medir diferentes variables.

La velocidad de desplazamiento del centro de presión es una de las variables más utilizadas en los diferentes estudios sobre estabilometría (Tabla 3).

Tabla 3. Valores de referencia de las velocidades del desplazamiento del centro de presión en niños y adultos (Barozzi et al., 2014)(34).

	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Adultos
OA	16.7±4.2	14.5±2.5	12.6 ± 2.32	12.5 ± 2.7	12.1 ± 1.9	13.2 ± 10.9	11.4 ± 2.8	10.3 ± 2.0	9.4±2.1	6.43 ± 1.38
OC	16.7 ± 4.2	19.8 ± 4.95	18.5 ± 5.4	17.4 ± 5.2	19.8 ± 15.1	17.0 ± 6.00	16.2 ± 5.0	15.8 ± 5.5	14.4±25	9.34 ± 2.48

La evaluación del equilibrio en niños sanos y en niños con PC mediante pruebas instrumentales ha sido utilizada en investigación desde hace varios años (Kim, Ferdjallah, & Harris, 2009; Wolff et al., 1998). El examen del equilibrio en condiciones estáticas sobre placas de fuerza o con los tapetes de presión es un método simple que permite medir cuantitativamente el equilibrio y puede servir de apoyo y complemento a la percepción clínica obtenida mediante las diferentes escalas funcionales mencionadas previamente.

Algunas pruebas exploran la movilidad del centro de presión con el niño en posición bípeda y estática utilizando placas de fuerza o tapetes con sensores de presión.

Los estudios han demostrado que algunas variables obtenidas con la estabilometría son particularmente útiles en diferenciar los niños con PC de los niños sanos (Bickley et al., 2019). Los resultados obtenidos con las placas de fuerza y con los tapetes de presión son muy similares (Bickley et al., 2019). Específicamente, el promedio de desplazamiento medio-lateral (ML) radial, el rango de movimiento medio lateral, la velocidad promedio anteroposterior, área de elipse y el área por segundo discriminan los niños con parálisis cerebral de los niños sanos (Bickley et al., 2019).

2. Planteamiento del problema

El examen del balance y el equilibrio en el niño con parálisis cerebral a través de diferentes pruebas clínicas e instrumentales, sirve para determinar las alteraciones funcionales relacionadas con el control motor en estos pacientes. Sin embargo, no se conoce la correlación entre las pruebas clínicas y los análisis instrumentales que evalúan el equilibrio en los pacientes con parálisis cerebral. Al establecerse la correlación entre ambos tipos de medida, se contará con herramientas de evaluación altamente confiables. Los resultados podrán compararse con otras poblaciones, incluidos pacientes sanos y servirán de base para la formulación y seguimiento de los programas de rehabilitación.

3. Justificación de la Investigación

La relación entre las variables obtenidas con la estabilometría y las pruebas clínicas funcionales del equilibrio y la marcha no se ha establecido. Es posible que los pacientes con mayor anormalidad en las variables de la estabilometría muestren menores rendimientos en algunas pruebas clínicas tales como la prueba de 6 minutos, la prueba Up and Go o la prueba de equilibrio monopodal. Así mismo, los pacientes con mayores anormalidades en la estabilometría pueden mostrar menores desempeños en las actividades básicas cotidianas que involucran el control postural, el equilibrio y la marcha. Al establecerse la correlación existente entre los resultados de las pruebas instrumentales de equilibrio y las variables clínicas utilizadas para evaluar la capacidad motriz de los niños con parálisis cerebral, se podrá brindar herramientas para mejorar el enfoque de los planes de rehabilitación y optimizar los resultados de las intervenciones realizadas a los niños afectados por tal condición.

4. Objetivos

General

1. Determinar la correlación de las pruebas clínicas del equilibrio y la marcha con los resultados de la estabilometría en niños con parálisis cerebral.

Específicos

1. Determinar las medianas con los rangos intercuartiles para cada una de las variables obtenidas durante la estabilometría en niños con PC para los estados funcionales GMFCS I y II

2. Establecer la correlación entre cada una de las variables de la estabilometría con el índice de espasticidad

3. Establecer la correlación entre cada una de las variables de la estabilometría con la magnitud de las deformidades esqueléticas

4. Establecer la correlación entre cada una de las variables de la estabilometría con la prueba de equilibrio monopodal

5. Establecer la correlación entre cada una de las variables de la estabilometría con el resultado de la prueba de 6 minutos

6. Establecer la correlación entre cada una de las variables de la estabilometría con el PODCI.

7. Establecer si hay diferencia entre las variables estabilométricas de los niños con PC y un grupo control de niños sin patología neuromuscular.

5. Metodología

Diseño de la investigación

Se realizó un estudio descriptivo tipo retrospectivo con datos obtenidos en los años 2013-2019. Se utilizó la base de datos del laboratorio de marcha del Instituto Roosevelt. En este laboratorio se lleva a cabo una evaluación funcional estructurada que incluye pruebas funcionales clínicas y cuestionarios de desempeño. Toda la información es ingresada a una base de datos utilizando el software Filemaker Pro 11.0. Esta información permite el registro sistemático de variables clínicas, demográficas y funcionales de los pacientes. Se seleccionaron los pacientes con diagnóstico de PC menores de 18 años con nivel funcional I y II. Adicionalmente, se tomó un grupo control de niños sin patología neuromuscular. Con los datos previos se realizó un análisis estadístico según el tipo de variables para determinar si hay correlación entre las variables del análisis instrumental del equilibrio y las variables clínicas evaluadas.

Población y muestra

Población Diana

Pacientes menores de 18 años, con diagnóstico de PC, evaluados en el instituto Roosevelt entre el año 2013 y 2019 , que asistieron para valoración en el laboratorio de análisis de marcha y que fueron registrados en la base de datos mediante el programa Filemaker.

Criterios de Selección de la Muestra

Criterios de Inclusión:

-Paciente con diagnósticos de PC espástica de nivel funcional I y II en el rango etéreo específico, quienes hayan asistido a valoración en laboratorio de marcha y que hayan completado la totalidad de las valoraciones.

Criterios de Exclusión

- Paciente sin diagnóstico conclusivo de PC
- Requerimiento de dispositivos de ayuda para la marcha
- Limitación visual, cognitiva o cualquiera que le impida seguimiento de órdenes
- Aplicación de toxina botulínica en los últimos 6 meses
- Postoperatorio de cirugía ortopédica menor a 12 meses o rizotomía

Muestreo

Se realizó un muestreo por conveniencia de la totalidad de los pacientes incluidos en la base de datos con la totalidad de los datos diligenciados y se consideraron solo los que cumplían los criterios de inclusión y ausencia de los de exclusión.

Tamaño de la Muestra

En total se encontraron 301 registros aptos para el análisis estadístico, de acuerdo a los criterios mencionados previamente y que contenían la totalidad de las variables a correlacionar.

