

Efecto del entrenamiento en cinta rodante vs terapia convencional en personas adultas con parálisis cerebral

**Estudio en colaboración con la Asociación Valenciana de Parálisis
Cerebral de Valencia (AVAPACE) y Universidad CEU Cardenal
Herrera
Facultad de Ciencias de la Salud**

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN ATENCIÓN FISIOTERÁPICA EN LA
ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE**

Lucía Ortega Pérez de Villar

Tutorizado por Javier Martínez Gramage

2 de Julio de 2012 en la Universidad CEU Cardenal Herrera

RESUMEN

Objetivos: Observar si hay mejoras en personas adultas con PCI tras realizar un entrenamiento en cinta rodante en comparación con un entrenamiento convencional.

Material y métodos: once sujetos adultos con PCI (5 hombres y 6 mujeres) con una edad media de 32,36 años y un nivel de entre 1 a 3 en la escala GMFCS, fueron divididos en dos grupos: 5 sujetos en el grupo control que sólo realizaba la terapia convencional; y 6 sujetos en el grupo intervención que realizaba un entrenamiento en cinta más su terapia convencional durante 23 sesiones.

Se mide el tiempo del test up and go y el porcentaje de doble apoyo en ambos grupos; y las variables de la frecuencia cardiaca, velocidad y distancia, sólo en el grupo intervención, al inicio del entrenamiento, en la sesión 11 y al finalizar el tratamiento.

Resultados: No se observan cambios en el test up and go ni en el porcentaje de doble apoyo entre ambos grupos, aunque sí que hay diferencias en el test up and go en el grupo intervención. En este grupo no se observan diferencias en la frecuencia cardiaca, sin embargo, sí hay diferencias significativas en la velocidad y la distancia en los diferentes momentos de las mediciones.

Conclusiones: el entrenamiento en cinta rodante muestra una mejoría en el grupo intervención respecto al grupo control, por lo que puede ser un arma terapéutica a tener en cuenta en estos pacientes.

Palabras Clave: palsy cerebral, treadmill

1. INTRODUCCIÓN

La parálisis cerebral se trata de un trastorno de movimiento y postura, debido a un defecto o lesión inmaduro atribuida a problemas en el desarrollo cerebral del feto, durante el parto o transcurridos varios años del nacimiento. Se trata de una patología no progresiva, pero que produce un deterioro en la coordinación muscular, provocando una limitación de la actividad de la persona. Los desórdenes psicomotrices de la parálisis cerebral están a menudo acompañadas de problemas sensitivos cognitivos, de comunicación y percepción, y en algunas ocasiones, de trastornos del comportamiento, epilepsia y problemas músculo-esqueléticos. (Rosenbaum et al 2007) [17].

Según Eithier, Ps et al 1993 [5], esta patología ocurre en aproximadamente en 2,5 de cada 1000 personas nacidas en países desarrollados. En todos los artículos se evidencia que la prevalencia de la parálisis cerebral (PC) es inversamente proporcional a la edad. Himpens et al 2008 [9] encuentra una incidencia de PC del 14,6 % en niños de 22 a 27 semanas de gestación; 6,2 % en niños de 28 a 31 semanas; 0,7 % en los de 32 a 36 semanas y 0,1 % en los recién nacidos a término. La PC en los recién nacidos de bajo peso tiene la misma tendencia que la descrita anteriormente de la gestación, siendo esta muy alta (Vohr B et al 2005) [21].

Dos de los principales problemas funcionales que podemos encontrar en estas personas son la reducción de la velocidad en la marcha, la resistencia y la consecuencia de la marcha patológica, donde se ve afectada la longitud de paso y la cadencia. También se observa una alteración en el control postural (Wilson DJ et al 2007) [22].

En estas personas podemos encontrar una falta de equilibrio, que depende del sistema visual, somatosensorial y vestibular, así como de la

capacidad del sistema nervioso central (SNC) para interpretar la información. Encontramos problemas en la contracción muscular, que podría ser la razón por la que hayamos un exceso de activación de la musculatura antagonista según Sarasola Gandariasbeitia K et al 2012 [18], lo que provoca que el 90 % de los niños con PC tengan una dificultad al caminar (Dodd K y Foley S 2007) [4].

Wilmshurt S et al 1996 [24] dice que este problema motor y funcional provoca que las posibilidades de exploración del medio y la participación social se vean afectadas, además de tener un papel importante en el desarrollo óseo. Chien F et al 2006 [2] incluye también la afectación en el sistema cardiopulmonar. Todo esto hace que el trabajo de la función motora y el desarrollo de la capacidad de caminar sea uno de los principales objetivos en el tratamiento de las personas con PC ya que podrían lograr una constante en los patrones de caminar y la velocidad (Jhonston T et al 2011) [8].

Los estudios de Barbeau H et al 2003 [1] sugieren que las teorías actuales de aprendizaje motor mediante tareas repetitivas pueden mejorar la práctica diaria en personas con problemas neurológicos. Tanto es así, que diversos estudios, como en Philips JP et al 2007 [14], demuestran un aumento de la activación cortical en niños con PCI.

