

Máster Universitario en Neurorehabilitación

Escalada terapéutica como intervención en rehabilitación de marcha en niños y niñas con parálisis cerebral

**Trabajo final de máster
Orientación: Profesional**

Autora: Tamara Banuet Martínez MD

Tutores: Dra. Narda Murillo PhD, Dr. Daniel León MD.

Máster Universitario en Neurorehabilitación 2017-2019

Índice de contenidos

Agradecimientos	2
Justificación	3
Objetivos	3
Parte I: Alteración de la marcha en parálisis cerebral.....	4
1.1 Parálisis cerebral	4
Definición	4
Epidemiología.....	4
Etiología.....	4
Clasificación.....	5
1.2 Marcha normal.....	8
Concepto	8
Adquisición de la marcha infantil.....	8
Ciclo de la marcha	9
1.3 Patrones de marcha en parálisis cerebral.....	12
Concepto	12
Clasificación de patrones de marcha en PC	12
Parte 2: Uso de la escalada terapéutica en rehabilitación.....	18
2.1 Concepto Escalada.....	18
Definición	18
Clasificación.....	18
4.2 Escalada terapéutica	20
En parálisis cerebral.....	21
En reeducación de la marcha	22
Parte 5 Propuesta de implementación.....	25
Referencias.....	27

Agradecimientos

Agradezco principalmente a mis padres, Corina y Raúl, mi hermana Marina, mis abuelos Gloria, Josefina y Mario y mi pareja Said, sin el amor, paciencia y apoyo de todas ellas y ellos no habría sido posible concluir esta etapa. También a mis amigas, amigos, profesores, a mi tutora y tutor y a todas las personas que me apoyaron e inspiraron a realizar este trabajo, especialmente a Renzo que, aunque no lo sabe, me motivó a desarrollar esta idea.

Justificación

Debido a la gran variedad de patrones de marcha que puede presentar una persona, en condiciones patológicas, es necesario entender las características de la marcha normal. De esta manera se puede analizar el patrón de marcha y será posible diseñar un plan de tratamiento específico e individualizado para cada persona.

En este trabajo se describen los distintos patrones de marcha que pueden establecerse en personas con parálisis cerebral, así como una propuesta de tratamiento basada en el deporte de escalada.

Actualmente no existe una herramienta terapéutica que por sí sola ayude a mejorar el patrón de marcha en personas con parálisis cerebral (PC). Sin embargo, es reconocido que el uso de distintas terapias así como la participación en juegos, grupos y deportes, resulta benéfico no solo en el aspecto físico sino también social y psicológico.

La escalada es una actividad que involucra diversas cadenas musculares que rompen el comportamiento sinérgico de las extremidades y tronco. De esta manera contribuyen a una mejora en el patrón de marcha y la prevención de posturas anómalas.

Objetivos

1. Describir los principales patrones de marcha que presentan las personas con parálisis cerebral.
2. Analizar los beneficios físicos, psicológicos y sociales que puede aportar la escalada terapéutica a personas con parálisis cerebral.
3. Redactar el estado del arte del uso de escalada terapéutica como herramienta en rehabilitación de niños y niñas con parálisis cerebral.

Parte I: Alteración de la marcha en parálisis cerebral

1.1 Parálisis cerebral

Definición

La parálisis cerebral (PC), actualmente, se define como un grupo de trastornos del desarrollo del movimiento y de la postura, que causan limitación en la actividad y son atribuidos a alteraciones no progresivas que ocurren en el cerebro en desarrollo del feto o del niño pequeño; el trastorno motor se acompaña con frecuencia de alteraciones de la sensibilidad, cognición, comunicación, percepción comportamiento y/o crisis epilépticas [40]. Además estas manifestaciones pueden cambiar con el tiempo.

Las retracciones de músculos, tendones y cápsulas, así como las deformidades articulares y óseas surgen durante el crecimiento (25), por lo que requieren vigilancia e intervenciones preventivas a lo largo del desarrollo. El desequilibrio de las fuerzas musculares da como resultado deformidades articulares rígidas que, aunado a la debilidad o espasticidad que pueden presentar muchos de estos pacientes, conllevan a limitar el sistema locomotor de forma considerable (25).

Epidemiología

La prevalencia global de PC se sitúa aproximadamente entre un 2 y 3 por cada 1000 nacidos vivos (2), esta tasa aumenta de 40 a 100 por cada 1.000 nacidos vivos entre los bebés prematuros o con bajo peso (25). Es la causa más común de discapacidad física grave en la infancia (33).

Etiología

La PC en términos fisiopatológicos se describe como una lesión fija, no progresiva, producida en el cerebro inmaduro (hemisferios cerebrales, cerebelo, tronco cerebral) (25).

Las causas de esta lesión pueden producirse durante 3 periodos diferentes:

1. Prenatal: infecciones intrauterinas, vasculopatías, causas genéticas o congénitas.
2. Perinatal: encefalopatía hipóxico-isquémica (leucomalacia periventricular, lesiones de ganglios basales o focales), retraso del crecimiento intrauterino, hemorragias intracraneales, traumatismos, lesiones isquémicas cerebrales
3. Postnatal (antes de la maduración cerebral): Ictus, meningitis, encefalitis, encefalopatía por hiperbilirrubinemia (comúnmente ganglios basales y núcleos subcorticales), traumatismos, trombosis, abscesos intracraneales, entre otras.

Clasificación

Actualmente existen diferentes tipos de clasificaciones para la PC, todas ellas con el objetivo de generar un lenguaje común. De acuerdo a los criterios de la *Surveillance of Cerebral Palsy in Europe* (SCPE) se debe referir el trastorno motor dominante y la distribución topográfica (25). Algunas de estas clasificaciones son:

a) Clasificación por trastorno motor predominante

Las presentaciones de PC muchas veces son mixtas, por lo que se recomienda clasificarlas en el grupo predominante del trastorno motor. La SCPE define tres grupos para esta clasificación: espástica, discinética y atáxica (9).

- i. PC de predominio espástico: se presenta en el 70-80% de los casos y se caracteriza por el aumento de tono muscular, que puede ser inconstante, con hiperreflexia y/o signos piramidales (clonus o Babinski). Se relaciona con lesiones en sistema piramidal por afectación de motoneurona superior.
- ii. PC discinética: representa el 10-20% de los casos la y se caracteriza por la presencia de movimientos involuntarios, no controlados, ocurrentes y en ocasiones estereotipados. Se relaciona con lesiones en vías extrapiramidales comúnmente ganglios basales. Puede presentarse de dos formas:
 - 1) Distónica: caracterizada por presentar hipertonía e hipocinesia.
 - 2) Coreo-atetósica: caracterizada por hipotonía e hipercinesia, que es un aumento de actividad, con movimientos que pueden ser atetósicos. Estos movimientos suelen ser lentos, en abanico y con un componente de giro alrededor de la extremidad (25), o coreicos, los cuales son rápidos e irregulares. Puede presentarse también de forma mixta, es decir con ambos tipos de movimientos.
- iii. PC forma atáxica: ocurre en el 5-10% de los casos. Destaca la pérdida de la coordinación muscular, hipotonía, hiperextensibilidad articular y estabilidad deficiente. Típicamente se debe a lesiones en cerebelo o sus conexiones córtico-cerebelosas.

En la Figura 1 se resumen a modo de diagrama de flujo, las principales características de cada tipo de patrón de marcha.

