

Efecto en la Biomecánica de la Marcha del Entrenamiento con un Dispositivo Tecnológico en Niños con Parálisis Cerebral Espástica: Estudio Piloto

Myriam Fernanda Arbeláez

Asesor de tesis: Prof. Rosy Paola Cárdenas
Modalidad: artículo científico

Maestría en Ciencias de la Rehabilitación
Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud



Fecha de defensa: 12/03/2020

Contenidos

- Antecedentes
- Problema
- Marco de referencia
- Pregunta de investigación
- Objetivos
- Metodología
- Análisis de datos
- Resultados
- Implicaciones clínicas
- Limitaciones del estudio

Parálisis Cerebral

Grupo de trastornos permanentes del desarrollo del movimiento y la postura, que causan limitaciones en la actividad y son atribuidos a alteraciones no progresivas ocurridas en el desarrollo cerebral del feto



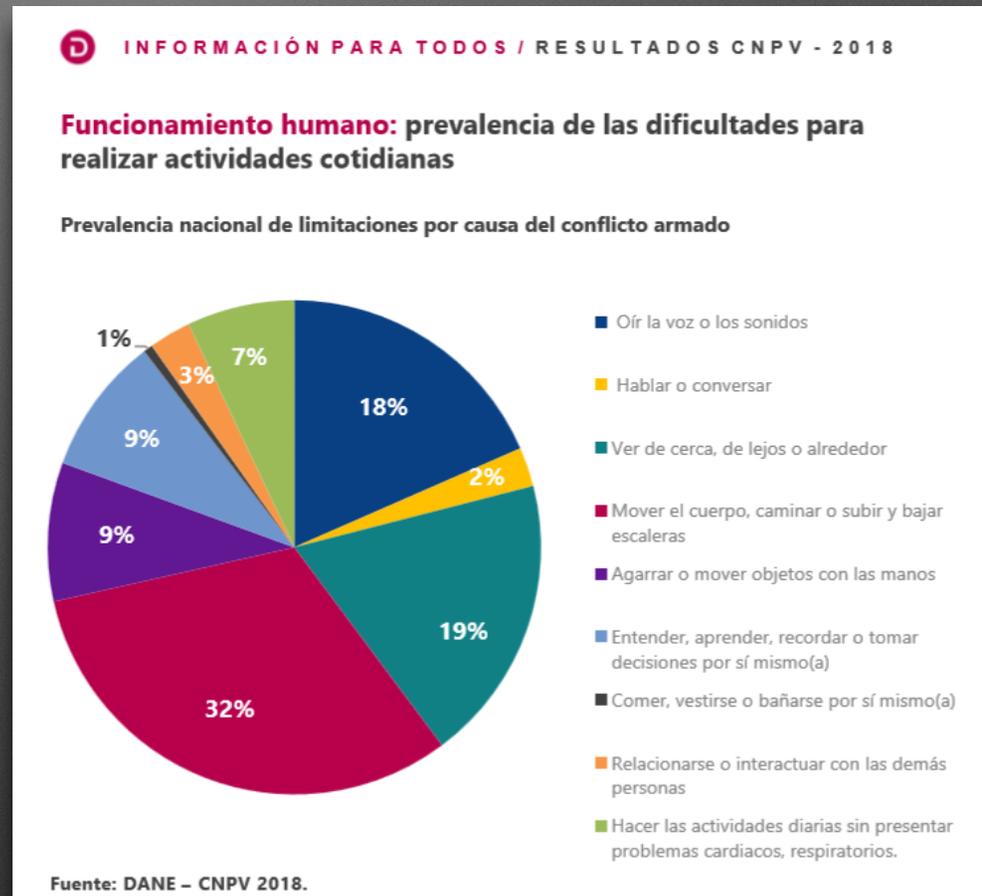
3.6 por cada 1000 nacidos vivos en EEUU

(Oskoui , 2013)

En Colombia

7.2% población general:
dificultad para realizar
actividades cotidianas

32% mover, caminar o subir y
bajar escaleras



En Colombia

D INFORMACIÓN PARA TODOS / RESULTADOS CNPV - 2018

Causa de la dificultad que más afecta el desempeño diario, 2018^{Pr}

Dificultad	Causa que ocasiona la dificultad que más afecta el desempeño diario								
	Enfermedad	Edad avanzada	Nació así	Otro tipo de accidente	Accidente laboral/Enfermedad Prof.	Conflicto armado	Violencia NO asociada al conflicto armado	Otra causa	No sabe
Caminar	51,0%	21,9%	6,3%	10,3%	6,5%	0,7%	0,4%	2,0%	1,1%
Ver	43,3%	32,5%	7,9%	3,6%	3,2%	0,4%	0,2%	3,8%	5,0%
Oír	30,1%	36,5%	14,8%	4,7%	5,7%	1,1%	0,2%	2,8%	4,0%
Entender, recordar	32,6%	11,7%	43,8%	3,8%	1,5%	0,8%	0,4%	3,4%	2,1%
Agarrar o mover objetos con las manos	45,4%	9,1%	6,0%	15,2%	18,2%	1,0%	0,8%	2,4%	1,9%
Hablar	29,3%	3,0%	55,7%	3,2%	1,7%	0,3%	0,2%	3,7%	2,8%
Problemas cardiacos o respiratorios	62,9%	19,9%	7,5%	1,7%	2,4%	0,5%	0,2%	3,2%	1,9%
Relacionarse	37,2%	3,9%	39,4%	3,5%	2,1%	1,9%	1,1%	7,3%	3,7%
Comer, vestirse, bañarse	41,3%	17,1%	18,7%	5,8%	2,6%	0,5%	0,3%	10,7%	3,0%

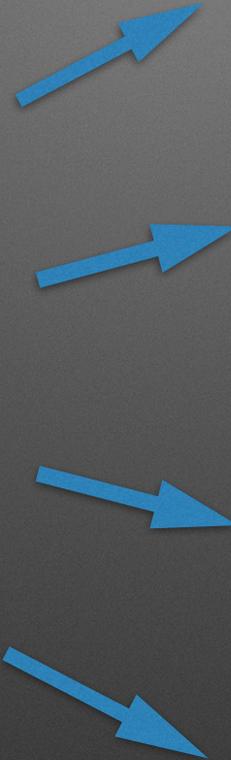
Pr: Preliminar
Fuente: DANE. Censos y Demografía