Los estudios que se han realizado en cinta rodante con suspensión, han demostrado una mejoría en los parámetros de la marcha de velocidad y resistencia en personas que han padecido accidentes cerebro vasculares (Moseley A et al 2005) [12]; y en personas con médula espinal incompleta se ha demostrado que la velocidad tiene una mejoría respecto al inicio del estudio, como ocurre en Protas E et al 2001 [15].

A pesar del interés clínico, son pocos los artículos publicados de los efectos de la cinta rodante en adultos con parálisis cerebral. Sin embargo,

existen varios artículos, algunos descritos a continuación, enfocados en la etapa infantil de esta patología que utilizan esta intervención complementada con suspensión corporal.

Schindl M et al 2000 [19], realiza un estudio de 10 niños con diferentes patologías neurológicas (diplejía espástica, cuadriplejía espástica, y la ataxia), donde se encuentran diferencias significativas en la locomoción y en la función motora gruesa en las dimensiones D y E.

En DeJong S et al 2005 [3] se estudia a niños con diplejía espástica, hemiplejía espástica y cuadriplejía atetoide, donde concluye que hay una mejora en la velocidad de la marcha pero no hay un cambio en el índice de gasto energético.

Según Mattern-Baxter et al 2009 [11] y Willoughby KL et al 2009 [23], que realizan revisiones bibliográficas, la velocidad de la marcha se ve afectada, y uno de ellos muestra cambios en la motricidad gruesa.

En cambio, una revisión realizada por Mutlu A et al 2009 [13], concluye que no hay pruebas suficientes para determinar si el tratamiento en cinta rodante con suspensión en niños produce una mejoría. Esta teoría está respaldada por la revisión de Damiano DL et al 2009, donde se concluye que la evidencia es débil para los resultados obtenidos en niños con PCI.

El material utilizado en los artículos anteriores es de un costo elevado, sobre todo por los sistemas de suspensión. Sin embargo, el estudio que se propone, utiliza unos materiales de bajo costo, no obstante se busca la misma efectividad.

El objetivo de este estudio es controlar si el entrenamiento en cinta rodante sin suspensión corporal produce mejorías comparándolo con un

grupo control que es sometido sólo a terapia convencional en personas adultas con PCI.

La hipótesis de nuestro estudio en adultos con PCI es que el grupo intervención, que realiza su terapia convencional y cinta rodante, es mejor que en el grupo control, terapia únicamente convencional.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Participantes

El número de personas incluidas en el trabajo de investigación ha sido un total de 11 sujetos.

El criterio de inclusión que se tuvo en cuenta para incluir a los pacientes fue (1) que debían de ser personas adultas con parálisis cerebral infantil con un nivel GMFCS (*Gross Motor Function Classification System*) entre 1 y 3. Esta escala se utiliza en pacientes con parálisis cerebral y se basa en el movimiento que se inicia voluntariamente con énfasis en la sedestación, las transferencias y la movilidad. Se divide en diferentes niveles siendo el nivel 1 cuando el paciente anda sin limitaciones, el nivel 2 cuando anda con limitaciones, nivel 3 si anda utilizando un dispositivo de movilidad con sujeción manual, nivel 4 si tiene autonomía para la movilidad con limitaciones (puede usar sistemas de propulsión a motor), y nivel 5 si el paciente es transportado en una silla de ruedas manual. Excluyendo así aquellos sujetos que tenían (1) un déficit visual y cognitivo (no entender y ejecutar comando sencillos), (2) aquellos que tenían un tratamiento farmacológico antiespástico de 6 meses antes del estudio, (3) una cirugía ortopédica de un año antes del estudio y (4) epilepsia no controlada.

Los participantes seleccionados pertenecían a la Asociación Valenciana de Ayuda de la Parálisis Cerebral (AVAPACE), dividiéndolos en dos grupos. El grupo intervención estaba formado por 6 sujetos de los cuales 3 eran mujeres y 3 eran varones con una edad media de $33,66 \pm 5,68$. Mientras que el grupo control estaba formado por 5 sujetos de los cuales 3 eran mujeres y 2 eran varones, con una edad media de $30,80 \pm 16,40$. Los datos individuales se presentan en la tabla 1. Todos los participantes eran ambulantes. El entrenamiento en cinta se llevó a cabo en el gimnasio

del centro de día a donde pertenecían los participantes del grupo intervención con una cinta rodante. Se les dijo a los participantes y sus familiares que no alterarían las actividades físicas que realizaban diariamente durante los días que participaran en este estudio.

El estudio fue aprobado por el Comité Ético de la Universidad CEU Cardenal Herrera de Moncada (Valencia), y todos los tutores legales de los participantes tuvieron que firmar un consentimiento informado.