Variables

Se correlacionaron las siguientes variables durante el estudio (Tabla 4.):

Tabla 4. Variables a correlacionar

VARIABLES PARACLÍNICAS	VARIABLES CLÍNICAS	VARIABLES DEMOGRÁFICAS
Rango ML	Índice de espasticidad	Edad
Rango AP	Arcos de movimiento	Sexo
Desplazamiento radial ML	Test de marcha 6 minutos	
Desplazamiento radial AP	Equilibrio monopodal	
Velocidad Global	GMFCS	
Velocidad ML	PODCI	
Velocidad AP	Distribución de la PC	
Distancia		
Desviación estándar distancia AP		
Desviación estándar distancia ML		
Área por segundo		
Área elipse derecha		
Área elipse izquierda		
Área global elipse		

Clasificación funcional

En el laboratorio de marcha todos los pacientes con diagnóstico de PC son clasificados de acuerdo al sistema de clasificación de la función motora gruesa (GMFCS). El sistema de clasificación de la función motora gruesa (GMFCS) describe la alteración motora del niño con PC de acuerdo a sus capacidades funcionales y a la necesidad de tecnología para la asistencia y movilidad en silla de ruedas. (R. Palisano et al., 1997)

Prueba de 6 minutos

La prueba de 6 minutos se realiza de acuerdo a los protocolos adaptados para niños. En la prueba de los 6 minutos se mide la distancia que el niño logra recorrer en 6 minutos. La prueba se realiza en un espacio cerrado y sobre terreno de superficie regular. En el instituto Roosevelt se utiliza una distancia de 20m(Geiger et al., 2007a) .La descripción y requisitos para realizar la prueba de los 6 minutos se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Guía utilizada en el Instituto Roosevelt para la aplicación de la prueba de los 6 minutos

El niño tiene que tener más de 5 años de edad y debe ser capaz de comprender las instrucciones de la prueba.
El niño debe ser capaz de caminar 10 m con o sin ayudas externas (ortesis, bastones, caminador) y debe ser capaz de realizar giros
Se le indica que tiene que caminar tan rápido como pueda pero sin correr
El evaluador motiva al niño cada 30 segundos y debe permanecer detrás por el riesgo de caídas
No se requiere el ensayo utilizado en las pruebas de adultos
La prueba se debe realizar con la ortesis que el niño utiliza de forma cotidiana
Se debe registrar el número de caídas

Examen clínico del equilibrio

Para el examen clínico del equilibrio, el paciente en posición bípeda levanta una extremidad durante 30 segundos. La prueba se detiene si apoya la extremidad levantada en la extremidad contralateral.

Tono muscular

El tono muscular se mide de acuerdo a la escala modificada de Ashworth. Específicamente se examina el tono de los músculos flexores de cadera, extensores de rodilla, flexores de rodilla y plantiflexores de forma bilateral. Para el análisis estadístico se cambió la numeración en la escala. Cada músculo se calificó de -1 a 5, siendo -1 hipotonía. 0 normal 1=1 y 1+=2 2=3 3=4 4=5. En el índice compuesto de espasticidad, utilizado en pacientes

adultos con ataque cerebrovascular, se suma la calificación del tono muscular de los flexores del codo, la muñeca y los dedos y se obtiene un puntaje entre 0 y 15 (Francis et al., 2004). Para nuestro estudio, se calculó el índice de espasticidad como el promedio de la calificación de los 4 grupos musculares de miembros inferiores ya señalados y de manera bilateral.

Arcos de movimiento

Para el examen musculoesquelético se aplicaron protocolos establecidos (Keenan et al., 2004) (Tabla 6).

Tabla 6. Posicionamiento del goniómetro para medidas articulares

Medida	Posición de la extremidad	Brazo estacionario del goniómetro	Brazo móvil del goniómetro	Posición final	Estandarización adicional
Ángulo poplíteo	Supino: cadera flexionada 90o, extremidad opuesta en extensión	Paralelo al eje largo del fémur	Paralelo al eje largo de la tibia	La rodilla se extiende hasta el límite del movimiento	El movimiento se detiene cuando la pelvis empieza a levantarse
Dorsiflexión del tobillo con rodilla en extensión	supino: rodilla en extensión	Paralelo al eje del peroné	Paralelo al eje del calcáneo	Dorsiflexión del pie hasta el límite del movimiento	Mantener el retropié en posición neutra para evitar valgo o varo del hueso calcáneo
Abducción de cadera	Supino: rodilla en extensión	Línea que une las dos espinas ilíacas anterosuperiores	Alineado con parte central y superior de la rótula	Se realiza abducción hasta que se detecta movimiento en la espina ilíaca ipsilateral	

Evaluación del desempeño

Para evaluar el desempeño para la movilidad cotidiana del niño la familia diligencia un cuestionario con los dominios movilidad básica y actividad física/deportes del PODCI. Este cuestionario mide el estado de salud del niño y del adolescente con enfermedades musculoesqueléticas (Daltroy et al., 1998). Tiene 4 dominios: 1) Deporte y funcionamiento

físico, 2) Transferencias y movilidad básica, 3) Extremidad superior y función física, 4) Dolor y comodidad. Tiene además 3 dominios para felicidad, satisfacción con síntomas y expectativas del tratamiento. El instrumento está validado para su uso en el idioma español (Wren et al., 2008). En el laboratorio de marcha se exploran dos dominios: 1) Deporte y funcionamiento físico y 2) Transferencias y movilidad básica.

Pruebas instrumentales

En las pruebas instrumentales se llevó a cabo un análisis computarizado 3D y pruebas de equilibrio en un tapete con sensores.

Para el examen instrumental del equilibrio se utilizó un tapete BTS P-walk de 3 módulos con 9216 sensores. El niño debe mantener la posición bípeda durante 30 segundos con los pies separados, alineados con los hombros y en un ángulo de 30°. Se realizan 2 pruebas y se analizó el promedio de las dos pruebas.

Se utilizaron los datos almacenados de las pruebas de estabilometría llevadas a cabo en el laboratorio del Instituto Roosevelt de los años 2013 a 2019. Estos datos crudos se exportaron al programa MatLab y se procesaron de acuerdo a las ecuaciones descritas por Bickley para obtener las siguientes variables (Bickley et al., 2019).

1) *Rango de movimiento*: se define como la distancia recorrida por los puntos del centro de presión (CoP) en una dirección particular. En la dirección medial-lateral (ML) (Rango-ML) se refiere a la distancia recorrida por los puntos del centro de presión, o la excursión máxima de los puntos de datos del centro de presión (CoP) en la dirección medial y lateral, o X. En la dirección anterior- posterior (AP) (Rango-AP) se refiere a la distancia recorrida por los puntos del centro de presión, o la excursión máxima de los puntos de datos del centro de presión (CoP) en la dirección anterior-posterior, o Y.

2) *Desplazamiento radial promedio, medio-lateral (ML) y antero-posterior (AP)*: es el promedio de la distancia que varía un sujeto con respecto al centroide del centro de presión (CoP). Puede ser examinado en general, en la dirección antero- posterior o en la dirección medio-lateral.