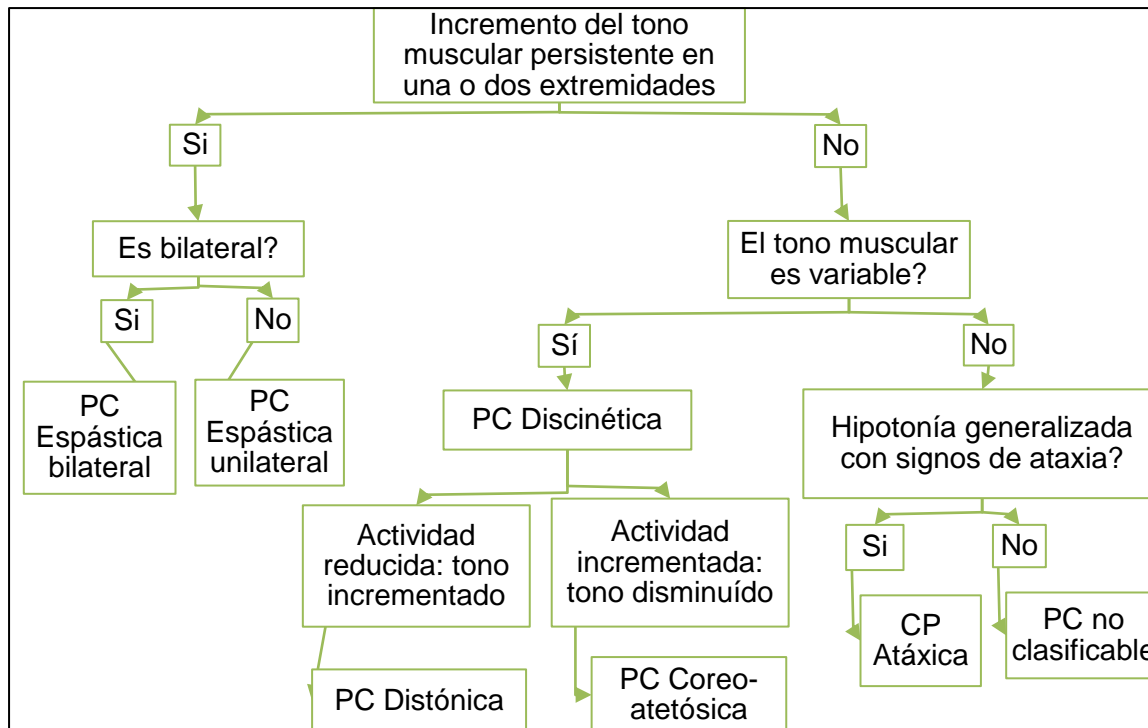


Figura 1 Jerarquización de la clasificación en subtipos de PC. Obtenida de: C Cans 2000 (9)

b) Clasificación por topografía

Tradicionalmente esta clasificación dividía la PC en: hemiparesia, diparesia, tetraparesia, monoparesia o tri paresia. Actualmente la SCPE remarca dos tipos: bilateral o unilateral, así mismo recomienda tener en cuenta las afectaciones del tronco, pares craneales y logopédicas (25)

c) Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud (CIF) y la versión para infancia y adolescencia (CIF-IA)




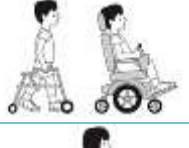

Creada por la Organización Mundial de la Salud, esta clasificación tiene como propósito generar un lenguaje unificado y estandarizado en cuanto a clasificación y codificación de la discapacidad (50). También toma en cuenta las limitaciones importantes de las funciones corporales, estructuras corporales y la participación en actividades físicas, sociales y psicológicas del desarrollo (27,50). La CIF ha reemplazado el término “discapacidad” por el de “limitación en la actividad” (4)

Esta clasificación no es para generar un diagnóstico, sino un perfil del funcionamiento, e identificar los factores ambientales y personales que pueden influir positiva o negativamente en el desarrollo (27).

La actualización del enfoque que da la CIF y CIF-IA ha permitido orientar los objetivos de tratamiento y mantenimiento de las personas con PC. De esta manera, se puede intervenir de forma multidisciplinaria y tomando en cuenta todos los aspectos que rodean a cada persona de forma única e individual. Lo que permite enfocar el esfuerzo en que alcancen la máxima independencia y puedan integrarse en sus actividades cotidianas y posiblemente explorar nuevas áreas, como deportes o actividades que nunca han practicado.

d) Clasificación establecida por medio del Sistema de Calcificación Funcional de Motilidad Gruesa, GMFCS, por sus siglas en inglés.

Clasifica el nivel funcional que tiene el paciente en su deambulación y es un buen predictor para las restricciones de movilidad, y por consiguiente para las limitaciones en la participación (41). Se ha visto que la severidad de la alteración en la motricidad gruesa en niños con PC es un indicador predictivo del nivel de discapacidad. Como se describió en el código de minusvalía de la *Clasificación de Deficiencias, Discapacidades y Minusvalías* (ICIDH, por sus siglas en inglés), publicada por la OMS en 1980, en las dimensiones de independencia física, movilidad, ocupación e integración social (4)

Clasificación GMFCS (3,12,13)	
Nivel I: Camina sin restricciones. Limitaciones en habilidades motrices gruesas complejas (correr, saltar etc.)	
Nivel II: Camina sin ayudas técnicas. Limitaciones para movilizarse en exteriores.	
Nivel III: Camina usando dispositivos manuales auxiliares de la marcha. Limitaciones para andar fuera de casa.	
Nivel IV: Limitaciones para auto-movilidad. Uso de silla de ruedas motorizada o manual.	
Nivel V: Limitación severa para la auto-movilidad incluso con ayudas técnicas. Dependientes totalmente.	

Cuadro 1: Obtenida de: Palisano R et al. (Dev Med Child Neurol. 1977; 39:214-23)

1.2 Marcha normal

Concepto

La marcha humana es un proceso de locomoción en el cual el cuerpo humano, en posición erguida, se mueve hacia adelante, siendo su peso soportado, alternativamente, por ambas piernas (Inman et al. 1981). Se caracteriza por el contacto permanente del individuo con la superficie sobre la que se desplaza, con al menos uno de sus pies (1).

Adquisición de la marcha infantil

El ser humano aprende a caminar durante sus primeros años de vida, cada uno lo hace de manera diferente, dependiendo de sus experiencias y recursos. En el desarrollo de la marcha infantil intervienen factores motores, perceptivos y cognitivos (24).

Las personas comenzamos a recibir información y la integramos, “realizando un control cortical sobre los patrones neuromusculares innatos para desarrollar diferentes formas de locomoción” (24).

Existen distintas teorías que explican el desarrollo y adquisición de la marcha. Muchas de ellas consideran este desarrollo desde la perspectiva, propuesta por E. Thelen *et al* (46), de los sistemas dinámicos, en la que cada tarea es analizada de manera integral basada en la teoría percepción-acción que permite comprender por qué cada comportamiento y reacción son diferentes dependiendo de las características propias del individuo y del entorno que lo rodea en cada momento (46). Así, cada persona obtiene diferentes experiencias, que ayudarán a trazar su desarrollo y con esto la adquisición de habilidades cada vez más complejas.

Durante los primeros meses de vida, los seres humanos, tenemos patrones reflejos motores, considerados respuestas estereotipadas subcorticales, que desaparecen, aproximadamente en el tercer mes de vida (algunos antes y otros después) (24). Se ha visto que esto ocurre debido a la maduración de centros corticales superiores que inhiben este tipo de respuestas y a factores propios del desarrollo de cada persona, como incremento de masa corporal y el enlentecimiento de la adaptación neuromuscular ante este cambio (22,46). Los patrones neuromotores innatos componen las primeras etapas de locomoción, el sostén y la marcha automática. Posteriormente aparece el pataleo y el volteo, para dar pie a la sedestación y después a formas de locomoción independientes como el arrastre, óseo y gateo. Más tarde se inicia la bipedestación con sostén hasta llegar a ser independiente, al igual que la marcha, la cual va a ir madurando (24).

Hasta ahora se reconoce que el desarrollo de la marcha independiente depende de la maduración de varios sistemas cognitivos, motores y sensoriales, por ejemplo: el sistema de equilibrio y desarrollo de fuerza y sinergias musculares que permitirán mantener el control postural anti gravitatorio (14). El sistema egocéntrico para crear referencias a partir del propio cuerpo, y el sistema perceptivo-espacial (exocéntrico), que permite percibir e interpretar estímulos del exterior permitiéndonos adaptar nuestra locomoción al medio que nos rodea (14).