Instrumentos

- Cinta rodante

Fue utilizada una cinta rodante comercial (BH Fitness modelo Columbia Pro). La cinta comenzaba a una velocidad de 0.8 kilómetros por hora (km/h) y se iba aumentando gradualmente la velocidad incrementando de 0,1 en 0,1 Km/h. (Veiss Comunicación, S. L; BH Fitness Equipamiento Doméstico – Productos- [en línea]; 2005; Disponible en: <http://www.bhfitness.es/>) [25].

- SUUNTO t6d

Se utilizó una cinta (Suunto Dual Comfort Belt) para medir la frecuencia cardíaca y el consumo energético a tiempo real, que se tenía que mojar con agua para que hubiera un mejor contacto y llegara mejor la señal, que se coloca debajo de la línea mamaria.

Un reloj con el que se medía el tiempo que el paciente se encontraba en la cinta y tenía una memoria donde guardaba todos los datos, para más tarde poder descargarlos en una cuenta donde se almacenaban todos. (<http://www.suunto.com/>) [26].

- BTS G-Walk

Es un sistema inalámbrico que consta de un sensor que se coloca en L5 que permite un análisis funcional de la marcha. Se adquieren todos los parámetros espacio-temporales , necesarios para llevar a cabo un diagnóstico y definir una estrategia de capacitación. Se obtienen datos precisos, objetivos y cuantitativos de la velocidad, la cadencia, la longitud de zancada y longitud de paso, y el tiempo durante la fase de apoyo y oscilación. (Benedetti, M.G et al 2011) [27].

- Physical Cost Index (PCI)

El physical cost index se trata de un índice de gasto de energía que consiste en que el paciente tiene que caminar veinticinco metros (realizaran tres veces 6 metros señalados en el suelo , y la última vuelta 7 metros). También se les registra la frecuencia cardíaca, tanto en reposo (durante un minuto) como en la marcha. Se utiliza un cronómetro para medir cuánto tiempo tardan en realizar los 6 metros recorridos cada vez. La fórmula es la siguiente: $PCI = HW - HR/S$, donde la HW es la frecuencia cardíaca media a lo largo de la marcha en latidos por minutos, la HR la frecuencia cardíaca en reposo (antes de caminar), también en latidos por minutos, y S la velocidad de marcha en metros por minuto. (Ubhi T et al 2000 y Raja K et al 2007) [20] [16]. Los datos individuales los podemos encontrar en la tabla 2.

Intervención

En este protocolo los participantes fueron medidos: 1 sesión por semana durante 2 semanas, 2 sesiones por semana durante 3 semanas y 3 sesiones por semana durante 5 semanas, un total de 23 sesiones. Además de su tratamiento habitual con los fisioterapeutas del centro con un programa de ejercicio terapéutico, descrito a continuación. El tiempo

de tratamiento tenía un máximo de 30 minutos. Los sujetos fueron animados por los investigadores.

La velocidad se establece según las condiciones del paciente, siendo la velocidad mínima de 1,4km/h. Las sesiones estaban supervisadas por 3 fisioterapeutas.

Diariamente, cada paciente realiza de forma individual un tratamiento de fisioterapia en el centro al que acuden, de acuerdo a su desarrollo personal, que consiste en un trabajo aeróbico (marcha) normalmente por exteriores (por la calle, subir y bajar bordillos, pequeñas rampas...), planificado por los profesionales. Una vez por semana se les realiza un circuito de psicomotricidad en el centro. También participan en deportes adaptados como el bowling, la boccia y deporte vivenciado. Una vez al mes realizan hidroterapia, desarrollando ejercicio aeróbico.

Variables de estudio

Las variables que hemos estudiado las hemos dividido en variables principales y variables secundarias.

Variables principales. Se van a comparar en los dos grupos (intervención y control) en dos momentos: al inicio y al final del tratamiento las siguientes variables:

- Test up and go: se mide el tiempo, en segundos, que tarda en realizar la función de levantarse de una silla estándar, caminar 3 metros, girar, y volver a sentarse en la silla. El test up and go es una medida sensible y específica para la identificación de individuos que corren riesgo de caídas. Es un test válido y fiable. (Martin, L et al 2010) [10].
- Porcentaje de doble apoyo durante la marcha: variable que hemos visto en el BTS-G walk . El doble apoyo se caracteriza porque los

dos pies están en contacto con el suelo: uno está iniciando el contacto del talón mientras que el otro, próximo a la fase de despegue. (Gutiérrez, 1999) [6].

Variables secundarias. Se van a comparar sólo en el grupo intervención en tres momentos diferentes: al inicio del tratamiento, a la sesión 11 y al final del tratamiento:

- Promedio de la frecuencia cardiaca: veces que el corazón realiza el ciclo completo de llenado y vaciado de sus cámaras en un determinado tiempo. Se expresa siempre en contracciones por minuto. Medido en pulsaciones(latidos) por minuto.
- Velocidad de marcha en la cinta: distancia recorrida por unidad de tiempo (metros/Segundo).
- Distancia total recorrida en la cinta: kilómetros recorridos.

4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para analizar si hay diferencias entre los dos grupos las variables principales al principio y final del tratamiento se utilizó la prueba estadística "Split Pot" con una significación de $p < 0,05$.