3) *Velocidad promedio*: se define como la distancia recorrida en la longitud de la trayectoria de balanceo dividida por el tiempo total de evaluación.

4) *Velocidad promedio en la dirección medial-lateral y antero-posterior*: se refiere a la velocidad promedio por la cual un sujeto pasa de un punto de datos del centro de presión (CoP) a otro en la dirección medial-lateral, o X; o en la dirección anterior-posterior, o Y.

5) *Distancia*: Se define como la longitud total de la trayectoria del CoP. Esta medida se puede aplicar en la dirección AP o en la dirección ML.

6) *Área por segundo*: El CoP presenta una proyección de si mismo durante el movimiento del individuo llamado centroide, este desplazamiento genera un valor de coordenadas X y Y, estos dos puntos junto al CoP formaran un triángulo, el cual cambiara en función del tiempo y el desplazamiento, estos triángulos tendrán un área la cual cambiara según el tiempo del desplazamiento (Bickley et al., 2019)

7) *Area de la elipse*: Elipse en la que se encuentran el 95% de los puntos de la trayectoria del CoP. (Nagymáté, Orlovits, & Kiss, 2018)

Todas estas variables se pueden calcular para cada una de las extremidades durante el equilibrio monopodal.

Análisis Estadístico

Se exportaron los datos del equipo de análisis de marcha y a través del software MatLab y se realizaron las fórmulas para el cálculo de las variables de estabilometría descritas. Se recopilaron los datos clínicos almacenados en el software Filemaker Pro. Se realizó la depuración de los datos para incluir únicamente los que tuvieran la totalidad de la información. Se determinó la distribución de los datos. Para las variables cualitativas se muestran las tablas de frecuencia. Los datos de las variables cuantitativas de distribución anormal se realizaron en medianas y rangos intercuartiles. Se aplicaron pruebas no paramétricas de Spearman para obtener los valores de correlación entre los resultados de cada variable obtenida con la estabilometría y las pruebas físicas con los estados funcionales I y II y la distribución de la PC

6. Resultados

En total, se evaluaron 301 pacientes con el diagnóstico de Parálisis Cerebral espástica que cumplieron los criterios de inclusión. De ellos, 119 fueron mujeres (40%), con una edad promedio de 9,8 años (DE 3,8 Rango 15). 209 pacientes (69,4%) tenían clasificación funcional GMFCS I. 166 pacientes (55,1%) presentaban distribución unilateral (Tabla 7).

Tabla 7. Caracterización demográfica Población (n 301)

Femenino ^a	119(40)
Edad ^b	9,8(3,8)
GMFCS ^a	
I	209(70)
II	92(30)
Distribución ^a	
Unilat	166(55)
Bilat	135(44)

a) %

b) Promedio

Los pacientes se agruparon en dos grupos según la distribución (unilateral - bilateral) y según su clasificación funcional en pacientes GMFCS I y II. Esto con el fin de determinar diferencias significativas entre los resultados de las variables clínicas y estabilométricas. Se realizaron pruebas de normalidad, encontrándose distribución asimétrica en todas las variables, por lo que se expresan los datos como medianas y rangos intercuartiles.

Al analizar las variables clínicas en los pacientes clasificados según el grupo funcional, se encontró que los individuos con GMFCS I presentaban diferencias estadísticamente significativas en el índice de espasticidad, el Test de Marcha en 6 minutos (6MWT), en las pruebas de equilibrio monopodal y en los puntajes estandarizados del PODCI (Tabla 8), respecto a los pacientes GMFCS II.

Tabla 8. Variables clínicas entre niveles funcionales

	GMFCS I						GMFCS II						P
	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentiles			Mediana	Mínimo	Máximo	Percentiles			
				25	50	75				25	50	75	
E	9,0	3,0	18,0	6,0	9,0	13,0	10,5	3,0	18,0	7,0	10,5	13,0	0,190
EI	0,8	0,1	3,0	0,5	0,8	1,1	1,1	0,1	3,1	0,8	1,1	1,8	0,000
HAL	44,0	16,0	80,0	38,0	44,0	52,0	36,0	10,0	76,0	30,0	36,0	43,5	0,000
HAR	40,0	16,0	80,0	32,0	40,0	50,0	38,0	8,0	80,0	28,0	38,0	42,0	0,000
PAR	32,0	0,0	70,0	21,0	32,0	46,0	42,0	0,0	74,0	30,0	42,0	49,5	0,001
PAL	32,0	0,0	66,0	24,0	32,0	44,0	42,0	10,0	68,0	30,0	42,0	50,0	0,000
DR	20,0	-42,0	60,0	12,0	20,0	31,0	20,0	-30,0	54,0	14,0	20,0	29,5	0,753
DL	24,0	-30,0	60,0	16,0	24,0	34,0	20,0	-28,0	60,0	12,5	20,0	30,0	0,065
SMT	426,0	67,0	632,0	380,0	426,0	467,5	373,0	184,0	570,0	310,0	373,0	430,0	0,000
SLR	3,0	0,0	43,0	1,1	3,0	10,0	1,1	0,0	30,0	0,4	1,1	3,2	0,000
SLL	4,1	0,0	30,0	1,5	4,1	13,0	1,3	0,0	30,0	0,5	1,3	5,1	0,000
BMST	93,6	50,8	100,0	85,6	93,6	97,5	82,2	38,6	100,0	72,9	82,2	90,9	0,000
SPST	86,8	49,3	102,8	77,1	86,8	95,7	72,2	40,3	100,0	59,0	72,2	79,9	0,000

En las variables estabilométricas, no se encontraron diferencias significativas entre los dos grupos funcionales (Tabla 9). Al realizarse la clasificación por grupos de acuerdo a la distribución de la PC, se encontraron diferencias significativas en todas las variables clínicas exceptuando el ángulo de dorsiflexión derecho (Tabla 10). No se encontraron diferencias significativas en las variables estabilométricas entre los grupos clasificados según distribución de la PC (Tabla 11). Al no encontrarse diferencias significativas en las variables estabilométricas bajo los criterios de clasificación, se realizaron las pruebas de correlación al total de la muestra.

Las correlaciones entre las diferentes variables se encuentran resumidas en la matriz de correlación (gráfico 1). Se encontraron índices de correlación significativa ($R \geq |0,2|$, $p < 0.05$) entre variables estabilométricas y clínicas; los mejores índices de correlación se obtuvieron entre el rango medio-lateral y el área por segundo respecto a la edad, el equilibrio monopodal y el total recorrido en el test de marcha en 6 minutos Finalmente, se

realizó una comparación entre el grupo de casos y el grupo de controles, encontrándose diferencias significativas en todas las variables estabilométricas (tabla 12).

Tabla 9. Variables estabilometría por nivel funcional.