70.048

Tomado de: DANE. Censo Nacional de Población y Vivienda, 2018



Fuente: archivo personal



Relación con el ambiente
(Schiariti, 2014)

Participación
(Tan et al, 2016)

Calidad de vida de su familia y/o cuidadores
(Glinac, 2017)

Beneficios funcionales, fisiológicos y psicológicos
(Wart, 2016)

Marcha y Tecnología en RHB



Fuente: archivo personal



Fuente: archivo personal



<http://neurorhbuam.blogspot.com/2012/03/articulos-de-tecnologia-y.html>



<https://www.youtube.com/watch?v=4Xz7nO8Mful>

Alta tecnología: tecnología compleja y costosa (Jennett, 1984)

Demandas reales, rol del individuo (Wiat et al, 2016)

Evaluar la relación entre los recursos consumidos y los resultados obtenidos

(Guía para la evaluación de tecnologías en salud en instituciones de servicios de salud, Ministerio de Protección Social, 2011)

Problema

No existe en Colombia una herramienta tecnológica que promueva un mayor acceso: costo y complejidad

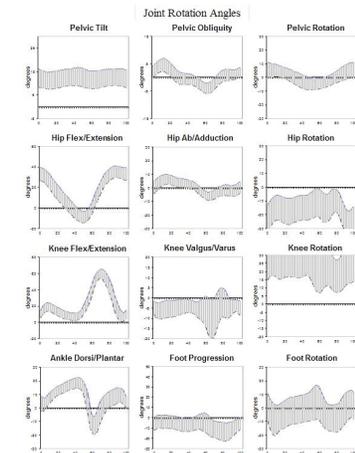
Variabilidad de la marcha según edad, estatura, peso, características étnicas y antropométricas

Variación de la Marcha de Acuerdo a la Edad en Población Infantil Colombiana



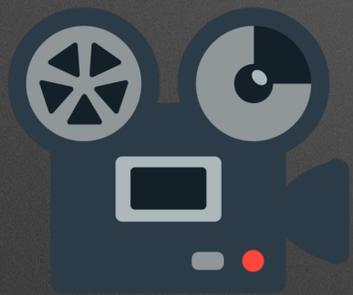
4 a 6 años

Movisys



Autorizado por
Movisys

Turriago et al, 2018



Pregunta de investigación

¿Existen cambios en los parámetros espacio-temporales y las variables cinemáticas y cinéticas de la marcha en niños con parálisis cerebral espástica nivel funcional GMFCS II, quienes reciben un entrenamiento en marcha con una herramienta tecnológica que proyecta referencias visuales en el entorno ajustada a los patrones de marcha de la población infantil colombiana?



Fuente: archivo personal

CIENCIAS DE LA REHABILITACIÓN

Modelo de Capacidades
Humanas
Amartya Sen

Principio de Justicia
Rawls

Objetivo General

Determinar el efecto del entrenamiento en marcha con un sistema tecnológico con referencias visuales proyectadas en el entorno ajustado a los patrones de la marcha normal de la población infantil colombiana, en los parámetros espacio-temporales de la marcha: longitud de paso y velocidad, en las variables cinemáticas y cinéticas en el plano sagital en cadera, rodilla y tobillo, en niños con parálisis cerebral espástica entre 4 y 6 años con GMFCS nivel II

Objetivos específicos

1. Describir las características clínicas y antropométricas de la muestra
2. Comparar las variables espacio-temporales, cinemáticas y cinéticas de la marcha pre y pos intervención
3. Comparar la velocidad de la marcha con y sin el estímulo visual a lo largo de la intervención terapéutica

METODOLOGÍA

FASES:

1. Diseño y elaboración de la herramienta tecnológica DCU
2. ESTUDIO PILOTO: diseño cuasiexperimental pretest posttest

1. Diseño Centrado en el Usuario

- Entrevistas no estructuradas a usuarios entre 5 y 19 años con PC (9)
- Diseño de prototipos
- Entrevistas a madres (4)
- Entrevistas a expertos (2)
- Iteraciones



http://psicologiaypedagogiares.com/?page_id=6421

Teorías de aprendizaje y control motor

Motivación

(Ryan , 2000)

**Teoría de los
Sistemas
dinámicos**

(Shumway-Cook, 2012)

Realimentación

(Bartonek, 2016)



Motivación

(Ryan . 2000)

La teoría de la autodeterminación explica como la motivación intrínseca hace que un estímulo resulte interesante o agradable para el niño y la motivación extrínseca conduce a un resultado deseable

Teoría de los Sistemas dinámicos

(Shumway-Cook, 2012)

Relación bidireccional del individuo con su entorno, donde el niño responde ante las demandas del medio y este medio realimenta el comportamiento motor, influenciado por elementos básicos para el aprendizaje tales como la motivación y la práctica repetitiva