Determinamos los resultados de las variables secundarias en el grupo intervención en diferentes momentos (sesión 1, sesión 11 y sesión 23), donde para ver los resultados se utilizó la prueba estadística de Friedman con una significación de $p < 0,05$.

Se utilizó el programa estadístico SPSS la versión 20.

5. RESULTADOS

Hubo un total de 11 sujetos ($n=11$) que participaron en nuestro estudio, divididos en dos grupos (Figura 1): en el grupo intervención el número de sujetos era 6 ($n=6$) y en el grupo control un total de 5 sujetos ($n=5$), cuyos datos podemos observar en la tabla 1. La edad media de todos los sujetos es de 32,36 años con una desviación típica (SD) de 11,22; un peso medio de 65,33 kilogramos (SD 11,03) y una altura media de 155,81 centímetros (SD 8,73).

VARIABLES PRIMARIAS

Test up and go

En el test up and go en la medición previa al tratamiento entre el grupo control y grupo intervención no se encuentran diferencias significativas.

Dentro del grupo control no se encuentran diferencias significativas ni previamente al tratamiento (13,64 segundos), ni posteriormente (15 segundos); sin embargo, dentro del grupo intervención sí que se

encuentran diferencias significativas, siendo $p = 0,006$, en la medición pre (22,25 segundos) y la post (17,23 segundos) como se puede ver en la tabla 3.

Porcentaje de doble apoyo

No se encuentran diferencias significativas ni en la medición pre ni en el post entre grupo, y tampoco dentro de los mismos grupos, ya que dentro del grupo intervención no se encuentran diferencias significativas ni en la medición pre (23,16%) ni en el post (24,51%); y dentro del grupo control tampoco encontramos diferencias en la medición pre (30,22%) ni en la post (29,16%), como podemos ver en la tabla 3.

VARIABLES SECUNDARIAS

Fueron medidas y evaluadas estadísticamente solamente entre los participantes del grupo intervención, en tres momentos diferentes del entrenamiento: en la primera sesión, a mitad del entrenamiento (sesión 11), y al final del entrenamiento (sesión 23).

Frecuencias cardíaca

No se encuentran diferencias significativas ($p > 0,05$) en cuanto a modificaciones en la frecuencia cardíaca comparando entre las diferentes mediciones que hemos realizado como se puede observar en la tabla 4.

Velocidad

Sí podemos encontrar diferencias entre el primer día y el último de día (sesión 23) de entrenamiento, siendo $p = 0,008$. También podemos encontrar diferencias entre la sesión 11 y la última ($p = 0,018$), pero no

encontramos diferencias entre la primera sesión y la sesión 11 ($p > 0,05$). Estos resultados los podemos encontrar en la tabla 4.

Distancia

Observamos diferencias entre la primera sesión y el último día de entrenamiento, siendo $p = 0,006$. Entre la primera sesión y la sesión 11, la sesión 11 y la sesión 23 no encontramos diferencias siendo $p > 0,05$ (tabla 4).

6. DISCUSIÓN

La parálisis cerebral infantil es un conjunto de alteraciones psicomotrices y posturales. Estos desórdenes psicomotrices a menudo están acompañados de problemas sensitivos, cognitivos, de comunicación y percepción, y en algunas ocasiones, de trastornos del comportamiento. No obstante, desde un abordaje físico de la terapia que se aplica a estas personas las principales deficiencias son la alteración de la marcha y el control postural.

Centrándonos en las alteraciones propias de la marcha, se observa una velocidad lenta, una longitud de zancada corta, una falta de equilibrio y la alteración en el porcentaje de doble apoyo. Si a esto le añadimos el factor de control postural, podemos observar una marcha todavía más alterada.

Debido a esto, a las personas adultas con PCI les acontece una serie de alteraciones en cualquier actividad de la vida diaria a nivel fisiológico, como un aumento de la frecuencia cardíaca, un aumento de la frecuencia respiratoria y un alto gasto energético por el esfuerzo que les supone mantener una postura determinada o el hecho de caminar una distancia, que, generalmente, es corta.

Normalmente este tipo de personas llevan una vida sedentaria lo que indirectamente puede producir obesidad, generalmente el IMC es elevado. Los problemas asociados a la espasticidad, como las deformidades, pueden provocar dolores, limitaciones articulares y a la larga osteoporosis por incongruencia articular.

En la evaluación inicial, los sujetos necesitaban un tiempo elevado al caminar (18,34 segundos) y mostraban un alto porcentaje en el doble apoyo (26,37%) al realizar el test Up & GO. Al finalizar el tratamiento se repitió el test, en el cual se observa que existen diferencias significativas

en el grupo intervención, es decir, hay un cambio después del tratamiento. No obstante, no se evidencian diferencias entre el grupo intervención y el grupo control, ni al inicio ni al final del tratamiento.

Respecto a la medición en el porcentaje de doble apoyo no se obtienen diferencias entre el inicio del tratamiento y el final en ninguno de los dos grupos. Tras estos resultados, tampoco se observan diferencias entre los dos grupos. Por lo tanto, el porcentaje de doble apoyo, como parámetro de la marcha, no ha sufrido ninguna modificación o mejoría con el tratamiento en cinta rodante.