	GMFCS I						GMFCS II						P valor
	Mediana	Mín	Máx	Percentiles			Mediana	Mín	Máx	Percentiles			
				25	50	75				25	50	75	
RMLOE	19,1	4,2	74,9	11,4	19,1	28,2	17,6	4,3	73,5	10,6	17,6	23,3	0,265
RMLCE	16,3	2,8	98,9	11,7	16,3	25,2	18,1	4,6	79,3	10,6	18,1	25,1	0,691
RAPOE	23,0	5,4	70,0	15,8	23,0	30,5	22,2	7,1	58,1	16,9	22,2	34,5	0,398
RAPCE	23,7	5,9	85,3	16,5	23,7	33,7	25,3	7,0	58,8	18,6	25,3	36,0	0,323
RDMLOE	3,3	0,7	12,0	1,9	3,3	4,9	3,0	0,8	13,2	1,9	3,0	4,0	0,370
RDMLCE	2,9	0,4	16,5	2,0	2,9	4,6	3,1	0,9	9,8	1,6	3,1	4,6	0,793
RDAPOE	3,8	0,9	15,6	2,8	3,8	5,4	4,2	0,9	10,6	2,8	4,2	5,8	0,365
RDAPCE	3,9	0,8	17,4	2,9	3,9	6,2	4,1	1,1	16,7	2,9	4,1	6,5	0,524
GSOE	8,9	3,3	34,9	6,7	8,9	11,7	9,0	4,1	21,2	6,7	9,0	11,0	0,885
GSCE	9,2	3,8	46,5	6,6	9,2	11,9	8,9	3,6	26,2	7,6	8,9	11,8	0,583
MLSOE	5,8	2,3	23,7	4,2	5,8	7,6	5,9	2,7	14,3	4,5	5,9	7,0	0,838
MLSCE	5,5	2,6	33,7	4,3	5,5	7,1	5,8	2,5	15,9	4,6	5,8	7,2	0,460
APSOE	5,4	1,8	24,0	3,9	5,4	7,4	5,2	2,3	13,3	3,9	5,2	6,7	0,686
APSCE	5,8	2,1	29,2	4,0	5,8	7,8	5,5	2,0	17,2	4,6	5,5	7,7	0,892
DOE	267,8	99,8	1047	201	267	352	271	121	636	201	271	328	0,885
DCE	276,0	113,3	1395	198	276	356	268,0	108	785,2	229,2	268,0	354,5	0,583
SDMLOE	4,1	0,8	14,8	2,4	4,1	6,1	3,8	1,0	15,2	2,3	3,8	5,3	0,362
SDMLCE	3,6	0,5	20,3	2,4	3,6	5,7	3,9	1,1	12,0	2,0	3,9	5,5	0,940
SDAPOE	4,1	0,8	14,8	2,4	4,1	6,1	3,8	1,0	15,2	2,3	3,8	5,3	0,362
SDAPCE	3,6	0,5	20,3	2,4	3,6	5,7	3,9	1,1	12,0	2,0	3,9	5,5	0,940
SAROE	16,9	1,8	175,1	8,9	16,9	28,8	17,1	2,5	129,9	8,7	17,1	28,7	0,955
SARCE	17,2	1,3	242,5	8,6	17,2	30,5	18,0	2,2	165,3	9,7	18,0	28,1	0,795
LEAOE	78,5	2,2	1491,9	36,1	78,5	188,1	84,9	6,8	1223,7	40,2	84,9	174,7	0,784
LEACE	71,8	2,2	1999,3	33,2	71,8	205,4	81,5	1,8	1219,9	33,1	81,5	178,3	0,929
GEOE	281,3	24,0	9761,1	112,8	281,3	627,5	307,9	18,5	1846,0	156,6	307,9	567,6	0,601
GECE	326,8	12,6	3326,0	136,1	326,8	634,7	286,9	28,7	3603,8	142,1	286,9	587,7	0,644
REAOE	61,6	1,7	974,1	25,1	61,6	161,7	58,4	2,9	660,9	27,9	58,4	126,1	0,987
RERCE	45,8	0,0	1076,3	16,7	45,8	102,1	45,4	2,1	2639,5	14,9	45,4	124,7	0,930

Tabla 10. Variables clínicas y distribución.

	UNILATERAL						BILATERAL						P
	Mediana	Mínimo	Máximo	Percentiles			Mediana	Mínimo	Máximo	Percentiles			
				25	50	75				25	50	75	
E	9,0	3,0	18,0	7,0	9,0	12,0	11,0	3,0	18,0	7,0	11,0	13,0	0,013
EI	0,6	0,1	2,3	0,5	0,6	1,0	1,3	0,1	3,1	0,9	1,3	1,8	0,000
HAL	44,0	20,0	80,0	40,0	44,0	52,0	38,0	10,0	76,0	30,0	38,0	48,0	0,000
HAR	42,0	16,0	80,0	36,0	42,0	50,0	36,0	8,0	80,0	28,0	36,0	42,0	0,000
PAR	33,0	0,0	70,0	21,5	33,0	46,0	40,0	0,0	74,0	28,0	40,0	50,0	0,002
PAL	30,0	0,0	66,0	22,0	30,0	42,0	40,0	10,0	68,0	30,0	40,0	50,0	0,000
DR	20,0	-42,0	60,0	11,5	20,0	32,0	20,0	-26,0	54,0	12,0	20,0	30,0	0,549
DL	26,0	-30,0	60,0	16,0	26,0	36,0	20,0	-28,0	60,0	12,0	20,0	30,0	0,001
SMT	430,0	239,0	632,0	387,5	430,0	466,0	390,0	67,0	596,0	314,0	390,0	440,0	0,000
SLR	3,0	0,0	43,0	1,0	3,0	12,0	1,9	0,0	30,0	0,6	1,9	3,6	0,000
SLL	4,4	0,0	30,0	1,4	4,4	14,0	2,0	0,0	30,0	0,7	2,0	6,0	0,000
BMST	90,9	56,8	100,0	82,8	90,9	97,0	88,6	38,6	100,0	77,8	88,6	93,9	0,015
SPST	85,1	46,5	102,8	73,8	85,1	94,1	79,2	40,3	102,8	68,6	79,2	87,0	0,007