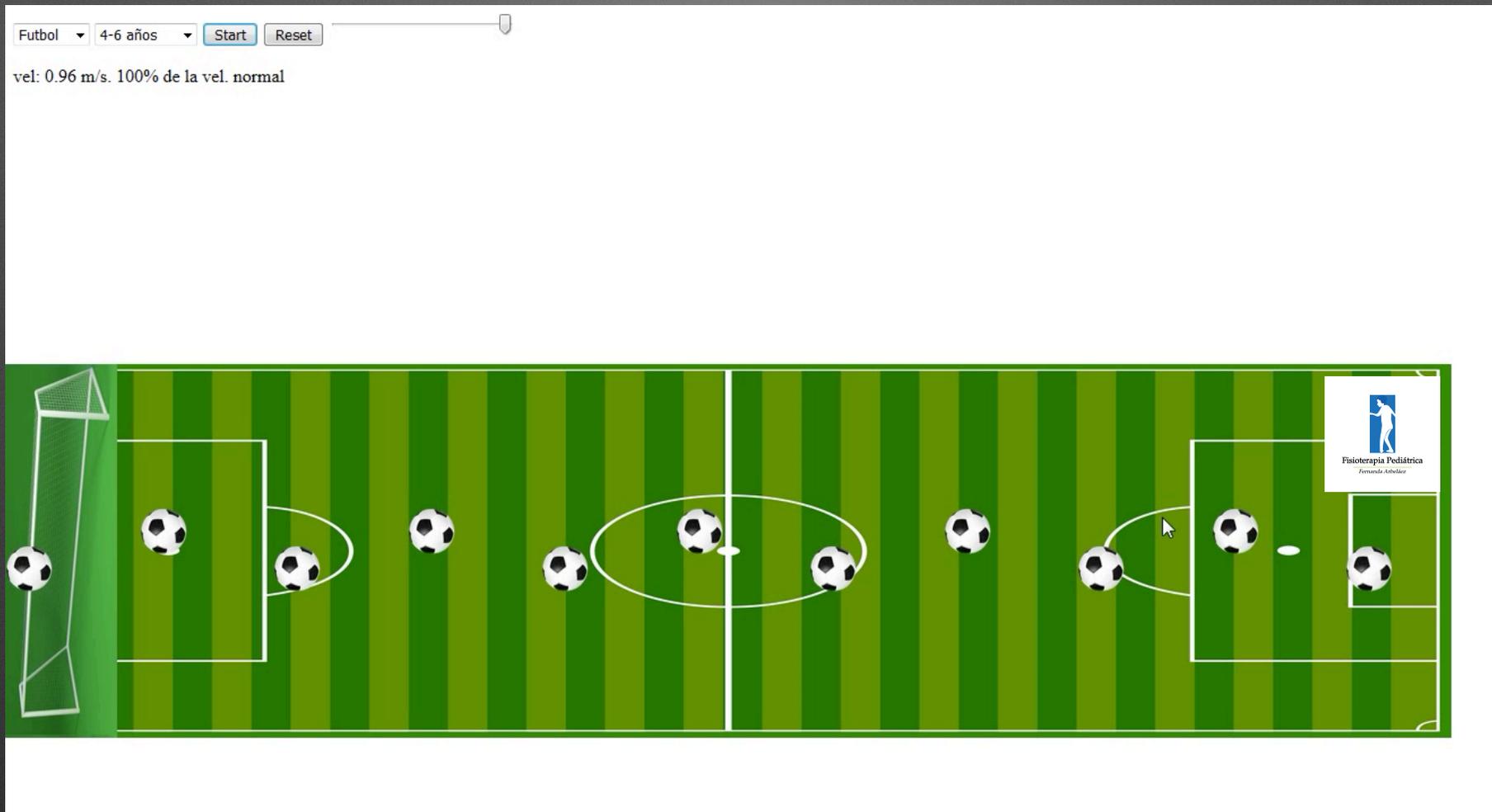


Realimentación

(Bartonek, 2016)

Información interna y externa que recibe el individuo a través de los sistemas sensoriales como resultado de la producción del movimiento con respecto a sus objetivos y la información sobre el error

Herramienta Tecnológica de Bajo Costo



Porqué bajo costo?

- Valor de oportunidad para usar un recurso, costo-efectividad (HTA) Culyer et al, 2012
- Espacio de 4.4 metros
- Proyector
- Aplicación
- Computador con conexión internet
- No requiere entrenamiento: herramienta sencilla e intuitiva

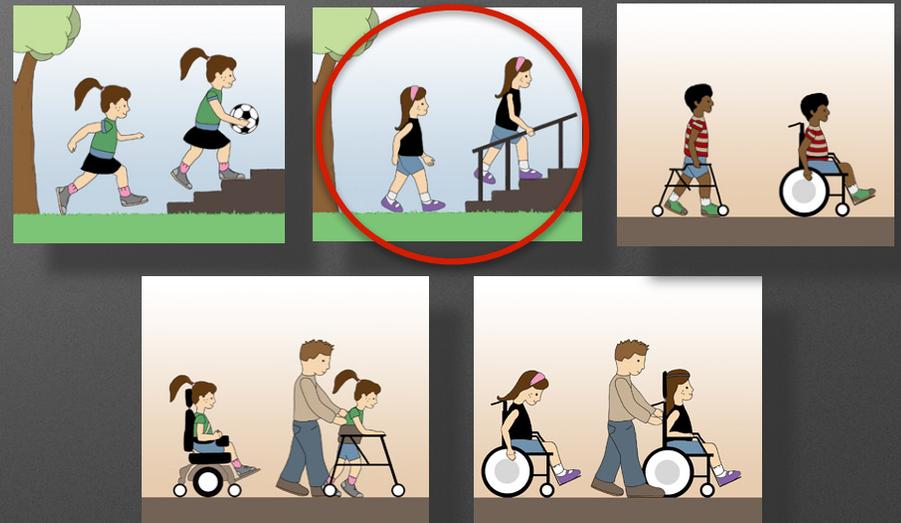
2. ESTUDIO PILOTO

Diseño cuasiexperimental pretest posttest

Población

- Niños con Dx de PC espástica 4 y 6 años
- Nivel funcional II (marcha domiciliaria y comunitaria sin ayudas externas)
- Consulta de Neuro-ortopedia
- Muestreo a conveniencia
- No asistieran a la consulta del investigador
- Prueba de verificación de condiciones visoperceptivas y comprensión y seguimiento de órdenes sencillas
- Firma de consentimiento informado

65% GMFCS I y II (Wiat, 2016)



GMFCS
Gross Motor Function Classification System
Palisano et al, 1997

Población

Criterios de exclusión:

- Déficits visuales, auditivos o cognitivos que afectaran su desempeño durante el entrenamiento
- Parálisis cerebral mixta (espasticidad y distonía)
- Epilepsia no controlada
- Aplicación de toxina botulínica, cirugía ortopédica o neurocirugía funcional en los últimos 6 meses
- Complicaciones neuro-ortopédicas que afectaran significativamente la marcha como luxación o subluxación de cadera

Consideraciones Éticas

Comité de Ética de la Universidad del Rosario el 23 de mayo de 2019, a través del acta 005758-CV 1072

Niños: “sujetos de especial protección constitucional” Convención Americana sobre los Derechos Humanos (1969) Convención sobre los Derechos del Niño (1989)