Al comienzo de nuestro tratamiento los sujetos mostraron una mayor frecuencia cardiaca (117,33 latidos/minutos), velocidad lenta al caminar (1,395 km/h), una menor distancia recorrida (469,33 m) que los obtenidos al finalizar la intervención (112 latidos/minuto), (1,96 Km/h) y (1015 metros), respectivamente.

A pesar de observarse una reducción en la frecuencia cardiaca entre el inicio y el final del tratamiento una vez que analizamos los datos estadísticamente, se observa que no existen diferencias significativas en las tomas de medidas, en la primera sesión, en la sesión 11, y en la última. Por tanto, la frecuencia cardiaca no se ha visto modificada con el entrenamiento de cinta rodante.

Respecto a la velocidad, existe una significación entre la primera sesión y la sesión 23, al igual que entre la sesión 11 y la sesión 23. No hubo significación entre la primera y la sesión 11, lo que lleva a afirmar que es a partir de la décima sesión cuando se observarán cambios, es decir, no hace falta someter al paciente a 23 sesiones para tener mejorías ya que se observarán sobre los diez días. Esto es importante para ajustar las sesiones al objetivo marcado.

En relación a la distancia, no encontramos diferencias entre la primera sesión y la sesión 11, ni entre la sesión 11 ni la sesión 23. No obstante, si encontramos entre la primera sesión y la sesión 23. Este hecho indica que cuantas más sesiones de tratamiento realizan, la distancia recorrida es mayor, aunque, como en el caso de la velocidad, a partir de la décima sesión hay una tendencia a la significación.

A pesar de los resultados significativos que hemos encontrado (en el test Up and Go, velocidad y distancia) se ha de tener en cuenta la reducida muestra para este estudio, por lo que los resultados carecen de potencia. Sin embargo, la tendencia estadística nos hace pensar que si la muestra hubiera sido mayor los resultados hubieran sido significativos.

Los resultados obtenidos en nuestro estudio concuerdan con los de Moseley A et al 2005 [12] y DeJong S et al 2005 [3] en los que el tratamiento en cinta rodante produce un cambio en la velocidad de la marcha y en la resistencia, que se traduce como distancia recorrida.

Mutlu A et al 2009 [13] concluye que no hay pruebas suficientes para determinar si el tratamiento en cinta rodante con suspensión en niños produce una mejoría. Esta teoría está respaldada por Damiano DL et al 2009 cuya conclusión es que la evidencia es débil para los resultados en niños con parálisis cerebral. Resultados y conclusiones a las que nosotros también hemos llegado. Existe evidencia, pero es muy débil para afirmarlo sin temor a cometer un error.

En nuestro artículo existen una serie de limitaciones que serían muy interesante tener en cuenta para futuras investigaciones. El reducido tamaño de la muestra provoca que la evidencia científica sea débil, y los resultados no se puedan generalizar, además supuso tener que cambiar de test estadístico. Otra limitación es la no aleatorización de los sujetos en grupo intervención y control. La imposibilidad de llevar a cabo el plan

inicial de tres sesiones semanales por motivos del centro y periodos vacacionales. Sin embargo, esta última limitación se intentó subsanar haciendo unos test antes de dicho periodo y después, para tener constancia que no existían cambios durante ese tiempo. Algunos de los sujetos se ausentaron en alguna sesión por motivos de salud o personales, sin embargo todos ellos cumplieron el mínimo de sesiones establecido en un 80% del total. Una limitación, no metodológica pero sí a tener en cuenta, es que el sujeto colabore. En las primeras sesiones había sujetos que no caminaban, no porque no pudieran, sino porque no querían, aunque poco a poco todos se fueron adaptando al programa.

7. CONCLUSIÓN

El entrenamiento en cinta rodante muestra una mejoría en el grupo intervención respecto al grupo control.

Los resultados muestran mejoras significativas en el grupo intervención en el test Up and Go, en la velocidad de la marcha y la distancia recorrida, pero no se han evidenciado cambios en la frecuencia cardiaca ni en el porcentaje de doble apoyo.

Por tanto, el entrenamiento en cinta rodante puede ser un arma terapéutica a tener en cuenta, ya que es beneficioso para algunos parámetros de la marcha y no es un tratamiento excluyente. Sin embargo, hay que seguir haciendo investigaciones al respecto para obtener una evidencia sólida.