La adquisición de la marcha, se da alrededor de los 12 meses cuando se comienzan a dar pasos independientes, y es hasta los 7 años de edad que se forma un patrón de marcha con las características de activación muscular y espacio-temporales que tendrá un adulto. Este proceso de aprendizaje progresivo nos lleva a desarrollar un método de caminar en el que podamos hacer frente a situaciones de desequilibrio o de un entorno hostil. (24)

El desarrollo de la marcha es un proceso que requiere tiempo y la adquisición de distintas habilidades, así como la maduración de sistemas corporales. Si en algún momento se presenta la alteración o lesión de alguno de estos sistemas puede formarse un esquema corporal deficiente, desarrollarse patrones anormales de movimiento o cualquier otra circunstancia que dé como resultado una locomoción no adaptativa o adquirida fuera de tiempo (26). Esto sucede en los niños y niñas con parálisis cerebral.

Ciclo de la marcha

La marcha humana es una actividad locomotriz cíclica cuya unidad es el ciclo de marcha (25). El ciclo de la marcha inicia con el contacto de uno de los pies con el suelo, generalmente con el talón y termina con el siguiente apoyo del mismo pie.

Durante el ciclo de marcha, cada pierna pasa por una fase de apoyo, la cual comienza con el contacto inicial del pie y termina con el despegue del apoyo, es decir, el pie mantiene contacto con el suelo y representa, habitualmente, el 60% del ciclo (35). La segunda fase es la de oscilación, la cual inicia con el despegue del antepié hasta el siguiente contacto con el suelo, por lo tanto, el pie se mantiene en el aire y avanza para dar el siguiente paso (35).

Durante la fase de oscilación de cada pie, el cuerpo se encuentra en apoyo monopodal, lo cual significa que el tiempo de apoyo de un pie coincide con la fase de oscilación del pie contralateral. Cuando los 2 pies están en contacto con el suelo al mismo tiempo el cuerpo se encuentra en apoyo bipodal (35).

En cada fase se activan grupos musculares diferentes para llevar a cabo un patrón de marcha coordinado, como se describe en la Figura 2:

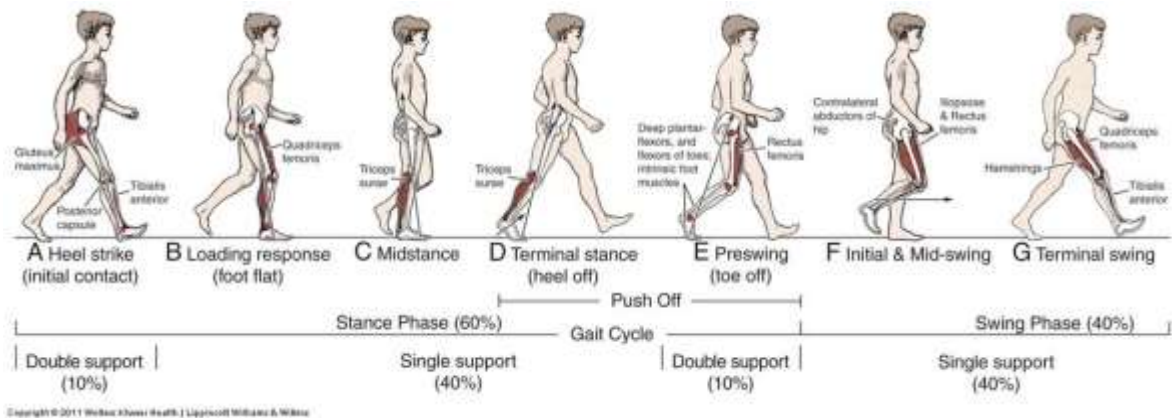


Figura 2: Activación de grupos musculares en las fases del ciclo de la marcha. Obtenida de Lippincott Williams & Wilkins 2011 Wolters Kluwer Health.

Así mismo, en cada fase los grupos musculares activados permiten posiciones articulares dinámicas que a lo largo del ciclo de marcha permiten al cuerpo permanecer en equilibrio y lograr un desplazamiento eficiente. Estas actividades cinemáticas de la relación articulación-grupo muscular se describen en el **cuadro 2**.

Así, a través del análisis del ciclo de marcha y los distintos parámetros que lo conforman, es posible identificar y clasificar las alteraciones del patrón de marcha que pueden presentarse en ciertas condiciones o patologías. En las personas con parálisis cerebral este patrón se encuentra alterado, presentando patrones anormales que se describirán a continuación.

Principales músculos y posiciones articulares de las fases de la marcha.		
Fase del ciclo de marcha	Posición articular	Músculos activos
Fase de apoyo		
Contacto inicial	Tobillo en flexión dorsal 0-5° Rodilla en flexión 0-5° Cadera en flexión 40°	Tibial anterior Isquiotibiales Glúteo mayor
Respuesta a la carga	Tobillo en flexión plantar Rodilla en extensión Cadera en abducción	Gastrocnemio Cuádriceps Glúteo medio
Fase media de apoyo	Tobillo en flexión plantar isométrica Rodilla extensión Cadera de flexión a extensión y en aducción 5°	Gastrocnemio y sóleo Tríceps sural Extensores de cadera Glúteo medio
Fase final del apoyo	Tobillo en flexión plantar concéntrica. Rodilla en flexión Cadera progresa hacia flexión.	Gastrocnemios Tríceps sural Flexores de cadera
Fase de oscilación		
Pre-balanceo	Cadera en flexión	Posas-ilíaco Recto femoral
Fase inicial del balanceo	Tobillo en flexión dorsal Rodilla en flexión 60° Cadera en flexión	Tibial anterior Psoas-ilíaco y tríceps sural Recto femoral
Fase media del balanceo	Tobillo en flexión dorsal Cadera en flexión	Tibial anterior
Fase final del balanceo	Tobillo en flexión dorsal Rodilla en flexión y posteriormente en extensión Cadera en flexión	Tibial anterior Isquiotibiales Cuádriceps Psoas-ilíaco, recto femoral y aductor mayor.
Cuadro 2 obtenida de: Perry el at 1992 [35] y Martínez I et al.2016 [25]		

1.3 Patrones de marcha en parálisis cerebral

Concepto

La parálisis cerebral, se considera una encefalopatía no progresiva, en la cual, las manifestaciones clínicas se modifican con el tiempo y el crecimiento (15). Es por esto que la reeducación de la marcha y la prevención de complicaciones que la puedan afectar, nunca dejan de ser metas dentro del manejo terapéutico que reciben las personas con esta condición.

El desarrollo de la locomoción inicia en el cerebro por lo que, si existe un antecedente de lesión en esta estructura, el proceso de adquisición de la marcha se verá afectado desde sus primeras etapas (15)

El patrón de marcha puede alterarse en la PC debido a diferentes factores, por ejemplo: espasticidad, debilidad y/o contracturas musculares o ligamentarias, alteraciones a nivel capsular, deformidades óseas, lesiones musculoesqueléticas y cambios postquirúrgicos, entre otros (25). La marcha patológica es la combinación de anomalías primarias suelen ser permanentes (posturales, del equilibrio, control motor y tono muscular), secundarias que son frecuentemente corregibles (retracciones musculares y deformidades óseas) y terciarias que con respuestas de afrontamiento o compensación que desaparecerán cuando ya no sean necesarias (15).

Clasificación de patrones de marcha en PC

Para clasificar los tipos de marcha que se pueden observar en personas con PC, se han hecho divisiones de acuerdo a la topografía de los miembros afectados (47,48,15).

Patrones de marcha en hemiplejia espástica

Esta clasificación fue propuesta por Winters *et al* 1987 (49) y está basada en el análisis de marcha instrumental en niños y adultos jóvenes con hemiplejia espástica. En este estudio se describen los tipos de patrón de marcha usando la cinemática en plano sagital de tobillo, rodilla, cadera y pelvis (49). Estos patrones son:

- a. Tipo 1: Pie caído o en péndulo: la flexión dorsal del tobillo está ausente debido a hipotonía del tibial anterior, extensor común de los dedos y extensor del hallux. La flexión plantar esta conservada por lo que esta alteración se observa en la fase de balanceo. No es un tipo muy común de marcha en PC y el manejo consiste en fisioterapia (termoterapia, neuroestimulación (47), facilitación neuromuscular propioceptiva, patrones de movimientos progresivos tipo Fay, Bobath, Vojta entre otras) (48) y uso de órtesis de tobillo pie tipo AFO (48).