Figura 1. Matriz de correlación variables clínicas y estabilométricas

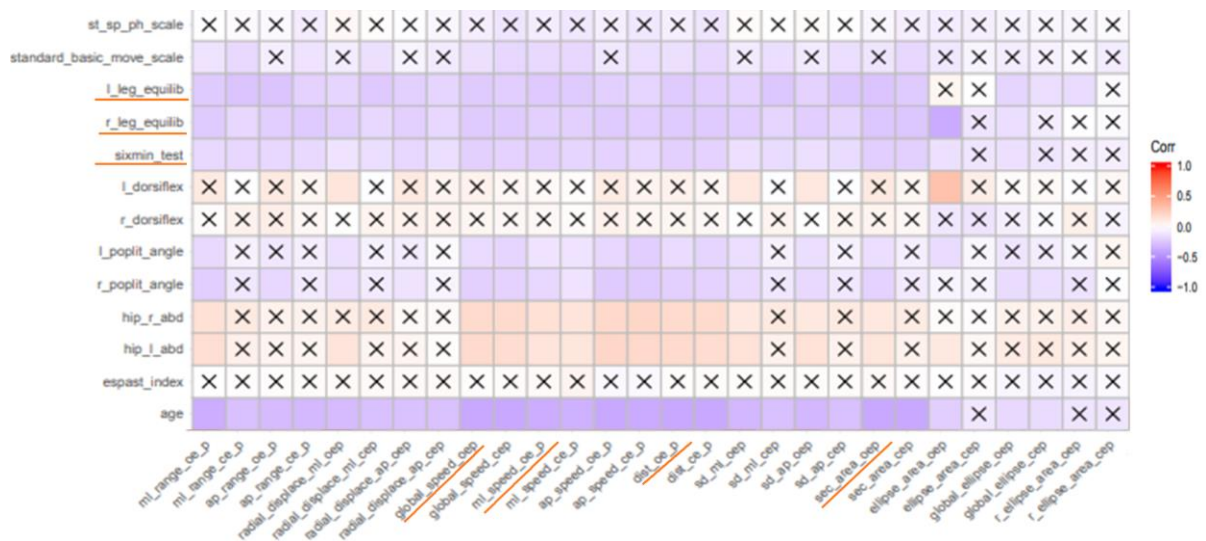


Tabla 11. Variables estabilometría por distribución PC

	UNILATERAL						BILATERAL						P value
	Median	Mín	Máx	Percentiles			Median	Mín	Máx	Percentiles			
				25	50	75				25	50	75	
RMLOE	19,1	4,2	73,5	11,3	19,1	26,5	17,7	5,2	74,9	10,9	17,7	27,0	0,583
RMLCE	17,2	2,8	98,9	11,6	17,2	25,3	16,7	3,3	53,5	11,4	16,7	25,2	0,600
RAPOE	23,2	5,4	68,8	16,1	23,2	31,0	22,2	7,2	70,0	16,4	22,2	34,4	0,733
RAPCE	23,6	5,9	85,3	16,7	23,6	33,3	25,4	6,6	67,5	16,9	25,4	36,2	0,534
RDMLOE	3,3	0,7	12,2	1,9	3,3	4,9	3,1	0,9	13,2	1,9	3,1	4,6	0,559
RDMLCE	3,1	0,4	16,5	2,0	3,1	4,8	2,8	0,5	10,9	1,8	2,8	4,3	0,372
RDAPOE	3,8	0,9	14,8	2,8	3,8	5,7	3,9	1,1	15,6	2,8	3,9	5,6	0,823
RDAPCE	3,9	0,9	14,3	3,0	3,9	6,3	4,2	0,8	17,4	2,8	4,2	6,3	0,667
GSOE	9,0	3,3	34,9	6,8	9,0	11,1	8,4	4,0	21,9	6,6	8,4	11,6	0,692
GSCE	9,4	3,7	46,5	7,0	9,4	12,0	8,8	3,6	37,4	6,6	8,8	11,8	0,404
MLSOE	5,9	2,3	23,7	4,4	5,9	7,2	5,7	2,7	13,9	4,2	5,7	7,6	0,975
MLSCE	5,6	2,6	33,7	4,3	5,6	7,2	5,7	2,5	18,2	4,4	5,7	7,0	0,797
APSOE	5,4	1,8	24,0	4,1	5,4	7,4	5,2	2,0	15,3	3,8	5,2	6,9	0,381
APSCE	5,9	2,0	25,7	4,3	5,9	7,9	5,4	2,0	29,2	3,8	5,4	7,7	0,222
DOE	269,6	99,8	1047,4	204,1	269,6	332,3	253,1	119,3	655,6	197,2	253,1	349,2	0,692
DCE	280,6	111,3	1395,8	209,4	280,6	359,9	264,3	108,8	1120,8	198,1	264,3	352,9	0,404
SDMLOE	4,1	0,8	14,6	2,4	4,1	6,1	3,7	1,1	15,2	2,4	3,7	5,6	0,570
SDMLCE	3,7	0,5	20,3	2,4	3,7	5,9	3,4	0,6	12,8	2,4	3,4	5,3	0,465
SDAPOE	4,1	0,8	14,6	2,4	4,1	6,1	3,7	1,1	15,2	2,4	3,7	5,6	0,570
SDAPCE	3,7	0,5	20,3	2,4	3,7	5,9	3,4	0,6	12,8	2,4	3,4	5,3	0,465
SAROE	17,6	1,8	175,1	8,7	17,6	27,3	16,0	2,5	129,9	9,1	16,0	29,4	0,896
SARCE	17,2	1,3	242,5	9,6	17,2	27,8	18,1	2,7	124,5	8,4	18,1	32,5	0,841
LEAOE	79,3	2,2	1491,9	31,9	79,3	178,9	82,1	6,0	1110,6	42,4	82,1	185,9	0,608
LEACE	72,3	1,8	1999,3	31,9	72,3	186,6	79,7	4,6	1620,4	35,7	79,7	206,1	0,288
GEOE	253,9	18,5	4151,2	113,0	253,9	606,4	307,9	39,3	9761,1	133,6	307,9	621,0	0,305
GECE	283,6	12,6	3603,8	134,2	283,6	615,5	344,2	28,7	3232,5	164,9	344,2	657,7	0,235
REAOE	60,5	1,7	859,8	25,1	60,5	151,5	61,7	4,5	974,1	29,9	61,7	159,7	0,623
RERCE	45,3	0,0	2639,5	17,2	45,3	99,7	47,9	2,1	1076,3	14,5	47,9	113,4	0,859

Tabla 12. Diferencias variables estabilometria grupo casos vs controles

Variables	P Valor
RMLOE	,000
RMLCE	,000
RAPOE	,003
RAPCE	,002
RDMLOE	,000
RDMLCE	,000
RDAPOE	,012
RDAPCE	,008
GSOE	,001
GSCE	,000
MLSOE	,000
MLSCE	,000
APSOE	,037
APSCE	,001
DOE	,001
DCE	,000
SDMLOE	,000
SDMLCE	,000
SDAPOE	,000
SDAPCE	,000
SAROE	,000
SARCE	,000
LEAOE	,000
LEACE	,000
GEOE	,000
GECE	,000
REAOE	,035
RERCE	,045

7. Discusión

El objetivo de este estudio era determinar la correlación existente entre las diferentes variables estabilométricas y algunas pruebas clínicas que clásicamente se han utilizado para valorar el equilibrio y la funcionalidad osteomuscular en pacientes diagnosticados con Parálisis Cerebral. Los resultados obtenidos evidencian correlaciones débiles pero estadísticamente significativas entre la mayoría de las variables estabilométricas y clínicas. Para efectos del análisis, se consideraron como mejores variables estabilométricas aquellas que presentaron índices de correlación significativa con tres de las tres pruebas clínicas clásicas para valoración del equilibrio (test de marcha, equilibrio monopodal derecho y equilibrio monopodal izquierdo). Las variables con mejores resultados fueron el área por segundo con ojos abiertos y cerrados, la velocidad global con ojos abiertos, la velocidad mediolateral con ojos abiertos, y la distancia con ojos abiertos. De los diferentes valores obtenidos por medio de la estabilometría, el área por segundo es la variable con mayores índices de correlación, además de ser el único valor en que la evaluación es significativa tanto en la modalidad de ojos abiertos como en la de ojos cerrados.