8. BIBLIOGRAFIA

1. Barbeau H. Locomotor training in neurorehabilitation: emerging rehabilitation concepts. *Neurorehabil Neural Repair* 17: 2003 3–11.
2. Chien F, DeMuth S, Knutson L. The use of the 600 yard walkrun test to assess walking endurance and speed in children with cerebral palsy. *Pediatric Phys Ther* 2006; 18: 86-7.
3. DeJong S, Stuberg W, Spady K. Conditioning effects of partial body weight support treadmill training in children with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther* 2005 17: 78. (Extended abstract).
4. Dodd KJ, Foley S. Partial body-weight-supported treadmill training can improve walking in children with cerebral palsy: a clinical controlled trial. *Dev Med Child Neurol* 2007 02;49(2):101-105.
5. Eicher PS, Batshaw ML. Cerebral palsy. *Pediatr Clin North Am* 1993; 40: 537-50.
6. Gutiérrez, M. *Biomecánica deportiva*. Madrid. Síntesis, 1999.
7. Hesse S. Locomotor therapy in neurorehabilitation. *NeuroRehabilitation* 16: 2001133–139.
8. Johnston TE, Watson KE, Ross SA, Gates PE, Gaughan JP, Lauer RT, et al. Effects of a supported speed treadmill training exercise program on impairment and function for children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2011 AUG;53(8):742-750.
9. Himpens E, Van den Broeck C, Oostra A, Calders P, Vanhaesebrouck P. Prevalence, type, distribution and severity of cerebral palsy in relation to

gestational age: a meta-analytic review. *Dev Med Child Neurol*. 2008; 50:334-340.

10. Martin L, Baker R, Harvey A. A Systematic Review of Common Physiotherapy Interventions in School-Aged Children with Cerebral Palsy. *Phys Occup Ther Pediatr* 2010 11;30(4):294-312.

11. Mattern-Baxter K. Effects of partial body weight supported treadmill training on children with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther* 2009; 21: 12–22.

12. Moseley A, Stark A, Cameron I, Pollock A. Treadmill training and body weight support for walking after stroke. *Cochrane Database Syst Rev* (4): 2005 CD002840.

13. Mutlu A, Krosschell K, Spira DG. Treadmill training with partial body-weight support in children with cerebral palsy: a systematic review. *Dev Med Child Neurol* 2009; 51: 268–75.

14. Phillips JP, Sullivan KJ, Burtner PA, Caprihan A, Provost B, Bernitsky-Beddingfield A. Ankle dorsiflexion fMRI in children with cerebral palsy undergoing intensive bodyweight-supported TT: a pilot study. *Dev Med Child Neurol* 2007; 49: 39-44.

15. Protas E, Holmes S, Qureshy H, Johnson A, Lee D, Sherwood A. Supported treadmill ambulation training after spinal cord injury: a pilot study. *Arch Phys Med Rehabil* 82: 2001 825–831.

16. Raja K, Joseph B, Benjamin S, Minocha V, Rana B. Physiological cost index in cerebral palsy: its role in evaluating the efficiency of ambulation. *J Pediatr Orthop* 2007 Mar;27(2):130-136.

17. Rosenbaum, P., Paneth, N., Leviton, A., Goldstein, M., Bax, M., Damiano, D., et al. (2007). A report: The definition and classification of cerebral palsy April 2006. [Erratum appears in Dev Med Child Neurol Suppl. 2007 Jun; 49(6):480]. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 109 (Supplementum), 8–14.
18. Sarasola Gandariasbeitia, K.; Zuñil Escobar, J.C. Control postural y manejo de deformidades de cadera en la parálisis cerebral: revisión. Publicado en *Fisioterapia*. 2012; 34: 169-75. vol.34 núm 04.
19. Schindl M, Forstner C, Kern H, Hesse S. Treadmill training with partial body weight support in nonambulatory patients with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 81: 2000 301–306.
20. Ubhi T, Bhakta BB, Ives HL, Allgar V, Roussounis SH. Randomised double blind placebo controlled trial of the effect of botulinum toxin on walking in cerebral palsy. *Arch Dis Child* 2000 Dec;83(6):481-487.
21. Vohr B, Msall ME, Wilson D, Wright L, McDonald S, Kenneth P. Spectrum of gross motor function in extremely low birth weight children with cerebral palsy at 18 months of age. *Pediatrics* 2005; 116(1):123-29.
22. Wilson DJ. Principles of gait rehabilitation and the efficacy of partial body-weight-supported training. *Crit Rev Phys Rehabil Med* 2007; 19: 169-94.
23. Willoughby KL, Dodd KJ, Shields N. A systematic review of the effectiveness of treadmill training for children with cerebral palsy. *Disabil Rehabil* 2009; 31: 1971–9.
24. Wilmshurst S, Ward K, Adams JE. Mobility status and bone density in cerebral palsy. *Arch Dis Child* 1996; 75: 164-5.