- b. Tipo 2A: Pie equino: el pie adopta esta posición debido a espasticidad y /o acortamiento del tríceps sural y/o tibial posterior, la rodilla en posición neutral y la cadera en extensión. AL contacto con el suelo el pie se muestra en equino y la rodilla en flexión. Es el patrón de marcha más común, junto con el tipo 2B, en hemiplejía y el tratamiento es complejo (47).
- c. Tipo 2B: Pie equino y rodilla en recurvatum: se agrega al pié equino la rodilla en hiperextensión y la cadera en extensión. El tratamiento puede incluir el uso de toxina botulínica en los músculos espásticos, fisioterapia, órtesis tipo AFO y en algunos casos el alargamiento quirúrgico del tendón aquileano y otras tenotomías.
- d. Tipo 3: Pie en equino, rodilla en recurvatum y espasticidad y contractura del tríceps sural: esta combinación genera una rigidez articular de rodilla como resultado de la contracción sostenida de isquiotibiales y cuádriceps (48). Los niños y niñas que presentan este patrón suelen iniciar la marcha autónoma tarde, entre los 18 y 24 meses. El manejo es complejo y puede involucrar el uso de toxina botulínica, transferencia del recto femoral al vientre del gracilis o del semitendinoso (48) tenotomías, alargamiento quirúrgico de tendón aquileano, terapia física y órtesis tipo AFO.
- e. Tipo 4: Es menos frecuente (5%de los casos). En este tipo de marcha la cadera esta en flexión, aducción y rotación interna, la rodilla flexionada y el pie en equino. La causa de este patrón es la presencia espasticidad y acortamiento de los músculos: isquiotibiales, recto femoral, tríceps sural, psoas iliaco y aductores de cadera. La marcha autónoma se consigue alrededor de los 3 años y con ayudas técnicas. El tratamiento incluye: uso de toxina botulínica en los músculos afectados, cirugía multinivel (alargamientos tendinosos, transposiciones musculares, fisioterapia y uso de órtesis tipo AFO.

En la **Figura 3** se muestran las principales alteraciones de posición articular que se observan en cada tipo de patrón de marcha descrito anteriormente.

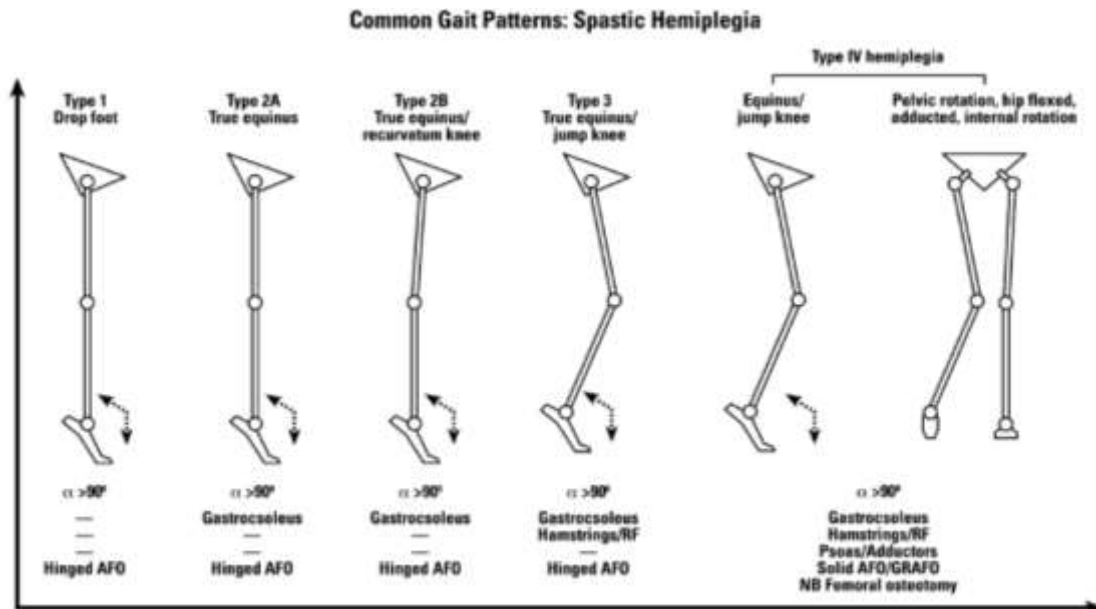


Figura 3: Patrones de marcha en hemiplejía espástica.

(Obtenida de © Rodda and Graham 2001, Royal Children's Hospital, Melbourne, Australia.

Patrones de marcha en diplejía espástica

Esta clasificación es más compleja, ya que está presente la participación bilateral; y, en muchos casos, no es simétrica, por lo que se pueden observar distintos patrones en cada lado. A continuación se describen las alteraciones cinemáticas desde el plano sagital (15)

- i. Marcha con pie equino: Típicamente causada por espasticidad de los músculos gastrocnemios y soleos y la deambulación se realiza sobre las puntas de los pies. La rodilla se extiende totalmente o entre en recurvatum. La cadera se extiende y la pelvis se mantiene dentro del rango normal (25). EL tratamiento quirúrgico específico es la tenotomía de gastrocnemio o aquiliano, desinserción y reinserción del origen del gastrocnemio, neurotomía de algunas ramas del nervio tibial, entre otras (47).
- ii. Marcha en salto: En este patrón de marcha los pies se encuentran en equino, la cadera y rodillas en flexión. El tobillo empieza la fase de apoyo en equino. LA rodilla y cadera empiezan en una flexión excesiva sin llegar a extenderse por completo en todo el ciclo de la marcha. La pelvis se encuentra dentro del

rango normal o en anteversión (25). Este patrón es causado por espasticidad de isquiotibiales, flexores de cadera y rodilla, principalmente la porción larga del bíceps femoral, semitendinoso y semimembranoso. El tratamiento precoz es importante ya que como complicación puede presentarse complicaciones como: inmovilidad en la articulación de las rodillas, displasia y/o luxación de cadera, deformidades óseas. Al inicio del manejo se trata de disminuir la espasticidad con estiramientos, órtesis y electroterapia entre otros tipos de manejo. Posteriormente si la espasticidad persiste o aumenta, se debe considerar el uso de toxina botulínica o tratamientos quirúrgicos.

- iii. Marcha en equipo aparente: El tobillo tiene una posición normal pero el talón no toca el suelo. Con el crecientito del niño o niña llega un momento en el que el pie equino no es tan destacado, sin embargo la flexión de cadera y rodillas se agravan. La pelvis se encuentra neutral o en anteversión.
- iv. Marcha agachada o agazapada: se caracteriza por una gran dorsiflexión del tobillo y flexión de rodillas y cadera. La pelvis se encuentra dentro del rango normal o con retroversión. Es muy común en pacientes con diplegia o cuadriplejía espástica. El tratamiento es enfocado a mantener la movilidad pasiva y evitar complicaciones.
- v. Marcha asimétrica: puede encontrarse 1 patrón de marcha diferente en cada miembro inferior.

Para que la marcha sea eficaz, Perry J. 1992 (35), describió algunos requisitos: estabilidad durante el apoyo, paso libre del pie durante el balanceo, longitud adecuada de paso y preparación del pie para el contacto inicial. Gage J 2009 (15) agregó la conservación de energía. La integridad de estos requisitos depende del correcto funcionamiento de los sistemas nervioso y locomotor (25). Las personas con PC tienen una lesión en el sistema nervioso central, por lo tanto tendrán dificultades en el mantenimiento de estos requisitos y por lo tanto las metas terapéuticas se enfocan en mantener las habilidades y condiciones físicas que permitan compensar o disminuir las anomalías de la marcha resultantes.

En la **figura 3.2** se muestran los patrones de marcha en diplegia espástica destacando las alteraciones en las posiciones articulares y los músculos involucrados en esta patología.

En el **cuadro 3** se resumen las alteraciones articulares que más destacan en cada uno de los patrones de marcha descritos anteriormente.