Estos resultados sugieren que, si bien la estabilometría arroja gran cantidad de resultados, solo algunos parecen tener más utilidad en el momento de evaluar el equilibrio en niños con parálisis cerebral. Cabe decir que los resultados obtenidos en el estudio se limitan a una población específica, de forma que otras variables estabilométricas podrían tener mayor utilidad en otras patologías.

Un hallazgo relevante de nuestro estudio radica en que no se evidenciaron cambios significativos en ninguna variable instrumental al comparar pacientes clasificados en estadios funcionales GMFCS I y II. Este hallazgo se opone a estudios previos, en los que se intentaba determinar el nivel funcional a través de la prueba instrumental (Pavao, Nunes, Santos, & Rocha, 2014) Esto puede ser explicado en el hecho de que el criterio de división entre los dos estados funcionales se basa en diferencias en el equilibrio dinámico, mientras

que la estabilometría evalúa únicamente el equilibrio estático. Adicionalmente, el nivel de exigencia en la prueba instrumental es menor, de forma que no puede identificar las diferencias entre estos dos niveles funcionales. Tampoco se encontraron diferencias significativas al comparar los resultados de los pacientes con distribución unilateral, en relación a los pacientes con distribución bilateral de la enfermedad, hallazgo probablemente explicado en la técnica de aplicación de la estabilometría, que se realiza con el paciente en bipedestación.

Si bien, no existen hasta el momento valores de referencia estandarizados para la población general, este hallazgo puede significar que la estabilometría es un método sensible para determinar alteraciones del equilibrio estático y podría ser utilizado como método de seguimiento en intervenciones (Bourelle, Berge, Gautheron, & Cottalorda, 2010). Además, en nuestro estudio se hallaron correlaciones inversas fuertes entre la edad y la mayoría de variables estabilométricas, lo cual puede significar que el equilibrio mejora con la edad, de forma que se hace necesario establecer valores de normalidad por grupo etario para nuestra población.

Cabe resaltar que el índice de espasticidad y algunos ángulos articulares de los miembros inferiores no evidenciaron correlación significativa con la prueba instrumental; probablemente, las estrategias compensatorias del equilibrio y el balance permitan al paciente mejorar sus resultados, a pesar de las deformidades musculoesqueléticas y las alteraciones del tono.

Estudios previos han encontrado relaciones significativas entre algunas variables estabilométricas y el desempeño funcional (Pavao, Dos Santos, de Oliveira, & Rocha, 2014). Sin embargo, en nuestro estudio no se encontraron correlaciones significativas con las variables estabilométricas respecto a los dominios de movilidad básica, funcionamiento físico y deporte del PODCI. La funcionalidad en los diferentes espacios vitales del paciente depende de factores como el aprendizaje motor, las estrategias compensatorias, la motivación, entre otros, de forma que el paciente puede tener mejor rendimiento en tales

pruebas a pesar de sus fallas equilibratorias, lo que explicaría la pobre correlación entre tales pruebas.

Un fenómeno llamativo de nuestro estudio es la diferencia en los índices de correlación encontrados en la modalidad de ojos abiertos, los cuales fueron mayores que en la modalidad de ojos cerrados. Estudios previos han intentado determinar la contribución del sistema visual (adicional al sistema somatosensorial y vestibular) en el control postural (Vališ, Dršata, Kalfeřt, Semerák, & Kremláček, 2012). En nuestro estudio, los valores de las variables clínicas fueron obtenidos con ojos abiertos, mientras que las variables estabilométricas fueron evaluadas en ambas modalidades. Futuras investigaciones pueden inquirir acerca de las diferencias entre ambas modalidades de evaluación, de forma que se determine la importancia de la corrección visual en el mantenimiento del balance corporal en niños con parálisis cerebral.

Este estudio presenta algunas limitaciones. No se realizaron pruebas de confiabilidad; esto debido a que los datos fueron tomados retrospectivamente de las bases de datos de la institución. Se hace necesario desarrollar nuevos estudios para determinar la confiabilidad, la variabilidad inter e intraobservador. Sin embargo, cabe decir que las variables estabilométricas son determinadas por fórmulas matemáticas preestablecidas, las cuales son calculadas por el software acoplado al sensor, lo que disminuye la probabilidad de sesgos dependientes del operador. Además, existen algunos factores que podrían modificar los resultados del test; entre ellos, la colaboración, la disposición y la fatiga del paciente durante el desarrollo de la prueba. Dada la gran variabilidad de condiciones asociadas a la parálisis cerebral, con frecuencia se pueden presentar dificultades en el seguimiento instruccional o en la colaboración del paciente en la realización de la prueba. Estudios previos han realizado pruebas de validez y reproducibilidad de la estabilometría en niños y adolescentes sanos y en paciente con otras patologías (Barozzi et al., 2014). Se hace necesario desarrollar líneas de investigación que determinen las propiedades clinimétricas de la estabilometría en niños con parálisis cerebral. Futuras investigaciones podrían incluir

pacientes con otros niveles funcionales y otros tipos de parálisis cerebral, incluyendo las variedades atáxicas, distónicas e hipotónicas.

8. Conclusiones

La estabilometría es un método de valoración instrumental que se correlaciona significativamente con algunas pruebas clínicas para valoración del equilibrio en niños con parálisis cerebral. La estabilometría es una prueba sensible, de fácil aplicación y altamente reproducible, de forma que a futuro podría constituirse en el gold standard para valoración de las alteraciones del equilibrio, determinación de cambios significativos secundarios a las intervenciones terapéuticas y seguimientos en este grupo poblacional o con otras patologías neuro-osteo-musculares.

Es necesario ampliar la investigación con esta prueba para tener grupos poblacionales más grandes de las patologías más frecuentes y así poder identificar qué variables pueden ser más útiles en el diagnóstico, evaluación y seguimiento de los pacientes.

9. Consideraciones Éticas

Este estudio se registrará por lo establecido en la resolución N° 008430 de 1993 del Ministerio de Salud, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. Además, acatará los principios de la declaración de Helsinki, del reporte Belmont, las normas Internacionales de CIOMS y el Código de Nuremberg.

En este caso, el diseño retrospectivo del estudio es categorizado como un estudio sin riesgo, en el cual no habrá ninguna intervención ni contacto directo sobre los pacientes, no se hará modificaciones de sus variables fisiológicas ni se identificarán durante la realización del estudio y tiene como fin absoluto la generación del conocimiento médico para optimizar las intervenciones en salud.