25. Veiss Comunicación, S. L; BH Fitness Equipamiento Doméstico – Productos- [en línea]; 2005; Disponible en: <http://www.bhfitness.es/>)

26. <http://www.suunto.com>

27. Benedetti, M.G., Manca, M. ; Sicari, M. ; Ferraresi, G. ; Casadio, G. ; Bugane, F. ; Leardini, A. "Gait measurement in patients with and without AFO for equinus varus/drop foot". Medical Measurements and Applications Proceedings (MeMeA), 2011 IEEE International Workshop on. 30-31 May 2011.p.591-592

9. TABLAS Y FIGURAS

Figura 1 Diagrama de flujos de los pacientes que participan en el estudio de cintra rodante vs terapia convencional

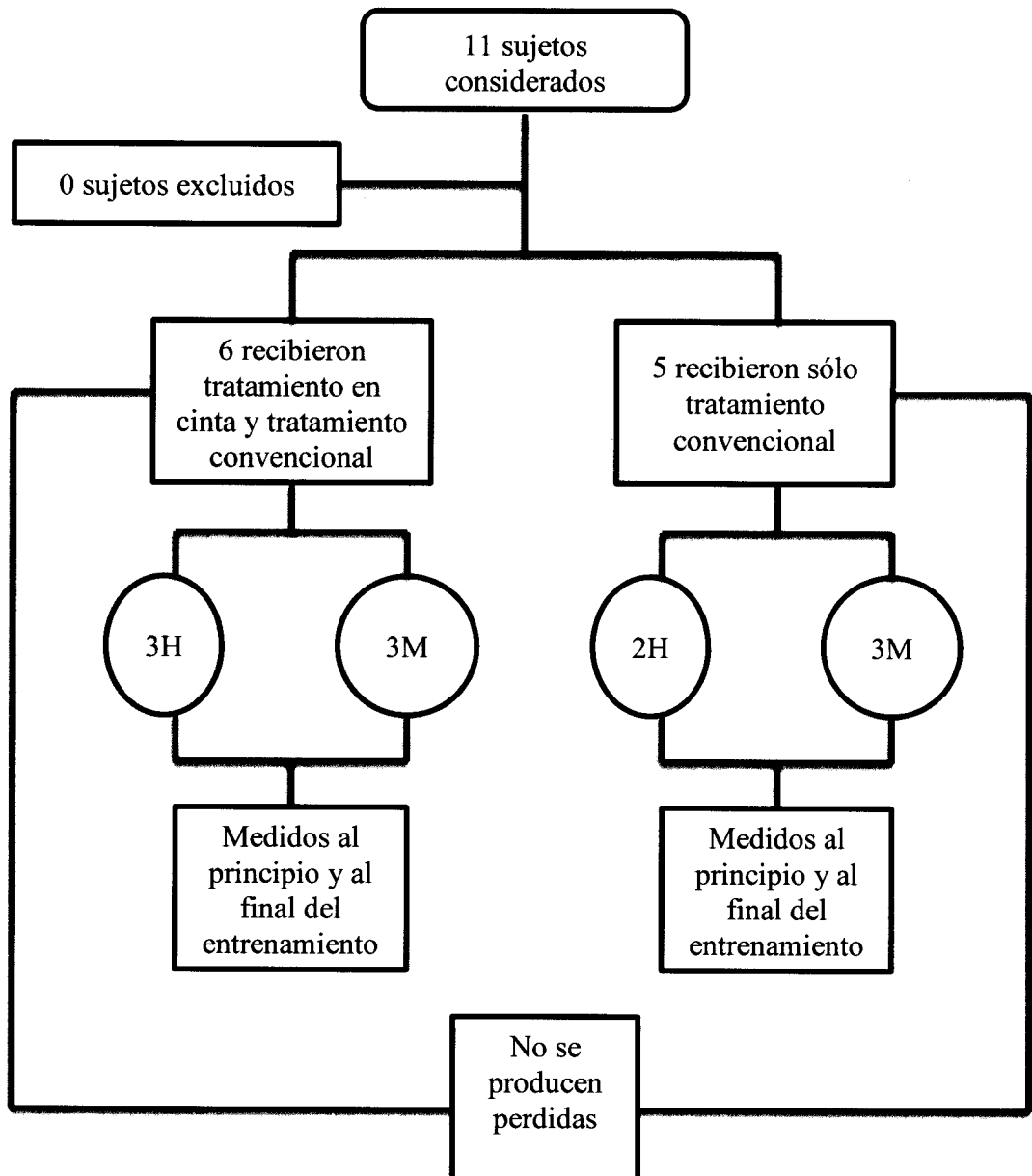


Tabla 1 Género, edad, diagnóstico, peso, altura, IMC*, GMFCS., Grupo intervención (6) y grupo control (5)

GRUPO	GÉNERO*	DIAGNÓSTICO	EDAD	PESO (Kg)	ALTURA (cm)	IMC**	PCI***	GMFCS
INTERVENCIÓN								
1	H	PCI	28	83	170	28,72	0,68	2
2	M	PCI	34	71,5	155	29,97	0,72	2
3	H	PCI	35	64,5	164	24,17	1,22	3
4	M	PCI	40	54	141	27,16	0,11	2
5	H	PCI	39	77,5	156	32,05	1,60	3
6	M	PCI	26	74,5	146	35,18	0,51	2
Media			33,66 (SD 5,68)	70,83 (SD10,29)	155,33 (SD10,80)			
CONTROL								
7	H	PCI	20	47	158	18,83	1,02	3
8	H	PCI	37	65,8	167	23,67	0,55	2
9	M	PCI	21	56	155	23,31	0,40	2
10	M	PCI	19	57	150	25,33	0,52	3
11	M	PCI	57	69	152	29,86	0,44	3
Media			30,80 (SD 16,40)	58,96 (SD8,70)	156,40 (SD6,65)			
Media total			32,36 (SD 11,22)	65,43 (SD11,03)	155,81 (SD8,73)			

* H = Hombre, M= Mujer

** IMC ($Peso/altura(m)^2$): bajo peso<18,5; Normopeso 18,5-24,9; Sobrepeso 25-29,9; Obesidad I 30-34,9; Obesidad II 35-39,9; Obesidad (mórbida) 40-49,9; Obesidad IV (extrema) >50.