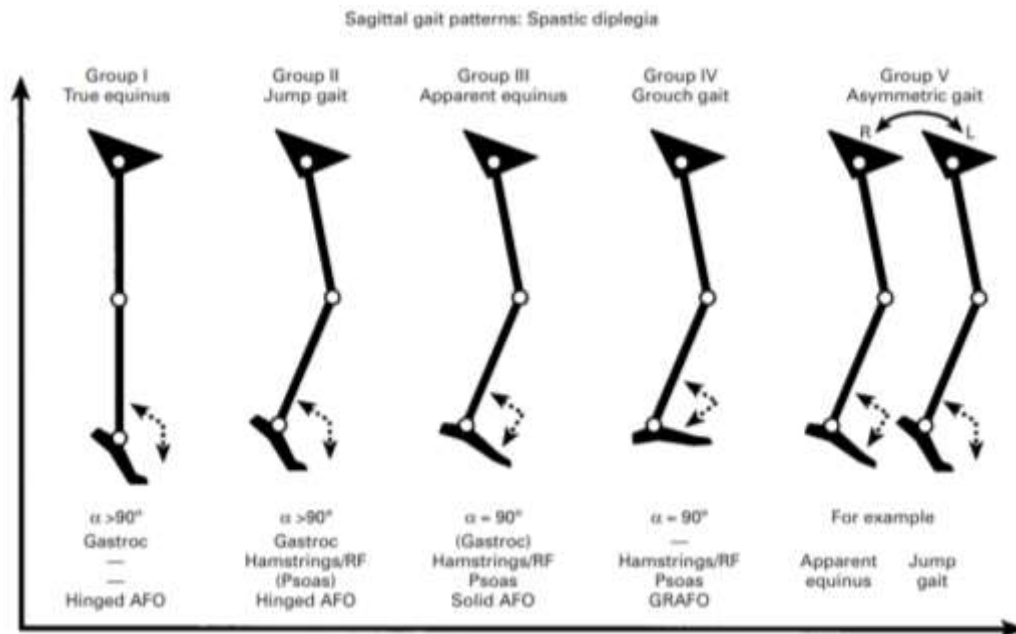


Figura 3.2. Patrones de marcha en diplejía espástica. Obtenida de: Rodda JM et al 2004

Cuadro 3: Principales alteraciones articulares en los patrones de marcha en parálisis cerebral				
Marcha	Pelvis	Cadera	Rodilla	Tobillo
Hemiplejía espástica				
Tipo 1				Flexión plantar (pié caído en fase de balanceo)
Tipo 2A		Extensión/flexión (al contacto con el suelo)	Neutral	Pie equino
Tipo 2B		Extensión	Recurvatum	Pie equino
Tipo 3			Recurvatum (rigidez)	Pie equino
Tipo 4	Retracción/an teversión	Flexión/aducción/ rotación interna	Flexión/rigidez	Pie equino
Diplejía espástica				
En equino	Normal	Extensión	Extensión o recurvatum	Pie equino
En salto	Normal o en anteversión	Flexión	Flexión	Equino (fase de apoyo)
Equino aparente	Neutral o en anteversión	Flexión excesiva	Flexión excesiva	Normal y el talón no toque el suelo
Agachada	Normal o en retroversión	Flexión	Flexión	Flexión dorsal excesiva
M. asimétrica o patrones mixtos				
Información obtenida de: Tugui RD 2013 (47) y Martínez I 2016 (25)				

Habiendo descrito las características principales de los distintos patrones de marcha que pueden presentar las personas con PC se describirá, a continuación, una herramienta terapéutica basada en el deporte de escalada

Parte 2: Uso de la escalada terapéutica en rehabilitación

Existen muchos recursos terapéuticos que actualmente se utilizan en tratamiento rehabilitador de personas con PC por ejemplo: terapia restrictiva, estiramientos, toxina botulínica, uso de bicicletas estacionarias, órtesis, musicoterapia, trabajo en grupo, deportes adaptados, uso de robótica y otras tecnologías, neuroestimulación, entre otras (31). Recientemente se ha propuesto la escalada terapéutica como recurso para la rehabilitación (20).

2.1 Concepto Escalada

Definición

La escalada se define como un deporte multidisciplinar en la cual se realizan ascensos o travesías sobre una pared (natural o artificial), que por su grado de dificultad requieren el uso de las extremidades superiores u otros medios como el equipo especializado usando en la escalada en hielo o prótesis en el caso de personas que tengan algún tipo de amputación. Además una actividad que ayuda al desarrollo de habilidades de tipos físicas, psicológicas y sociales.

Clasificación

Existen diferentes maneras de clasificar la práctica de la escalada:

- 1) De acuerdo al medio donde se practica: Interior o artificial (rocódromos), Exterior o pared natural (roca) y dentro de esta existen la modalidades de escalada en roca, hielo y mixta.
- 2) De acuerdo a la técnica de escalada que se emplea, estas pueden ser:
 - a) Escalada asistida: en ella se hace uso de equipo especial que se coloca en la roca y permite al deportista ascender de manera segura. Se utiliza en paredes de gran altura y muy complejas o técnicas.
 - b) Escalada libre: en este tipo de práctica, solo se hace uso del equipo como medida de seguridad, así el deportista asciende haciendo uso únicamente de su propia fuerza, técnica y resistencia. En este caso los seguros han sido previamente colocados y permanecen fijos en la pared o roca. En esta modalidad existen diferentes posibilidades de ascenso:
 - i. Deportiva (*lead*): el escalador va colocando en los seguros las cintas y la cuerda de seguridad.

- ii. Deportiva (de segundo): en esta modalidad el escalador asciende asegurado con una cuerda que previamente alguien colocó al final de la ruta.
 - iii. Multilargos: ascenso en paredes de gran altura, esto se realiza en etapas en las cuales primero sube un escalador colocando las cintas y cuerda y posteriormente asegurando a su pareja desde arriba. Dependiendo la altura y grado de las rutas, muchas veces pueden pasar días ascendiendo por lo que deberán instalar equipo para descansar y comer.
- c) Escalada libre en solo: en este caso el deportista no hace uso del equipo y asciende sin asistencia o método de aseguramiento. Puede hacerlo sobre aguas profundas (*Psicobloc*), absolutamente sin equipo (solo integral) o usando una cuerda y un dispositivo de aseguramiento que él o ella misma usan (*Roped solo*)
- d) *Bouldering*: ascenso o travesía de paredes cortas que no requieren el uso de equipo de aseguramiento (cuerda, cintas y dispositivo de aseguramiento), únicamente se colocan colchonetas debajo de la ruta para propiciar una caída segura.
- e) Escalada tradicional: en este tipo de escalada, se van colocando en la roca o hielo los seguros necesarios y por donde pasará la cuerda de seguridad. Es decir, no están preinstalados los seguros o anillas como en la escalada deportiva.
- f) Escalada a nivel competitivo: hasta ahora organizadas por la Federación Internacional de Escalada Deportiva (IFSC por sus siglas en inglés) las competencias mundiales de este deporte se llevan a cabo en las siguientes modalidades (18):
- i. “Lead”: los atletas tiene una oportunidad de realizar una ruta (mayor a 15 m de altura), resolviendo los pasos para ascender hasta el final, cuentan con 6 minutos para lograrlo, su oportunidad finaliza una vez que agoten el tiempo o que caigan. Son asegurados por personal especializado y deben ir colocando la cuerda de seguridad por las cintas previamente colocadas. Cada movimiento tiene puntaje y si más de una alcanza el final se dictamina el ganador en base al tiempo requerido para el ascenso completo.
 - ii. “Boulder”: Los atletas deben resolver y completar rutas de menos de 4m de altura, por lo tanto no requieren el uso de equipo de aseguramiento, cuentan con 4 minutos para realizarlo y cada intento es tomado en cuenta al momento de puntuar, gana quien

consigna completar la mayor cantidad de problemas con la menor cantidad de intentos.