1. Manejo de datos: Ley de Habeas Data (artículo 4 de la ley 1581 del 2012, y el decreto 090 de 2018 en datos personales , datos clínicos y videos capturados)

2. Vulnerabilidad: Niños con PC (población especial en investigación biomédica)

- Principio de beneficencia no maleficencia, justicia y autonomía
- Consentimiento informado. Acompañados por un adulto, ropa adecuada

3. Riesgo-beneficio de la investigación: Riesgo mínimo (Resolución 8430 de 1993 , Ministerio de Salud)

Riesgos: caídas, fatiga, frustración. Lugar habilitado por la Secretaría de Salud de Bogotá, Protocolo de seguridad del paciente

4. Ética de las publicaciones:

Agradecimientos a Movisys SAS

Variables

VARIABLE	INSTRUMENTO	UNIDAD
Parámetros espacio-temporales de la marcha: 1. Velocidad MID - MI Izq 2. Longitud de paso MID - MI izq	Valoración biomecánica de la marcha <u>en</u> <u>3D</u> pretest- postest (test de consistencia: 3 tomas)	1. Metros/ segundo 2. Metros
Variables cinemáticas plano sagital: 1. Cadera 2. Rodilla 3. Tobillo	Valoración biomecánica de la marcha <u>en</u> <u>3D</u> pretest- postest (test de consistencia: 3 tomas)	ROM (grados)
Variables cinéticas: 1. Momentos articulares 2. Potencia	Valoración biomecánica de la marcha pretest- postest (test de consistencia: 3 tomas)	1. Newton/ milímetro 2. Watts
1. Velocidad de la marcha autodeterminada 2. Velocidad de la marcha con la herramienta	1. 3 videos a velocidad autodeterminada 2. 3 videos con la herramienta en cada sesión Programa Kinovea	Metros/ segundo

Diseño



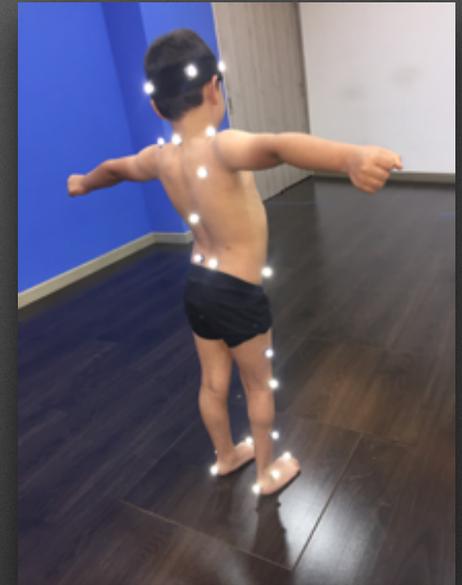
Fuente: archivo personal

Valoración pretest
Lab con experiencia



Fuente: archivo personal

Entrenamiento
Investigador



Fuente: archivo personal

Valoración posttest
Lab con experiencia

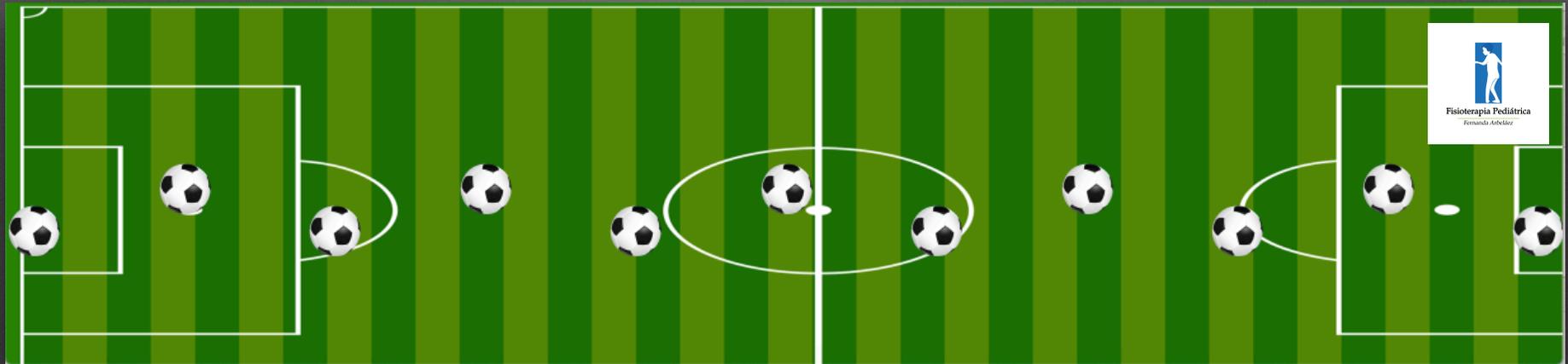
Entrenamiento

- 10 sesiones, 15 minutos de duración, 5 veces por semana Park,2016
- Sin calzado y sin ortesis
- Mínimas indicaciones verbales
- Entorno a elección
- Captura de videos a velocidad autodeterminada y durante el entrenamiento



Fuente: archivo personal

Entrenamiento



Fuente: archivo personal

- Rango y velocidad: según valoración pretest
- Sesión 1: familiarización con la herramienta
- Modificaciones: sesiones 4 y 7
- Incremento de velocidad, cambio de rango
- Diario de campo

Análisis de los Datos

- Estadística descriptiva
- Cálculo de media y Ds
- Valor de cambio porcentual

Resultados

Participantes

	Género	Edad (años, meses)	Diagnóstico	Peso (kg)	Talla (mm)	Terapia	Ortesis
Participante 1	F	4, 10	Hemiparesia izquierda	24.3	1075	No	No
Participante 2	F	5, 10	Hemiparesia derecha	26.5	1150	No	No
Participante 3	M	5, 11	Hemiparesia derecha	21.9	1115	No	No

