

**VARIACIONES DEL PERFIL CINEMÁTICO DE LA MARCHA EN PUNTA DE
PIES IDIOPÁTICA EN NIÑOS**

INVESTIGADOR

JACKELINE LIZETH TAFUR-OVIEDO

**Trabajo de grado para optar al título de
Especialista en Epidemiología**

Universidad del Rosario

Universidad CES

Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud

Especialización en Epidemiología

Bogotá, D.C., noviembre de 2018

**VARIACIONES DEL PERFIL CINEMÁTICO DE LA MARCHA EN PUNTA DE
PIES IDIOPÁTICA EN NIÑOS**

INVESTIGADOR

JACKELINE LIZETH TAFUR-OVIEDO

ASESORES

CAMILO ANDRÉS TURRIAGO PÉREZ MD, Esp. Ortopedia Infantil

JOSE BAREÑO SILVA MD, Docente Investigador CES

Trabajo de grado para optar al título de: Especialista en Epidemiología

Universidad del Rosario

Universidad CES

Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud

Especialización en Epidemiología

Bogotá, D.C., noviembre de 2018

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	4
ABSTRACT.....	5
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	6
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	8
1.3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	10
2. MARCO TEÓRICO	11
2.1. MADURACIÓN DE LA MARCHA.....	11
2.2. LA MARCHA NORMAL.....	12
2.3. LA MARCHA ANORMAL	15
2.3.1. La marcha en puntas de pies	16
3. HIPÓTESIS	19
3.1. HIPÓTESIS NULA	19
3.2. HIPÓTESIS INVESTIGADOR.....	19
4. OBJETIVOS.....	20
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	20
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
5. METODOLOGÍA	21
5.1. ENFOQUE METODOLÓGICO.....	21
5.2. TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO	21
5.3. POBLACIÓN.....	21
5.4. DISEÑO MUESTRAL.....	21
5.5. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN.....	22
5.6. DESCRIPCIÓN DE VARIABLES.....	22
5.6.1. Tabla de Variables.....	22
5.7. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	23
5.7.1. Fuente de Información.....	23
5.7.2. Instrumento de recolección de información.....	23
5.7.3. Proceso de obtención de la información	23
5.8. CONTROL DE ERRORES Y SESGOS	24
5.9. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS.....	24
6. CONSIDERACIONES ÉTICAS	26
7. RESULTADOS	27
8. DISCUSIÓN	34
9. CONCLUSIONES	37
10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	38
11. ANEXOS	41
11.1. Consentimiento Informado Movisys.....	41

RESUMEN

Introducción: La marcha en punta de pies es un estadio normal en el proceso de maduración de la marcha. Sin embargo, cuando este patrón continúa a lo largo del tiempo constituye un problema que altera el funcionamiento biomecánico normal de todo el miembro inferior. El presente estudio buscó determinar si el perfil cinemático de la marcha en punta de pies idiopática en niños se modifica y logra normalizarse cuando se solicita la ejecución del patrón con apoyo del talón.

Metodología: Se realizó un estudio observacional analítico de tipo corte transversal en donde se analizaron 25 niños a los que se les realizó análisis computarizado de la marcha entre enero de 2015 y julio de 2017, en el laboratorio de análisis del movimiento Movisys.

Resultados: Se encontraron algunas diferencias significativas entre el patrón en puntas y el patrón de apoyo de talón en las articulaciones evaluadas. En el caso del tobillo, existen diferencias tanto en la fase de apoyo como en el balanceo ($p=0.000$); mientras que en la rodilla se presentaron en el contacto inicial ($p=0.024$) y la respuesta a la carga ($p=0.004$). En cuanto a la cadera no se encontraron diferencias significativas.

Conclusiones: No se encontraron diferencias significativas en la proporción de pacientes que lograron normalizar antes y después de solicitarles el patrón de talón, a excepción de las variables del tobillo. Las alteraciones afectan el tobillo principalmente y en menor proporción la rodilla, siendo estas modificables, aunque no se logre una total normalización. Esto podría sugerir la presencia de una condición patológica adicional a la condición ortopédica reportada.

Palabras clave: cinemática, análisis de la marcha, diplejía espástica, pie equino.