- iii. Velocidad: 2 atletas compiten al mismo tiempo y deben ascender una ruta de 15m de altura en el menor tiempo posible. Durante esta prueba los escaladores son asegurados con una cuerda colocada previamente.
- iv. “Paraclimbing”: se realiza con las mismas tres modalidades mencionadas anteriormente. de acuerdo al tipo y grado de discapacidad que presenten Los atletas se dividen en categorías: visual (subdivisiones B1, B2 y B3), amputados (a su vez se divide en extremidades superiores e inferiores y si es una o las dos extremidades) y limitación en rango de movilidad, potencia o estabilidad (con subdivisiones como: hipertonia, ataxia, atetosis entre otras) (17).

4.2 Escalada terapéutica

La escalada terapéutica es una adaptación de los recursos y movimientos usados en la escalada convencional. Esta terapia fue utilizada por primera vez en la década de los 80 en Estados Unidos de América como tratamiento para adictos.

En la siguiente década, la escalada terapéutica se introdujo al área de la rehabilitación y en países como Alemania, Austria y Suiza y ha mostrado resultados favorables en pacientes de todas las edades, tanto con afectaciones neurológicas como ortopédicas (20). Actualmente se continúan estudiando los beneficios de la escalada terapéutica en pacientes con discapacidades físicas, afectaciones mentales y neurológicas (42)

La escalada terapéutica no necesariamente debe involucrar el ascenso de rutas como en la escalada deportiva, sino que puede incluir la realización de ejercicios diseñados específicamente para cada circunstancia llevados a cabo en una pared de escalada (7). En algunos lugares se han desarrollado paredes de escalada aptas para que niños con altos grados de afectación física puedan practicar.

Existen distintas formas en que las personas pueden tener acceso a la escalada terapéutica:

- Acudiendo a un rocódromo convencional que cuente con las instalaciones y el personal que requerido para el tipo y grado de discapacidad que tenga ella, él o su familiar.
- Participando de la actividad en un centro especializado donde solo se trabaje con escalada terapéutica.

- Que la terapia esté prescrita y la pueda llevar a cabo dentro de la institución donde se encuentre ingresado o ingresada o a la que acuda a recibir otro tipo de atención.

En el **cuadro 4** se muestran las páginas web y el país donde se encuentran algunos de los lugares donde se puede practicar escalada adaptada o terapéutica.

Cuadro 4: Ejemplos de centros donde se puede realizar escalada terapéutica.		
Nombre y tipo de organización	Ubicación	Página web
Peak Potential Org. Sin fines de lucro	New Jersey USA	http://peakclimb.org/about-us/
The castle Centro de escalada	Stoke Newington London	https://www.castle-climbing.co.uk/Disability-Inclusivity
Institute for climbing therapy Instituto especializado en escalada terapéutica	Salzburg Austria	http://www.climbingtherapy.com/courses-climbing-therapy/
Climbat Rocódromo	Barcelona España	https://www.climbat.com/
Rock and Wall Rocódromo con áreas adaptadas.	Sevilla España	https://www.rockandwallclimbing.com

La escalada terapéutica no solo se ha evaluado como benéfica para aspectos físicos, se sabe que en personas con depresión o déficits atencionales puede contribuir de manera positiva (23). Se ha visto que en niños y adolescentes percepción de auto eficiencia mejora significativamente (42), lo cual puede afectar de manera positiva otros aspectos personales como autoestima, atención, adherencia al tratamiento, entre otros (42).

En parálisis cerebral

Existen pocas publicaciones en las que se analicen los beneficios de la escalada terapéutica en niños y niñas con PC. Anteriormente se han evaluado los efectos de la escalada terapéutica en pacientes pediátricos con traumatismo craneoencefálico e ictus, mejorando la motricidad gruesa y coordinación, así como disminuyendo espasticidad (20).

Un ejemplo de esto es el estudio que realizaron Koch *et al* en 2015 (20) en donde se evaluó la influencia de la escalada terapéutica en la fuerza de prensión o agarre en manos, control postural, movilidad funcional y espasticidad. Este estudio se realizó con 8 pacientes de entre 4y 14 años de edad, con diagnóstico de hemiparesia. Participaron en sesiones de escalada terapéutica de una hora dos veces por semana por tres meses. Fueron evaluados antes y después de la intervención por fisioterapeutas quienes no tenían conocimiento de que niños habían participado de las sesiones. Cada

aspecto fue evaluado con un test o escala específico: el agarre de manos con un dinamómetro, el control postural a través de los test Guralink, para la velocidad de marcha se le pidió que caminaran cuatro metros a velocidad normal y usando los soportes que normalmente usan, para la habilidad de sentarse en una silla y ponerse de pie, se le pidió que realizaran esta acción cinco veces consecutivas midiendo el tiempo, la movilidad funcional se evaluó con el test de *Time Up and Go* y para la espasticidad se utilizó la escala modificada de Ashworth. En este estudio se concluyó que la escalada terapéutica mejora el agarre en manos, el control postural y el movimiento funcional de los pacientes de manera significativa (20). Por lo tanto es una intervención prometedora para niños y niñas con PC.

La escalada, en cualquiera de sus formas (deportiva, tradicional o terapéutica) mejora la fuerza, flexibilidad, estabilidad, balance muscular, equilibrio y atención de quien la práctica. Dentro de las ventajas que tiene este deporte, frente a otros, es que es novedoso y resulta muy atractivo, lo que produce un alto grado de adherencia en su práctica o uso terapéutico (20).

El hecho de que a temprana edad las personas tengan menos participación en actividades sociales puede tener como consecuencia un aislamiento social en la adolescencia y adultez. Realizar actividades deportivas intensas puede facilitar el desarrollo motor y cognitivo de los niños y niñas, así como fortalecer su integración social. (42)

Existen condiciones que podrían contraindicar el uso de escalada terapéutica o realizarla hasta su resolución, algunas de ellas son: alto riesgo de fracturas, deformidades articulares severas, lesiones musculo esqueléticas agudas, fobia a las alturas, poca cooperación del paciente, entre otras (42).

En reeducación de la marcha

Las extremidades inferiores juegan un papel activo durante los ejercicios de escalada, asegurando la estabilidad de la postura al momento de tratar de alcanzar otro agarre (6). Por lo tanto con el uso de la escalada terapéutica, las personas con alteraciones de la marcha pueden mejorar su control de movimiento de extremidades inferiores y esto contribuyera de manera positiva a la rehabilitación locomotora.

La ejecución de ciertos movimientos tan restrictivos puede conseguir que los individuos desarrollen en la habilidad de encontrar nuevos patrones de coordinación y formas de regular la adquisición de nuevas habilidades o patrones de movimiento (16).

Durante la escalada el mantenimiento de ciertas posturas exigentes aumenta el reclutamiento de unidades motoras ayudando a incrementar la fuerza muscular (30), por lo que reducen la rigidez ayudando a preservar la elasticidad del músculo (20).

Algunos beneficios que la escalada terapéutica puede brindar a la reeducación de la marcha y que han sido puestos a prueba en estudios publicados se comentan a continuación:

- **Control de tronco:** Muehlbauer *et al* en 2011 (30) realizaron un estudio con 28 adultos sedentarios divididos en 2 grupos, uno control y otro que participó en entrenamientos de escalada 2 días a la semana durante 8 semanas. Sus resultados fueron significativos para la mejoría de la fuerza máxima isométrica de flexores y extensores de tronco así como la movilidad del mismo en plano sagital y coronal. Estas mejorías se asocian a que, durante la práctica de escalada, las personas realizan cambios continuos en las contracciones tanto dinámicas como isométricas.
- **Flexibilidad, estabilidad y fuerza:** Se ha utilizado la escalada terapéutica en personas mayores y se vio que mejoraron su patrón de marcha, reduciendo la probabilidad de caídas durante sus actividades diarias (13). En otros estudios se vio que la escalada mejoró la fuerza de los músculos estabilizadores de columna y el balance muscular en un grupo de adolescentes (32)
- **Aspectos psicológicos:** Es importante que los pacientes tengan adherencia al tratamiento, se sientan cómodos y motivados para realizar la actividad. Se sabe que la escalada como deporte favorece el desarrollo de autoestima y la capacidad para solucionar problema. Las habilidades como ejecución motora, control postural, equilibrio y la restricción de postura movimiento requieren una demanda de atención (5) por lo que se intuye que en al practicar escalada, las personas ejercitan también sus habilidades atencionales. Bourdin *et al* en 1998 (5) observaron como las demandas atencionales varían al cambiar la postura de los escaladores, por ejemplo al realizar el movimiento para alcanzar un agarre y vieron que, dependiendo el grado de dificultad y lo restrictivo de la postura, las demandas atencionales podáis aumentar. Luttenberg *et al* en 2015(23) realizaron un estudio en pacientes con depresión en el que, a un grupo, se le involucró en sesiones de escalada tipo “*Boulder*” durante 8 semana, se realizaron diferentes test y baterías antes y después de la intervención. En comparación con el grupo control, los pacientes que realizaron escalada terapéutica mostraron mejorías significativas.
- **Funciones cognitivas:** La escalada requiere la solución de problemas complejos a través del cambio constante en las secuencias de movimiento (21).