Parámetros del Entrenamiento

Valoración pretest



N° sesión	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P1	Rango de 4 a 6 años de edad, Velocidad al 90%	Rango de 4 a 6 años de edad, Velocidad al 90%	Rango de 4 a 6 años de edad, Velocidad al 90%	Rango de 4 a 6 años de edad, Velocidad al 100%	Rango de 4 a 6 años de edad, Velocidad al 100%	Rango de 4 a 6 años de edad, Velocidad al 100%	Rango de 6 a 8 años de edad, Velocidad al 90%	Rango de 6 a 8 años de edad, Velocidad al 90%	Rango de 6 a 8 años de edad, Velocidad al 90%	Rango de 6 a 8 años de edad, Velocidad al 90%
P2	Rango de 6 a 8 años de edad, Velocidad al 70%	Rango de 6 a 8 años de edad, Velocidad al 70%	Rango de 6 a 8 años de edad, Velocidad al 90%	Rango de 6 a 8 años de edad, Velocidad al 90%	Rango de 6 a 8 años de edad, Velocidad al 90%	Rango de 6 a 8 años de edad, Velocidad al 100%	Rango de 6 a 8 años de edad, Velocidad al 100%	Rango de 6 a 8 años de edad, Velocidad al 100%	Rango de 8 a 10 años de edad, Velocidad al 90%	Rango de 8 a 10 años de edad, Velocidad al 90%
P3	Rango de 4 a 6 años de edad, Velocidad al 70%	Rango de 4 a 6 años de edad, Velocidad al 70%	Rango de 4 a 6 años de edad, Velocidad al 70%	Rango de 4 a 6 años de edad, Velocidad al 90%	Rango de 4 a 6 años de edad, Velocidad al 90%	Rango de 4 a 6 años de edad, Velocidad al 90%	Rango de 6 a 8 años de edad, Velocidad al 80%	Rango de 6 a 8 años de edad, Velocidad al 80%	Rango de 6 a 8 años de edad, Velocidad al 80%	Rango de 6 a 8 años de edad, Velocidad al 80%

1. Parámetros espacio-temporales

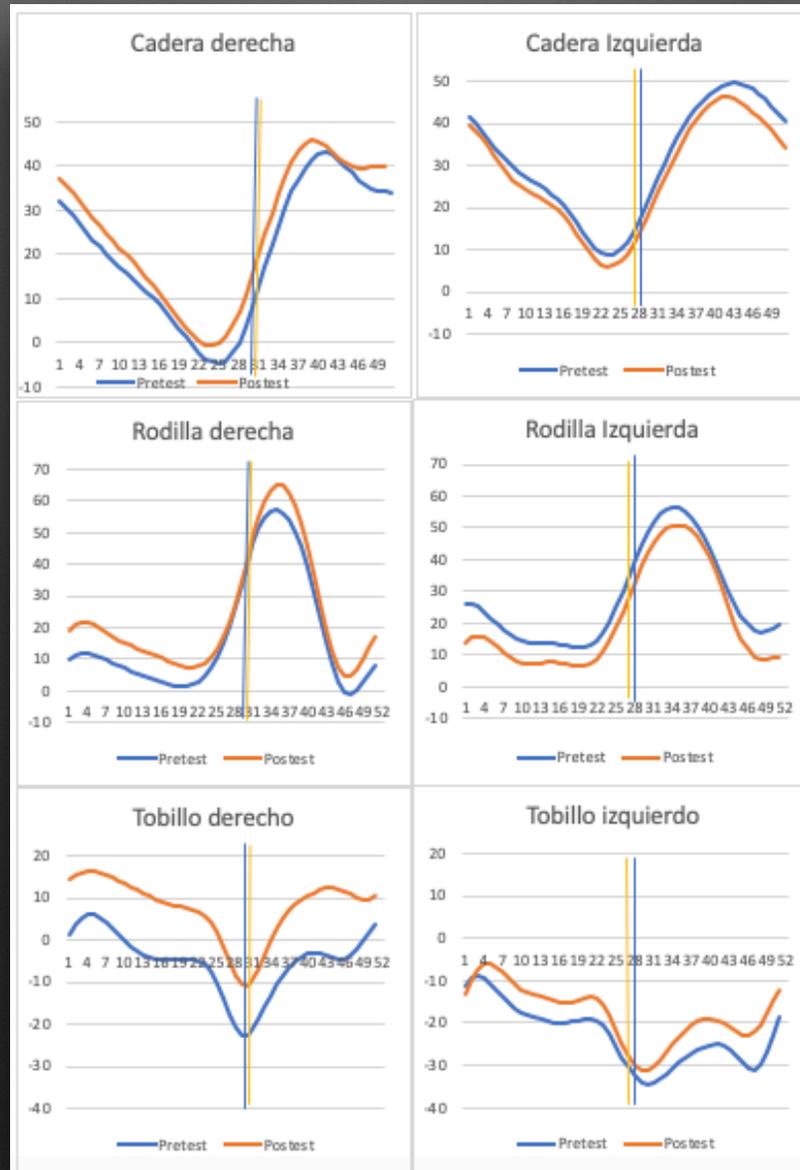
		Velocidad MID (m/seg)		Velocidad MI Izq (m/seg)		Longitud de paso Der (m)		Longitud de paso Izq (m)	
		Pretest	Postest	Pretest	Postest	Pretest	Postest	Pretest	Postest
P1	Media	0.91	0.93	0.95	0.96	0.34	0.38	0.36	0.38
	(Ds)	0.03	0.1	0.07	0.03	0.02	0.06	0.03	0.04
	Cambio porcentual	2.2%		1.05%		11.76%		5.55%	
P2	Media	1.09	1.04	1.05	1.03	0.47	0.44	0.45	0.5
	(Ds)	0.06	0.01	0.08	0.04	0.01	0.03	0.04	0.02
	Cambio porcentual	-4.58%		-1.94%		-6.38%		11.11%	
P3	Media	0.68	0.81	0.68	0.76	0.32	0.37	0.28	0.34
	(Ds)	0.04	0.04	0.02	0.06	0.04	0.03	0.03	0.02
	Cambio porcentual	19.11%		11.76%		15.62%		21.42%	