ABSTRACT

Introduction: Walking on toes is a normal stage in the process gait maturation. However, when this pattern continues over time becomes a problem which alters the normal biomechanical functioning of the entire lower limb. The present study sought to determine if the kinematic profile of idiopathic toe walking in children is modified and normalized when the execution of the pattern with heel support is requested.

Methodology: A cross-sectional study was carried out in which 25 children were analyzed, who underwent computerized analysis of gait between January 2015 and July 2017, inside “Movisys” movement analysis laboratory.

Results: Some significant differences were found between the pattern in toes and the ones with heel support, in the evaluated joints. In the case of the ankle, there are differences both in the stance phase and in the swing phase ($p = 0.000$); while in the knee they presented in the initial contact ($p = 0.024$) and the load response ($p = 0.004$). Regarding the hip, no significant differences were found.

Conclusions: No significant differences were found in the proportion of patients who managed to normalize before and after requesting the heel pattern, except for the ankle variables. The alterations affect the ankle mainly and to a lesser extent the knee, both being modifiable, although a normalization of 100% was not achieved. This could suggest the presence of an additional pathological condition to the orthopedic condition reported.

Key words: kinematics, gait analysis, spastic diplegia, equinus foot.

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hace cerca de 50 años, Hall y colaboradores realizaron un estudio donde introdujeron un nuevo término para describir una patología poco conocida, ellos la llamaron “Tendón calcáneo corto congénito” (1). En esta investigación se estudiaron 20 niños que siempre habían caminado sobre la punta de los pies pero que paradójicamente lograban realizar el contacto de talón si se les solicitaba. A partir de este estudio se inició una línea de investigación dedicada a la comprensión y el tratamiento de esta patología, que se ha extendido hasta los últimos años dentro de la literatura científica.

Por definición, la marcha en punta de pies o “toe walking” en inglés, se caracteriza por la incapacidad de hacer contacto del talón con el piso durante la fase de contacto inicial del ciclo de marcha, además de la ausencia del contacto completo del pie con el suelo durante la fase de apoyo dentro del ciclo (2). Adquiere la denominación de “idiopática” cuando no existe evidencia de alguna alteración ortopédica, neurológica, o psiquiátrica que medie su presencia posterior a los 3 años de edad (3,4).

Dada esta situación, es importante diferenciar esta condición de otros trastornos neuromusculares como la parálisis cerebral leve (5), donde exámenes como la Electromiografía han sido usados para estudiar la activación muscular, en especial de los gastrocnemios. Sin embargo, el análisis cinemático, la observación de la marcha y la medición del rango de movimiento del tobillo se han adoptado como herramientas de diagnóstico diferencial con mayor poder (5,6).

Se estima que la marcha en punta de pies idiopática ocurre en 7% a 24% de la población infantil (3,7). Se ha encontrado una predisposición familiar positiva en

30% a 42% de los niños con este tipo de marcha, sin embargo para alrededor del 60% de estos niños, la causa es desconocida (8,9), por lo que actualmente las causas de esta anomalía de la marcha aún no son concluyentes.

Ya que la etiología de esta condición aún no es muy clara, sólo debe considerarse como un diagnóstico excluyente, sin embargo se ha encontrado asociación con problemas en el lenguaje y el aprendizaje, sugiriendo ser una manifestación de una condición más global en el neurodesarrollo (4). Los retrasos en el desarrollo motor y las dificultades del procesamiento sensorial también se han asociado con complicaciones en el momento del nacimiento o en el período postnatal (2,10).

A pesar de las limitaciones en el tamaño de la muestra en el estudio de Baber et al. (2016) donde se revisaron las características de nacimiento de 95 niños diagnosticados con marcha en punta de pies idiopática (edad media, $5,8 \pm 2,9$ años), se encontraron ciertas complicaciones pre y posnatales asociadas a la presencia de este tipo de marcha: tasas más altas de prematuridad, mayores tasas de ingreso a una sala de cuidados especiales o una unidad de cuidados intensivos neonatales, y menores pesos al nacer que la población normal. Lo anterior indica un mayor riesgo de daño neurológico leve en estos niños, y que se manifiesta en la forma de caminar. La afectación puede ser tan leve como para no ser identificada como un diagnóstico de alteración neurológica en evaluaciones estándar (10).