Al tener experiencias positivas practicando la escalada terapéutica las personas mejoran la confianza en sí mismas, viendo que son capaces de realizar actividades diferentes y exigentes, tanto física como psicológicamente.

Hasta ahora la evidencia de la efectividad de la escalada terapéutica se limita a ensayos pequeños con alto riesgo de sesgo (7), sin embargo ya se ha dado el primer paso para la generación de conocimiento científico que ponga a prueba la escalada

terapéutica. Así, cada vez se diseñarán mejores programas con bases sólidas que podrán beneficiar a la población.

Parte 5 Propuesta de implementación

Habiendo descrito los patrones de marcha que pueden presentar los niños y niñas con PC, podemos imaginar como el uso de escalda terapéutica puede ayudar a disminuir alguna de las alteraciones de patrón de que afectan la marcha. En el cuadro 5 se describen las características que deberán tener los ejercicios de escalada terapéutica dependiendo la alteración articular o cinemática que presenten los pacientes, tomando en cuenta también la causa de estas alteraciones.

Es recomendable que los participantes asciendan la misma ruta más de una vez ya que el conocimiento previo de una vía disminuye afecta tanto psicológica como fisiológicamente (12). Actualmente las personas prefieren los deportes que les permitan pasar más tiempo en contacto con la naturaleza, fuera de la ciudad, los edificios y el estrés (16). Por lo que debemos promocionar el tipo de actividades que cubran este tipo de necesitados y con esto contribuir al bienestar integral de los pacientes.

El hecho de que a temprana edad las personas tengan menos participación en actividades sociales puede tener como consecuencia un aislamiento social en la adolescencia y adultez. Realizar actividades deportivas intensas puede facilitar el desarrollo motor y cognitivo de los niños y niñas, así como fortalecer su integración social (20). Independientemente del nivel de experiencia de cada apersona las habilidades físicas y psicologías que demanda la práctica e escalada se ven constantemente desafiadas ya que existen infinidad de posibilidades de incrementar o modificar la demanda de estas habilidades (20).

Es muy importante que los procesos de rehabilitación y mantenimiento sean atractivos, generen motivación y puedan nutrirse de herramientas nuevas. Principalmente para los niños con PC, el cambiar el ambiente terapéutico tradicional puede aumentar el apego a las sesiones y beneficiar a las otras terapias que reciba. Así mismo, estos niños y niñas deben tener la oportunidad de realizar actividades y deportes junto con otros con y sin PC u otra condición que anteriormente les haya provocado un aislamiento social.

Cuadro 5: Ejercicios en escalada terapéutica dependiendo de la alteración cinemática y sus causas.

Alteración cinemática o articular	Causa	Objetivos	Propuesta de actividad
Flexión de cadera	Contractura o espasticidad de m. flexores de cadera (Psoas y recto femoral)	Potenciar musculatura antagonista. (Glúteo medio y mayor)****	Fijar el pie del paciente mientras estira sus piernas para alcanzar el siguiente agarre.
	Déficit de extensión de rodilla.	Mantener balance articular de cadera	Realizar movimientos cortos y en plano horizontal.
Anteversión pélvica, reclinación cervical, rotación interna y aducción de hombros.	Extensión axial limitada	Favorecer la extensión axial	Realizar movimientos que requieran máxima extensión, fijando los o el pie y evitando que el paciente salte. Juegos en los que deba permanecer en extensión máxima un tiempo determinado.
Basculación anterior de la pelvis	Acortamiento de los flexores de cadera.		
	Excesiva longitud-debilidad de los isquiotibiales		Rutas o travesías con movimientos en donde deba subir la pierna el más alto posible a la siguiente pisadera.
Basculación posterior de la pelvis	Espasticidad o acortamiento de isquiotibiales		Ejercicios que requieran máxima extensión de piernas y en una pared sin inclinación.
Flexo de rodilla	Espasticidad de flexores de rodilla	Potenciar musculatura (tríceps)	
Insuficiencia de flexión de la rodilla	Espasticidad de cuádriceps		Ejercicios con el terapeuta para evitar postura anómala y que el paciente pueda participar de las actividades.
Hiperextensión de rodilla	Espasticidad y/o retracción del tríceps	Mantener rango de movimientos	
	Espasticidad y/o retracción del cuádriceps		

****Trabajar Glúteo medio con cuidado ya que, en flexión de cadera, cambia su vector de fuerza volviéndose un rotador interno, y puede magnificar el efecto de la deformidad del fémur sobre deambulación o provocar marcha en rotación interna sin incremento de anteversión femoral (25)

Referencias

1. Agudelo AI, Briñez TJ, Guarín V, Ruiz JP. Marcha: descripción, métodos, herramientas de evaluación y parámetros de normalidad reportados en la literatura. *CES Mov y Salud* 2013;1(1):29–43.
Disponible en: <http://revistas.ces.edu.co/index.php/movimientoysalud/article/view/2481>
2. Argüelles PP. Parálisis cerebral infantil. *Protocolos diagnóstico teraéuticos de la AEO: Neurología pediátrica*; 2008 36: 272-277.
Disponible en: www.aeped.es/protocolos/.
3. Bax M, Flodmark O, Tydeman C. Proposed definition and classification of cerebral palsy: Future directions. *Dev Med Child Neurol* 2005 ;47:39–41.
Disponible en: www.castangfoundation.net/workshops_washington_.
4. Beckung E, Hagberg G. Neuroimpairments, activity limitations, and participation restrictions in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2002;44(5):309–16.
Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12033716>
5. Bourdin C, Teasdale N, Nougier V. Attentional Demands and the Organization of Reaching Movements in Rock Climbing. *Res Q Exerc Sport* 1998;69(4):406–10.
Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9864759>
6. Bourdin C, Teasdale N, Nougier V. High postural constraints affect the organization of reaching and grasping movements. *Exp brain Res* 1998;122(3):253–9.
Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9808298>
7. Buechter RB, Fechtelpeter D. Climbing for preventing and treating health problems: a systematic review of randomized controlled trials. *Ger Med Sci* 2011;9:Doc19.
Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21863133>
8. Calzada C, Vidal C, Díaz G. Parálisis cerebral infantil: definición y clasificación a través de la historia. *Rev Mex Ortop Pediátrica* 2014;16(1):6–10.
Disponible en: <http://www.medigraphic.com/opediatria>
9. Cans C. Surveillance of cerebral palsy in Europe: a collaboration of cerebral palsy surveys and registers. *Dev Med Child Neurol* 2000; 42(12):816–24.
Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1469-8749.2000.tb00695.x>
10. Cans C, Dolk H, Platt MJ, Colver A, Prasauskiene A, Krägeloh-Mann I, et al. Recommendations from the SCPE collaborative group for defining and classifying cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2007;109:35–8.
Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17370480>
11. Cifuentes C, Martínez F, Romero E. Análisis teórico y computacional de la marcha normal y patológica: una revisión. *Rev Fac Med* 2010;18 (2): 182-196
Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/med/v18n2/v18n2a05.pdf>
12. Draper N, Jones GA, Fryer S, Hodgson C, Blackwell G. Effect of an on-sight lead on the physiological and psychological responses to rock climbing. *J Sports Sci Med* 2008; 7(4):492–8.
Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24149956>