Asimetría en Longitud de paso P2 y P3

2. Variables cinemáticas

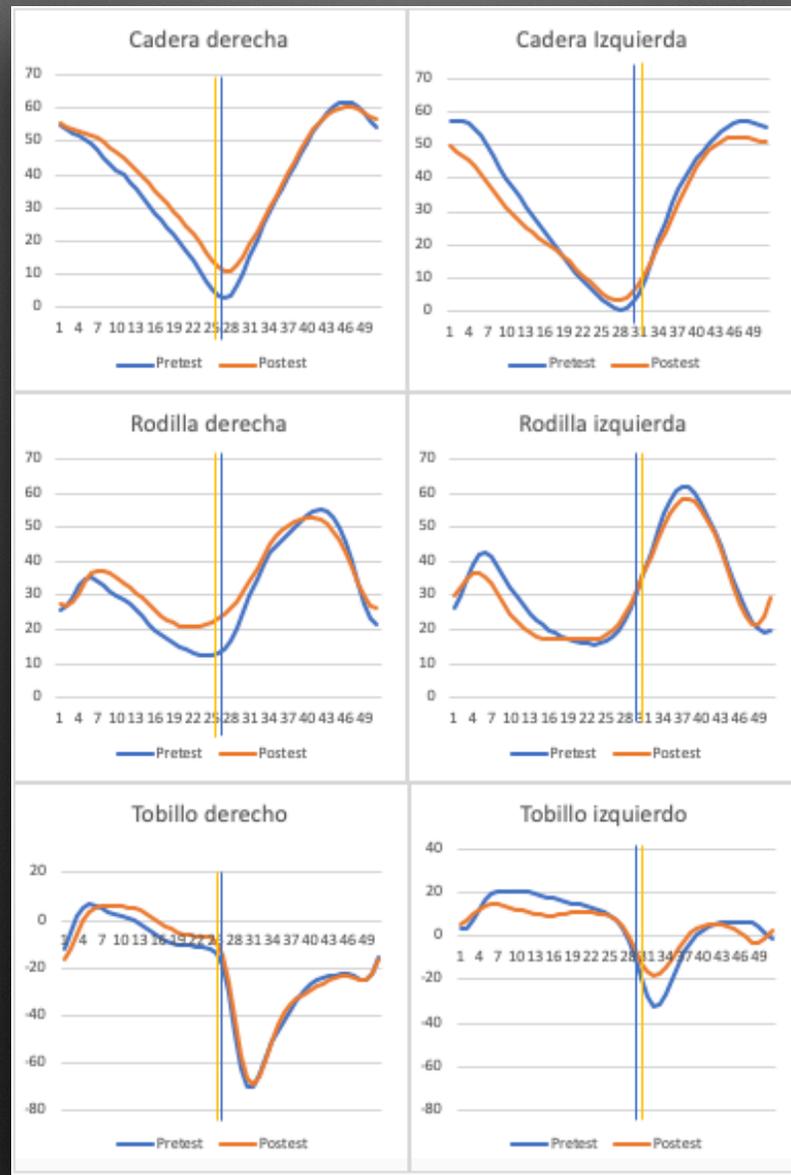
P 1

Hemiparesia espástica izquierda



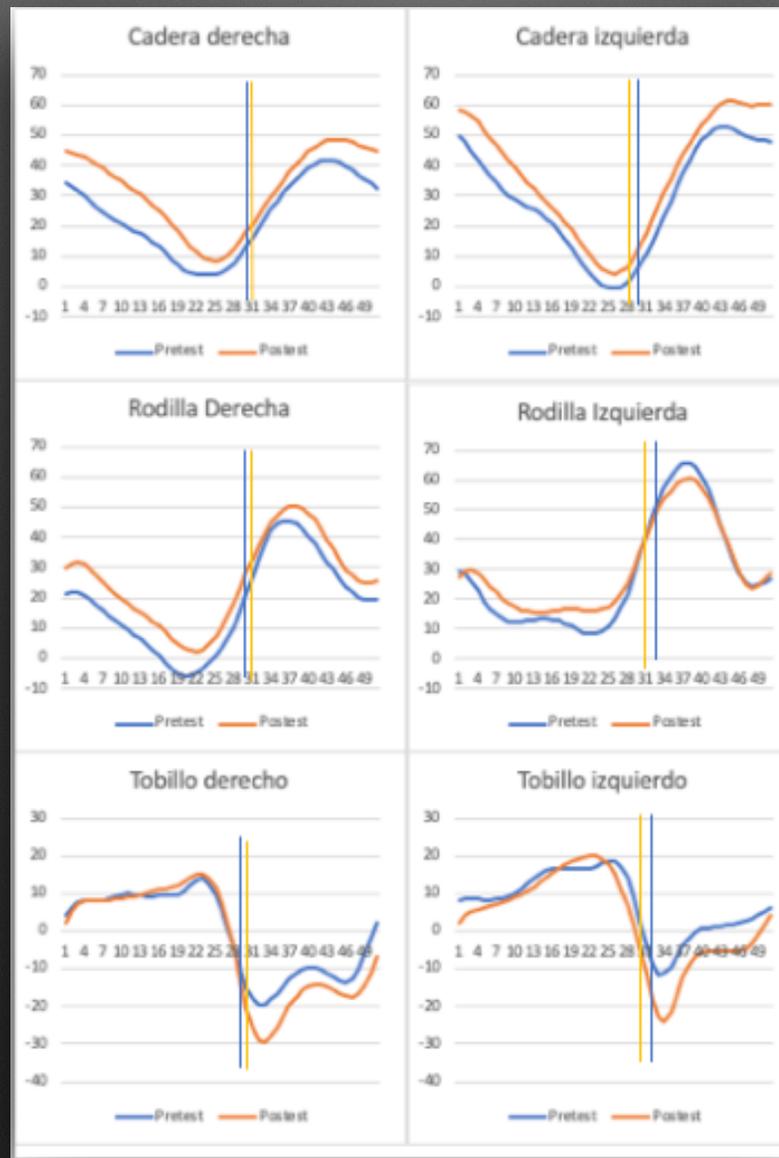
P 2

Hemiparesia espástica derecha



P 3

Hemiparesia espástica derecha

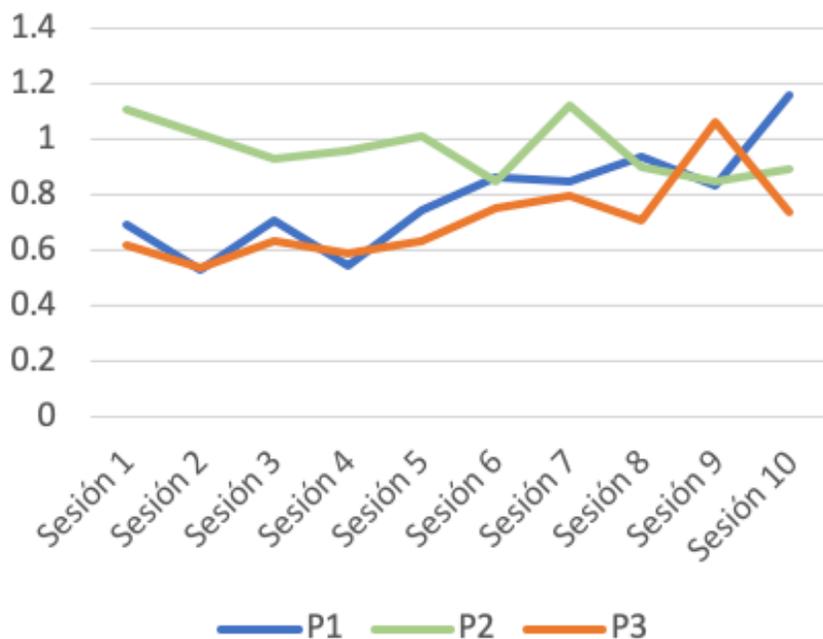