La recolección y análisis de la información iniciará cuando este estudio sea autorizado por los comités de ética de las instituciones involucradas y por tratarse de una investigación sin riesgo no será necesaria la utilización de consentimiento informado.

Los datos específicos de la historia clínica se tratarán de acuerdo a su carácter confidencial y personal y no se requerirá la identificación puntual de los pacientes. Las bases de datos generadas se manejarán con total privacidad y serán utilizadas exclusivamente para los fines académicos de este estudio.

Se aclara que no hay ningún conflicto de interés por parte de los investigadores en este proyecto.

10 Anexos

1. Siglas de variables estabilométricas y clínicas utilizadas

RMLOE	Rango Medio Lateral Ojos Abiertos
RMLCE	Rango Medio Lateral Ojos Cerrados
RAPOE	Rango Antero Posterior Ojos Abiertos
RAPCE	Rango Antero Posterior Ojos Cerrados
RDMLOE	Desplazamiento Radial Medio Lateral Ojos Abiertos
RDMLCE	Desplazamiento Radial Medio Lateral Ojos Cerrados
RDAPOE	Desplazamiento Radial Antero Posterior Ojos Abiertos
RDAPCE	Desplazamiento Radial Antero Posterior Ojos Cerrados
GSOE	Velocidad Global Ojos Abiertos
GSCE	Velocidad Global Ojos Cerrados
MLSOE	Velocidad Medio Lateral Ojos Abiertos
MLSCE	Velocidad Medio Lateral Ojos Cerrados
APSOE	Velocidad Antero Posterior Ojos Abiertos
APSCE	Velocidad Antero Posterior Ojos Cerrados
DOE	Distancia Ojos Abiertos
DCE	Distancia Ojos Cerrados
SDMLOE	Desviación estándar medio lateral ojos abiertos
SDMLCE	Desviación estándar medio lateral ojos Cerrados
SDAPOE	Desviación estándar Antero Posterior ojos abiertos
SDAPCE	Desviación estándar Antero Posterior ojos cerrados
SAROE	Área Por Segundo Ojos Abiertos
SARCE	Área Por Segundo Ojos Cerrados
LEAOE	Área elipse izquierda Ojos Abiertos
LEACE	Área elipse izquierda Ojos Cerrados
GEOE	Elipse Global Ojos Abiertos
GECE	Elipse Global Ojos Cerrados
REAOE	Área elipse Derecha Ojos Abiertos
RERCE	Área elipse Derecha Ojos Cerrados

E	Edad
EI	Índice de Espasticidad
HAL	Angulo Abducción Cadera Izquierda
HAR	Angulo Abducción Cadera Derecha
PAR	Angulo Poplíteo Derecho
PAL	Angulo Poplíteo Izquierdo
DR	Angulo Dorsiflexion Derecha
DL	Angulo Dorsiflexion Izquierda
SMT	Testa de Marcha en 6 Minutos
SLR	Equilibrio Monopodal Derecho
SLL	Equilibrio Monopodal Izquierdo
BMST	Estándar Basic Move Scale (PODCI)
SPST	Estándar Sport Physical Scale (PODCI)

Bibliografía.

- Almutairi, A., Cochrane, G. D., & Christy, J. B. (2019). Vestibular and oculomotor function in children with CP: Descriptive study. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, *119*, 15-21. doi:10.1016/j.ijporl.2018.12.038
- Andersson, C., Asztalos, L., & Mattsson, E. (2006). Six-minute walk test in adults with cerebral palsy. A study of reliability. *Clin Rehabil*, *20*(6), 488-495. doi:10.1191/0269215506cr964oa
- Balbaloglu, O., Basaran, A., & Ayoglu, H. (2011). Functional outcomes of multilevel botulinum toxin and comprehensive rehabilitation in cerebral palsy. *J Child Neurol*, *26*(4), 482-487. doi:10.1177/0883073810384868
- Barozzi, S., Soggi, M., Soi, D., Di Bernardino, F., Fabio, G., Forti, S., Cesarani, A. (2014). Reliability of postural control measures in children and young adolescents. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, *271*(7), 2069-2077. doi:10.1007/s00405-014-2930-9
- Bickley, C., Linton, J., Sullivan, E., Mitchell, K., Slota, G., & Barnes, D. (2019). Comparison of simultaneous static standing balance data on a pressure mat and force plate in typical children and in children with cerebral palsy. *Gait Posture*, *67*, 91-98. doi:10.1016/j.gaitpost.2018.08.012
- Bourelle, S., Berge, B., Gautheron, V., & Cottalorda, J. (2010). Computerized static posturographic assessment after treatment of equinus deformity in children with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop B*, *19*(3), 211-220. doi:10.1097/BPB.0b013e32832e957a
- Butland, R. J., Pang, J., Gross, E. R., Woodcock, A. A., & Geddes, D. M. (1982). Two-, six-, and 12-minute walking tests in respiratory disease. *Br Med J (Clin Res Ed)*, *284*(6329), 1607-1608.
- Daltroy, L. H., Liang, M. H., Fossel, A. H., & Goldberg, M. J. (1998). The POSNA pediatric musculoskeletal functional health questionnaire: report on reliability, validity, and sensitivity to change. Pediatric Outcomes Instrument Development Group. Pediatric Orthopaedic Society of North America. *J Pediatr Orthop*, *18*(5), 561-571.
- Dewar, R., Claus, A. P., Tucker, K., Ware, R. S., & Johnston, L. M. (2019). Reproducibility of the Kids Balance Evaluation Systems Test (Kids-BESTest) and the Kids-Mini-BESTest for children with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil*. doi:10.1016/j.apmr.2018.12.021
- Fragala-Pinkham, M. A., Dumas, H. M., Barlow, C. A., & Pasternak, A. (2009). An aquatic physical therapy program at a pediatric rehabilitation hospital: a case series. *Pediatr Phys Ther*, *21*(1), 68-78. doi:10.1097/PEP.0b013e318196eb37
- Francis, H. P., Wade, D. T., Turner-Stokes, L., Kingswell, R. S., Dott, C. S., & Coxon, E. A. (2004). Does reducing spasticity translate into functional benefit? An exploratory meta-analysis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, *75*(11), 1547-1551. doi:10.1136/jnnp.2003.025551
- Geiger, R., Strasak, A., Treml, B., Gasser, K., Kleinsasser, A., Fischer, V., . . . Stein, J. I. (2007a). Six-minute walk test in children and adolescents. *J Pediatr*, *150*(4), 395-399. doi:10.1016/j.jpeds.2006.12.052
- Geiger, R., Strasak, A., Treml, B., Gasser, K., Kleinsasser, A., Fischer, V., . . . Stein, J. I. (2007b). Six-minute walk test in children and adolescents. *J Pediatr*, *150*(4), 395-399. doi:10.1016/j.jpeds.2006.12.052
- Gulmans, V. A., van Veldhoven, N. H., de Meer, K., & Helders, P. J. (1996). The six-minute walking test in children with cystic fibrosis: reliability and validity. *Pediatr Pulmonol*, *22*(2), 85-89. doi:10.1002/(sici)1099-0496(199608)22:2<85::aid-ppul1>3.0.co;2-i