El hecho de caminar en los dedos del pie puede considerarse en algunos casos simplemente una preocupación estética, mientras que en otros puede estar relacionado con presencia de dolor en pies o tobillos, mayor gasto de energía, relación con el desarrollo de anomalías compensatorias de la marcha y hasta angustia psicológica para el niño o la familia (11). El tener un patrón de marcha menos eficiente no sólo representa un mayor gasto de energía, sino también una menor longitud del paso con una mayor cadencia (11,12). La sobrecarga en el complejo gastro-sóleo puede generar fatiga muscular y calambres, sumados a un mayor riesgo de esguinces de tobillo. El aumento de presión sobre las cabezas de

los metatarsianos puede conducir a aparición de dolor en el antepié, zonas de hiperqueratosis, fracturas por estrés y dificultad en el calzado (11,13).

1.2. JUSTIFICACIÓN

La marcha en punta de pies es un patrón de marcha común en los niños que inician a caminar, sin embargo, se convierte en una patología cuando el niño continúa con este tipo de marcha fuera del tiempo propio de la maduración de este patrón. A pesar del creciente interés de la comunidad médica y científica por basar sus conocimientos y su quehacer en la evidencia, la etiología e historia natural de esta enfermedad y su tratamiento óptimo no han sido descritas efectivamente. Poco se ha escrito sobre la existencia de variables asociadas al desarrollo de esta alteración, lo cual la convierte en un campo con amplias oportunidades de investigación.

En los casos donde el niño camina en punta de pies sin ningún motivo ortopédico u neurológico evidente, generalmente no se realiza ningún tratamiento ni seguimiento pues la mayoría de los casos se resuelven esporádicamente a lo largo del crecimiento. A pesar de ello, se ha observado que posteriormente, el no realizar un tratamiento a tiempo puede inducir cambios anatómicos y biomecánicos permanentes (14).

Según Eiff et al. una forma eficiente de evaluación y tratamiento de estos niños debe estar basada en la diferenciación de los niños normales de aquellos que presentan parálisis cerebral leve (5). La comprensión de las causas de esta condición en particular lleva al desarrollo de un diagnóstico diferencial acertado, lo cual contribuye en una mayor medida a determinar el enfoque terapéutico más adecuado en cada caso.

Se ha considerado al análisis computarizado de la marcha como una herramienta valiosa para establecer diferencias puntuales entre pacientes con esta condición y otras patologías del sistema nervioso y musculoesquelético. Estudios como el de

Westberry et al. y Álvarez et al. han hecho uso del análisis de la marcha para caracterizar el diagnóstico diferencial con respecto a la diplejía leve (15), o para crear una clasificación útil para comprender mejor la condición, delimitar casos positivos de sujetos con otras condiciones, y permitir la asignación de una gradación de gravedad (16). Estos estudios incluyen la evaluación de la cinemática y cinética del tobillo en el plano sagital, y en cierta medida el estudio de la cinemática de la rodilla en dicho plano. Sin embargo, el estudio de las variables cinemáticas y cinéticas no sólo de la rodilla sino de la cadera permitiría un estudio más a fondo de las implicaciones que la marcha en punta de pies representa en la biomecánica del miembro inferior de manera global.

Se sabe que cada uno de los segmentos del miembro inferior se encuentran interrelacionados, no sólo por el componente muscular, sino también por el componente dinámico generado por la acción del vector de reacción del piso durante la ejecución de la marcha. Las fuerzas de reacción generadas por el contacto anormal del pie sobre el piso durante la fase de contacto inicial en la marcha, puede llevar a un desequilibrio y mal-posicionamiento de los segmentos de manera ascendente, aumentando el trabajo muscular y la sobrecarga articular (17). Es por este motivo que el presente estudio busca estudiar las variables de las otras articulaciones que no constituyen la articulación del tobillo en sí, pero que si se pueden ver afectadas por su mal funcionamiento.