3. Variables cinéticas

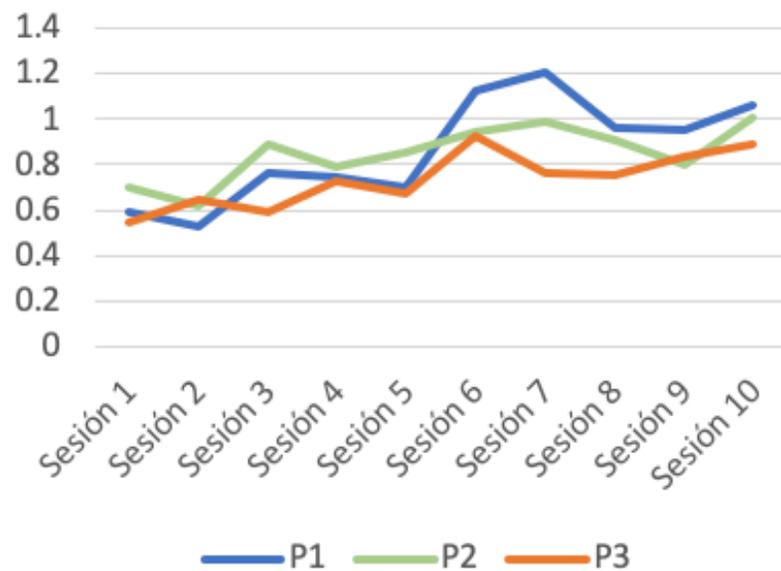
4. Velocidad autodeterminada y con la herramienta durante el entrenamiento

Velocidades durante el entrenamiento

Velocidad de marcha espontánea (m/seg)

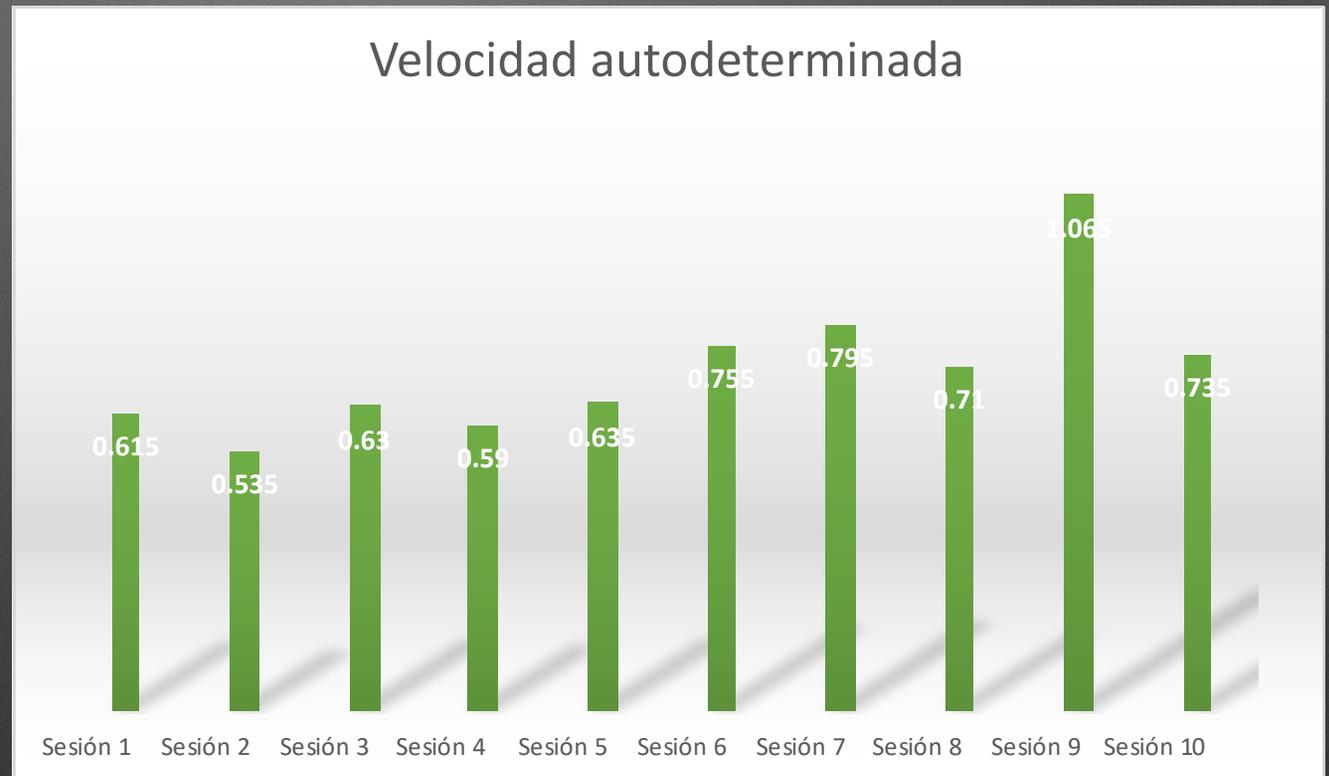


Velocidad de la marcha con el dispositivo (m/seg)