13. Fleissner H, Sternat D, Seiwald S, Kapp G, Kauder B, Rauter R, Kleindienst R, Hörmann J. Therapeutic climbing improves independence, mobility and balance in geriatric patients. *Euro J Ger.* 2010;12(1):12-6.
Disponile en: [http:// www.dggeriatrie.de/download/EJG1001_01_47_online.pdf](http://www.dggeriatrie.de/download/EJG1001_01_47_online.pdf).
14. Forssberg, H. Ontogeny of human locomotor control. I. Infant stepping, supported locomotion, and transition to independent locomotion. *Experimental Brain Research* 1985 57, 480-493.
15. Gage JR, Schwarts MH, Koop SE, Novacheck TF. The identification and treatment of gait problems in cerebral palsy; *Ed MacKeith Press*; London 2009
16. Gürer B, Emin Yildiz M. Investigation of Sport Rock Climbers' Handgrip Strength. *Biology of Exercise* 2015 p. 55–71.
Disponile en: <https://www.biologyofexercise.com/images/issues/1124.pdf>
17. Hatch T, Leonardon F. International Federation of Sport Climbing Rules 2018. V. No 1.5.
18. Hatch T, Leonardon F. Sport Climbing RULES 2019. Disponile en: https://www.ifsc-climbing.org/images/World_Competitions/IFSC-Rules_2019_v192_PUBLIC.pdf
19. Kleinstäuber M, Reuter M, Doll N, Fallgatter A. Rock climbing and acute emotion regulation in patients with major depressive disorder in the context of a psychological inpatient treatment: a controlled pilot trial. *Psychol Res Behav Manag* 2017; Volume 10:277–81. Disponile en: <https://www.dovepress.com/rock-climbing-and-acute-emotion-regulation-in-patients-with-major-depr-peer-reviewed-article-PRBM>
20. Koch HGB, Peixoto G de O, Labronici RHDD, Silva NC de OV e, Alfieri FM, Portes LA. Therapeutic climbing: a possibility of intervention for children with cerebral palsy. *Acta Fisiátrica* 2015; 22(1).
Disponile en: <http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/0104-7795.20150008>
21. Lazik D. Therapeutisches Klettern. 1st ed. Stuttgart: Thieme; 2009.
22. Leonard, E. L. Early motor development and control: Foundations for independent walking. In G. L. Smith (Ed.), *Gait in Rehabilitation. Clinics in Physical Therapy* (pp. 121-140). New York 1990 Churchill Livingstone.
23. Luttenberger K, Stelzer E-M, Först S, Schopper M, Kornhuber J, Book S. Indoor rock climbing (bouldering) as a new treatment for depression: study design of a waitlist-controlled randomized group pilot study and the first results. *BMC Psychiatry* 2015; 15(1):201. Disponile en: <https://doi.org/10.1186/s12888-015-0585-8>
24. Martín Casas P, Meneses Monroy A, Beneit Montesinos JV, Atín Arratibel M. Á. El desarrollo de la marcha infantil como proceso de aprendizaje. *Acción Psicológica* 2014;11(1):45–54.
Disponile en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1578-908X2014000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
25. Martínez Caballero I, Abad Lara JA. Parálisis cerebral infantil : manejo de las alteraciones músculo-esqueléticas asociadas. *Ergon* 2016 272 p.
Disponile en: <http://ergon.es/producto/paralisis-cerebral-infantil/>
26. Metcalfe JS, Clark JE. Sensory information affords exploration of posture in newly walking

infants and toddlers. *Infant Behavior & Development* 2000 23, 391-405.

27. Ministerio de Sanidad y Política Social & Organización Mundial de la Salud. Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud: versión para la infancia y adolescencia: CIF-IA. Ministerio de Sanidad y Política Social; 2011. Disponible en: <http://www.who.int/iris/handle/10665/81610>
28. Morris C. Definition and classification of cerebral palsy: a historical perspective. *Dev Med Child Neurol Suppl* 2007;109:3–7. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17370476>
29. Morrison AB, Schöffl VR. Physiological responses to rock climbing in young climbers. *Br J Sports Med* 2007;41(12):852–61. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18037632>
30. Muehlbauer T, Stuerchler M, Granacher U. Effects of Climbing on Core Strength and Mobility in Adults. *Int J Sports Med* 2012; 33(06):445–51. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22422306>
31. Novak I, Mcintyre S, Morgan C, Campbell L, Dark L, Morton N, et al. A systematic review of interventions for children with cerebral palsy: state of the evidence. *Dev Med Child Neurol* 2013; 55(10):885–910. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23962350>
32. Orth D, Davids K, Seifert L. Coordination in Climbing: Effect of Skill, Practice and Constraints Manipulation. *Sport Med* 2016; 46(2):255–68. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26604101>
33. Pakula AT, Van Naarden Braun K, Yeargin-Allsopp M. Cerebral Palsy: Classification and Epidemiology. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2009; 20(3):425–52. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1047965109000230?via%3Dihub>
34. Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, Russell D, Wood E, Galuppi B. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1997; 39; 214-23
35. Perry J . Gait Analysis: Normal and pathological function. Slack Inc. New Jersey 1992.
36. Prat J, Sánchez-Lacuesta J, Alcántara E. Biomecánica de la marcha humana normal y patológica. Valencia: Instituto de Biomecánica de Valencia; 2005
37. Reid SM, Carlin JB, Reddihough DS. Using the Gross Motor Function Classification System to describe patterns of motor severity in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2011; 53(11):1007–12. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22014320>
38. Rodda J, Graham HK. Classification of gait patterns in spastic hemiplegia and spastic diplegia: a basis for a management algorithm. *Eur J Neurol* 2001; 8(s5):98–108. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1046/j.1468-1331.2001.00042.x>
39. Rodda JM, Graham HK, Carson L, Galea MP, Wolfe R. Sagittal gait patterns in spastic diplegia. *J Bone Joint Surg Br*. 2004;86(2):251-8.
40. Rosenbaum P et al. The definition and classification of cerebral palsy. *DMCN* 2007; 49

(suppl 109): 1-44.

41. Rosenbaum PL, Palisano RJ, Bartlett DJ, Galuppi BE, Russell DJ. Development of the Gross Motor Function Classification System for cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2008; 50(4):249–53. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18318732>
42. Schram Christensen M, Jensen T, Voigt CB, Nielsen JB, Lorentzen J. To be active through indoor-climbing: an exploratory feasibility study in a group of children with cerebral palsy and typically developing children. *BMC Neurol* 2017; 17(1):112. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12883-017-0889-z>
43. Sheel AW. Physiology of sport rock climbing A W Sheel. *Br J Sport Med* 2004; 38:355–9. Disponible en: <http://bjsm.bmj.com/>
44. Stephan MA, Krattinger S, Pasquier J, Bashir S, Fournier T, Ruegg DG, et al. Effect of Long-Term Climbing Training on Cerebellar Ataxia: A Case Series. *Rehabil Res Pract* el 2011. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/rerp/2011/525879/>
45. The Tokyo Organising Committee of the Olympic and Paralympic Games. Olympic Sports : Sport Climbing 2018. Disponible en: <https://tokyo2020.org/en/games/sport/olympic/sport-climbing/>
46. Thelen, E, Cooke, DW. Relationship between newborn stepping and later walking: A new interpretation. *Dev Med Child Neurol* 1987 29(3), 380-393.
47. Tugui RD, Antonescu D. Cerebral palsy gait, clinical importance. *Maedica (Buchar)* 2013; 8(4):388–93. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24790675>
48. Vidal Ruiz CA, Calzada Vázquez Vela C, Morales Pirela MG, Iturbide Siles P. Tratamiento en pacientes con parálisis cerebral infantil de acuerdo con el análisis clínico de la marcha y la postura. *Rev Mex Ortop Pedriátrica* 2016; 18(1):46–50. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/opediatria>
49. Winters TF, Gage JR, Hicks R. Gait patterns in spastic hemiplegia in children and young adults. *J Bone Joint Surg Am* 1987; 69(3):437–41. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3818706>
50. World Health Organization. Clasificación internacional del funcionamiento de la discapacidad y de la salud: CIF. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.; 2001. Disponible en: <http://www.who.int/iris/handle/10665/42419>