El presente estudio buscó describir y comparar las variables cinemáticas de la marcha en punta de pies idiopática en niños, frente al patrón de corrección con marcha sobre talones y su comparación con respecto a los valores de normalidad para la población.

1.3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles cambios presentan las variables cinemáticas del patrón en punta de pies que logran normalizarse al modificar el patrón a marcha con apoyo del talón?

2. MARCO TEÓRICO

El conocimiento y evaluación de la marcha normal se convierte en una herramienta muy valiosa para la valoración y el tratamiento de las patologías neuro-ortopédicas del miembro inferior. El estudio del comportamiento de cada una de las articulaciones y la acción muscular al ejecutar la marcha permite identificar diversas alteraciones y su efecto en el adecuado funcionamiento de cada una de las estructuras.

2.1. MADURACIÓN DE LA MARCHA

La marcha es la función bípeda mediante la cual el ser humano se desplaza con bajo esfuerzo y mínimo consumo energético. El desarrollo de la marcha inicia desde el nacimiento, cuando el recién nacido presenta el reflejo primitivo de marcha. Luego reemplaza estos patrones reflejos por movimientos voluntarios gracias a la maduración cortical, por los que logra la consolidación de la marcha en un proceso que dura hasta los siete u ocho años (18). El patrón adulto de la marcha del talón a la punta se desarrolla en torno a los 3 años, mientras que los cambios en la velocidad y la cadencia continúan hasta los 7 años (19) y en adelante, puesto que estos últimos se deben a los cambios en la longitud de los miembros inferiores durante el crecimiento (20). Sutherland, Olshen, Cooper, & Woo en 1980 identificaron cinco determinantes de la marcha madura: la cadencia, la velocidad, la duración de la fase de apoyo de cada miembro, la longitud del paso y la relación entre el movimiento de la pelvis hasta la extensión del tobillo (21). Como parte de la maduración de la marcha, la cadencia decrece en gran magnitud hacia los 3 años, mientras que la longitud de zancada aumenta considerablemente encontrando su pico a los 4 años, llamando la atención que la velocidad de la marcha también aumenta a pesar de la disminución de la cadencia (20). Se considera que la

maduración de dichos parámetros espacio temporales no está del todo completa hasta que se finalice el crecimiento óseo.

El sistema osteomuscular sufre cambios a lo largo del crecimiento. Desde antes del nacimiento se adquiere cierta disposición ósea dada por la posición intrauterina, como lo es la disposición de los miembros inferiores en rotación interna y con alineación en varo de las tibias, la torsión femoral interna, lo que genera una retracción de los rotadores externos de la cadera y presencia de pie plano flexible (22). Sin embargo, esta disposición se modifica posteriormente por medio de estímulos musculares y de carga axial que se presentan sobre los huesos y articulaciones durante el crecimiento, llegando aproximadamente a su disposición definitiva a los siete años (22).

2.2. LA MARCHA NORMAL

Existen 5 parámetros que condicionan la marcha normal: la estabilidad en el apoyo, paso libre del pie durante el balanceo, preparación del pie para el contacto inicial, la adecuada longitud de paso y la conservación de energía (23).

El ciclo de la marcha comprende dos periodos, un periodo de soporte que constituye el 62% y uno de balanceo que corresponde al 38%. Un ciclo completo comprende desde el apoyo de un pie hasta que vuelve a apoyarse ese mismo en el piso (Fig 1). Durante la marcha existen dos periodos de doble apoyo: el primero después del contacto inicial correspondiente a la respuesta a la carga, y el segundo justo antes del despegue de los dedos, que es el prebalanceo (24).