Correlación diario de campo

- Estado de alerta
- Hora de la intervención
- Fatiga



Otros resultados

Calidad de la marcha

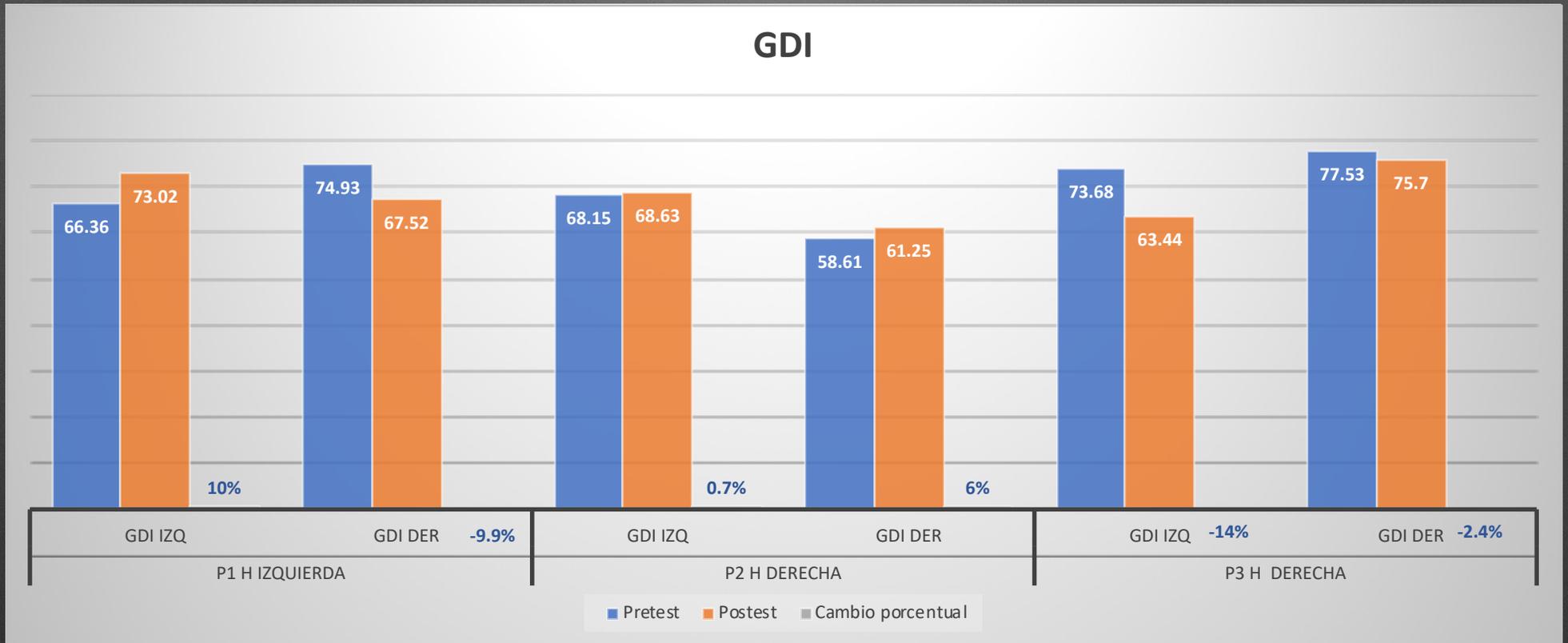
GDI

Gait Index Desviation

Es un número usado para expresar la desviación de la marcha de un individuo con respecto a la marcha normal

Schutte et al, 2000

Gait Index Desviation



Conclusiones

Los resultados del presente estudio sugieren que se pueden producir cambios en la biomecánica de la marcha de los niños con PC, al proponer retos en el ambiente a través de estímulos visuales y auditivos que motiven el aprendizaje y la modificación de alguna conducta motora

Conclusiones

- Aumentó la velocidad de la marcha y la longitud de paso en dos de los tres participantes
- Incremento en la dorsiflexión uni o bilateralmente durante el apoyo medio en los tres participantes
- Se incremento el GDI uni o bilateralmente en dos de los tres participantes
- Se observaron cambios en la cinemática de la marcha durante las sesiones de entrenamiento incluso desde el día 1
- Son necesarias alrededor de 5 sesiones para observar cambios en los parámetros espacio-temporales

Conclusiones

- Algunos niños pueden requerir más de una sesión para aprender el uso de la herramienta (número de sesiones)
- La velocidad de la marcha está influenciada por factores como el estado de alerta , fatiga o la hora de la evaluación
- Aumentar la longitud de paso y la velocidad de la marcha no son objetivos terapéuticos deseables para toda la población
- Adherencia al tratamiento por parte de los niños y sus padres

- **La función motora gruesa varía incluso dentro del mismo GMFCS** Rosenbaum et al, 2002
- **El movimiento es influenciado por la capacidad cognitiva, visual y sensorial** Bartolek et al, 2016
- **Incremento en la DF uni o bilateralmente** Ma Y et al, 2019
- **Se incrementó la asimetría en la longitud de paso en dos de los tres participantes** Braendvik et al, 2020
- **Herramienta tecnológica de bajo costo: demandas dentro de un entorno real, rol del niño: activo** Wiart, 2016

Implicaciones Clínicas

Alternativa en la práctica clínica de la fisioterapia en PC realizando intervención sobre el ambiente y considerando aspectos propios de cada niño como sus intereses y motivación para mejorar el desempeño funcional de la marcha

Limitaciones del Estudio

- Tamaño limitado de la muestra
- Evaluar el impacto de mayor número de sesiones en los cambios biomecánicos y en la funcionalidad de la marcha
- Evaluar *Playfulness*
- Evaluar Usabilidad
- Juego competitivo
- Otras patologías

Productos

- **Artículo científico:** Efecto de una Intervención Funcional Utilizando Tecnología de Bajo Costo en la Biomecánica de la Marcha de Niños con Parálisis Cerebral: Estudio Piloto. Participación en eventos científicos
- **Herramienta tecnológica:** equidad para territorios remotos