*** PCI = Physical Cost Index = HW-HR/S (latidos/minutos)

Tabla 2 Physical Cost Index Pre y Post en ambos grupos

SUJETO	HR ^a		HW ^b		Tiempo 6 metros		Velocidad (m/s)		Velocidad (m/min)		PCI	
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
INTERVENCIÓN												
1	5	109	124	10,25	6,12	0,8	0,98	35,09	58,82	0,68	0,63	
2	73	79	81	8,32	8,91	0,72	0,7	43,23	40,40	0,72	0,05	
3	112	90	139	16,31	12,13	0,36	0,49	22,07	29,67	1,22	1,72	
4	102	95	82	6,89	8,55	0,87	0,70	52,20	42,10	0,11	0,31	
5	79	75	115	15,95	15,75	0,37	0,38	22,56	22,85	1,60	1,62	
6	99	96	120	8,66	7,71	0,69	0,78	41,55	46,69	0,51	0,47	
Media	91,67	87,00	115,8	11,07	9,86	0,60	0,67	41,55	40,09	0,81	0,70	
CONTROL												
7	91	123	148	6,46	5,9	0,93	1,01	55,72	61,01	1,02	0,23	
8	76	103	105	6,86	6	0,87	1	52,47	59,99	0,55	0,30	
9	68	72	86	8	7,9	0,75	0,75	44,99	45,56	0,40	0,53	
10	73	85	101	6,63	7	0,90	0,85	54,29	51,42	0,52	0,53	
11	97	101	117	7,9	7,7	0,75	0,77	45,56	46,75	0,44	0,34	
Media	81,00	96,8	111,4	7,17	6,9	0,84	0,88	50,61	52,95	0,59	0,38	

HR^a Frecuencia en reposo un minuto (latidos/min)

HW^b Frecuencia cardiaca media a lo largo de la marcha 25 metros (latidos/min)

Tabla 3 Resultados Test up and go y % doble apoyo en ambos grupos en el Pre y en el Post

SUJETO	TIEMPO UP&GO PRE (segundos)	TIEMPO UP&GO POST (segundos)	DOBLE APOYO PRE (%)	DOBLE APOYO POST (%)
INTERVENCIÓN				
1	14,6	10,9	28,10	27,00
2	26,2	16,9	19,50	24,50
3	29,2	22,2	20,60	21,10
4	12,5	11,6	21,40	26,40
5	37,74	29,1	20,20	20,60
6	13,3	12,7	29,20	27,50
Media	22,25 (SD 4,23)	17,23 (SD 2,93)	23,16 (SD 1,75)	24,51 (SD 1,23)
CONTROL				
7	13,7	13,8	32,80	29,10
8	9,93	10,6	34,50	34,10
9	13	16,4	28,30	26,00
10	16,01	17,1	28,60	26,70
11	15,6	17,1	26,90	29,90
Media	13,684 (SD 1,08)	15 (SD 1,25)	30,22 (SD 1,45)	29,16 (SD 1,43)
Media Total	18,34 (SD 2,63)	16,21 (SD 1,66)	26,37 (SD 1,56)	26,62 (SD 1,14)

Tabla 4 Comparación de las variables secundarias en diferentes medidas (sesión 1, sesión 11 y sesión 23)

	Combinación toma medidas		Diferencia de medias I-J	Significación (p<0,05)
	I	J		
FC	Sesión 1	Sesión 11	2.5	1.0
		Sesión 23	5.33	1.0
	Sesión 11	Sesión 1	-2.5	1.0
		Sesión 23	2.83	1.0
	Sesión 23	Sesión 1	-5.33	1.0
		Sesión 23	-2.83	1.0
Velocidad	Sesión 1	Sesión 11	-0.302	0.219
		Sesión 23	-0.550	0.008*
	Sesión 11	Sesión 1	0.302	0.219
		Sesión 23	-0.248	0.018*
	Sesión 23	Sesión 1	0.550	0.008*
		Sesión 23	0.248	0.018*
Distancia	Sesión 1	Sesión 11	-239	0.053
		Sesión 23	-545.667	0.006*
	Sesión 11	Sesión 1	239	0.053
		Sesión 23	-306.667	0.192
	Sesión 23	Sesión 1	545.667	0.006*
		Sesión 23	306.667	0.192

* Hay diferencias significativas ya que $p < 0,05$