- Horak, F. B., Wrisley, D. M., & Frank, J. (2009). The Balance Evaluation Systems Test (BESTest) to differentiate balance deficits. *Phys Ther*, 89(5), 484-498. doi:10.2522/ptj.20080071
- Keenan, W. N., Rodda, J., Wolfe, R., Roberts, S., Borton, D. C., & Graham, H. K. (2004). The static examination of children and young adults with cerebral palsy in the gait analysis laboratory: technique and observer agreement. *J Pediatr Orthop B*, 13(1), 1-8.
- Kim, G., Ferdjallah, M., & Harris, G. F. (2009). Fast computational analysis of sway area using center of pressure data in normal children and children with cerebral palsy. *American Journal of Biomedical Sciences*, 1(4), 364-372.
- Li, A. M., Yin, J., Yu, C. C., Tsang, T., So, H. K., Wong, E., . . . Sung, R. (2005). The six-minute walk test in healthy children: reliability and validity. *Eur Respir J*, 25(6), 1057-1060. doi:10.1183/09031936.05.00134904
- Maher, C. A., Williams, M. T., & Olds, T. S. (2008). The six-minute walk test for children with cerebral palsy. *Int J Rehabil Res*, 31(2), 185-188. doi:10.1097/MRR.0b013e32830150f9
- McDowell, B. C., Humphreys, L., Kerr, C., & Stevenson, M. (2009). Test-retest reliability of a 1-min walk test in children with bilateral spastic cerebral palsy (BSCP). *Gait Posture*, 29(2), 267-269. doi:10.1016/j.gaitpost.2008.09.010
- Montes, J., McDermott, M. P., Martens, W. B., Dunaway, S., Glanzman, A. M., Riley, S., . . . Finkel, R. S. (2010). Six-Minute Walk Test demonstrates motor fatigue in spinal muscular atrophy. *Neurology*, 74(10), 833-838. doi:10.1212/WNL.0b013e3181d3e308
- Mutlu, A., Livanelioglu, A., & Gunel, M. K. (2007). Reliability of goniometric measurements in children with spastic cerebral palsy. *Med Sci Monit*, 13(7), Cr323-329.
- Nagymáté, G., Orlovits, Z., & Kiss, R. M. (2018). Reliability analysis of a sensitive and independent stabilometry parameter set. In *PLoS One* (Vol. 13).
- Norman, J. F., Bossman, S., Gardner, P., & Moen, C. (2004). Comparison of the energy expenditure index and oxygen consumption index during self-paced walking in children with spastic diplegia cerebral palsy and children without physical disabilities. *Pediatr Phys Ther*, 16(4), 206-211. doi:10.1097/01.PEP.0000145930.84009.23
- Organization., W. H. (2001). *Clasificación internacional del funcionamiento de la discapacidad y de la salud: CIF: versión abreviada*.
- Palisano, R., Rosenbaum, P., Bartlett, D., & Livingston, M. (2007). Clasificación de la Función Motora Gruesa Extendida y Revisada. *Recuperado de: <http://motorgrowth.canchild.ca/en/GMFCS/resources/GMFCS-ER-Spanish.pdf>*.
- Palisano, R., Rosenbaum, P., Walter, S., Russell, D., Wood, E., & Galuppi, B. (1997). Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 39(4), 214-223.
- Palisano, R. J., Rosenbaum, P., Bartlett, D., & Livingston, M. H. (2008). Content validity of the expanded and revised Gross Motor Function Classification System. *Dev Med Child Neurol*, 50(10), 744-750. doi:10.1111/j.1469-8749.2008.03089.x
- Pavao, S. L., Dos Santos, A. N., de Oliveira, A. B., & Rocha, N. A. (2014). Functionality level and its relation to postural control during sitting-to-stand movement in children with cerebral palsy. *Res Dev Disabil*, 35(2), 506-511. doi:10.1016/j.ridd.2013.11.028
- Pavao, S. L., Nunes, G. S., Santos, A. N., & Rocha, N. A. (2014). Relationship between static postural control and the level of functional abilities in children with cerebral palsy. *Braz J Phys Ther*, 18(4), 300-307.
- Rose, J., Medeiros, J. M., & Parker, R. (1985). Energy cost index as an estimate of energy expenditure of cerebral-palsied children during assisted ambulation. *Dev Med Child Neurol*, 27(4), 485-490.
- Rosenbaum, P., Paneth, N., Leviton, A., Goldstein, M., Bax, M., Damiano, D., . . . Jacobsson, B. (2007). A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Dev Med Child Neurol Suppl*, 109, 8-14.

- Sibley, K. M., Beauchamp, M. K., Van Ooteghem, K., Paterson, M., & Wittmeier, K. D. (2017). Components of Standing Postural Control Evaluated in Pediatric Balance Measures: A Scoping Review. *Arch Phys Med Rehabil*, *98*(10), 2066-2078.e2064. doi:10.1016/j.apmr.2017.02.032
- Sibley, K. M., Beauchamp, M. K., Van Ooteghem, K., Straus, S. E., & Jaglal, S. B. (2015). Using the systems framework for postural control to analyze the components of balance evaluated in standardized balance measures: a scoping review. *Arch Phys Med Rehabil*, *96*(1), 122-132.e129. doi:10.1016/j.apmr.2014.06.021
- Solway, S., Brooks, D., Lacasse, Y., & Thomas, S. (2001). A qualitative systematic overview of the measurement properties of functional walk tests used in the cardiorespiratory domain. *Chest*, *119*(1), 256-270.
- Vališ, M., Dršata, J., Kalfeřt, D., Semerák, P., & Kremláček, J. (2012). Computerised static posturography in neurology. In *Open Medicine* (Vol. 7, pp. 317).
- Westcott McCoy, S., Yocum, A., Bartlett, D. J., Mendoza, J., Jeffries, L., Chiarello, L., & Palisano, R. J. (2012). Development of the Early Activity Scale for Endurance for children with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther*, *24*(3), 232-240. doi:10.1097/PEP.0b013e31825c16f6
- Wolff, D. R., Rose, J., Jones, V. K., Bloch, D. A., Oehlert, J. W., & Gamble, J. G. (1998). Postural balance measurements for children and adolescents. *J Orthop Res*, *16*(2), 271-275. doi:10.1002/jor.1100160215
- Wren, T. A., Sheng, M., Bowen, R. E., Scaduto, A. A., Kay, R. M., Otsuka, N. Y., . . . Chan, L. S. (2008). Concurrent and discriminant validity of Spanish language instruments for measuring functional health status. *J Pediatr Orthop*, *28*(2), 199-212. doi:10.1097/BPO.0b013e318165216d