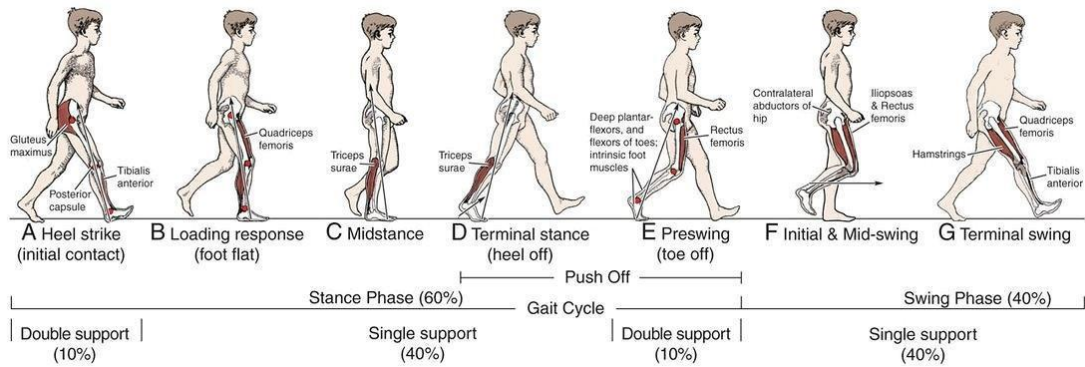


Figura 1. El ciclo de marcha (25,26)

Para una mejor comprensión de cada una de las articulaciones involucradas durante cada ciclo es necesario el análisis de cada uno de los segmentos en cada uno de los tres planos de movimiento.

Tabla 1. Descripción de la fase de apoyo: Plano Sagital.

Articulación	Descripción
Tobillo	<p>Durante la fase de apoyo se presentan tres mecedoras. La primera inicia con el contacto inicial y se extiende a través de la respuesta a la carga. Su efecto inmediato es empujar completamente el pie hacia el piso, su propósito es la absorción de shock y desacelerar la inercia corporal (24). Durante la segunda mecedora durante el apoyo medio, se contrarresta el momento dorsiflexor por medio de los plantiflexores, cuyo propósito es controlar la posición del vector de fuerza de reacción al piso (GRF por sus siglas en inglés) respecto a las demás articulaciones del miembro inferior para generar estabilidad sin acción muscular (24). La tercera mecedora es</p>

	una fase de aceleración para propulsar el pie hacia el balanceo (27).
Rodilla	Se encuentra en una posición cercana a la extensión completa en el contacto inicial y se fleja hasta alcanzar aproximadamente 15° durante la respuesta a la carga (28). El vector de fuerza de reacción al piso se ubica posterior a la rodilla por lo que el momento flexor aumenta de magnitud (24). Cercano al final del apoyo medio la rodilla vuelve a extenderse para luego llegar a 40° de flexión aproximadamente durante el prebalanceo (28). Llega a su pico de flexión máximo, de 60° a 70°, durante la mitad de la fase de balanceo y luego se extiende nuevamente para prepararse para el siguiente contacto inicial (27).
Cadera	La cadera se encuentra aproximadamente a 35° de flexión en el contacto inicial (24,29). Posteriormente progresa hasta los 10° de extensión en el final del apoyo terminal. En el prebalanceo y durante toda la fase de balanceo alcanza los 35° de flexión, para luego extenderse justo antes del nuevo contacto inicial con el fin de situar el pie en el suelo (28).

Tabla 2. Descripción de la fase de apoyo: Plano Coronal.

Articulación	Descripción
Rodilla	Presenta una buena estabilidad en este plano debido a las estructuras óseas y ligamentosas cuando la rodilla se encuentra en extensión (27,28)

Cadera	En el contacto inicial la abducción y la aducción es cercana al neutro, mientras que al inicio del apoyo medio alcanza su máxima aducción cercana a los 5° (28,30). Durante el despegue de dedos realiza abducción cercana a los 10° para luego aducirse rápidamente durante el balanceo como preparación para el nuevo ciclo (28).
---------------	---

Tabla 3. Descripción de la fase de apoyo. Plano Transverso.

Articulación	Descripción
Pie	Se mantiene una posición cerca de 4° hacia externo de la línea de progresión en la fase de apoyo llegando a su pico de rotación externa de 10° aproximadamente durante el balanceo terminal (24). Posteriormente rota internamente como preparación para el siguiente contacto inicial.
Pelvis y Cadera	La pelvis rota para poder elongar el paso, rota hacia interno en el miembro en balanceo y hacia externo en el miembro que se encuentra en apoyo (24,31). La máxima rotación externa se da al final de la fase de apoyo, y la máxima rotación interna durante el contacto inicial (24). La cadera acompaña los movimientos de la pelvis para permitir el movimiento hacia adelante además de mantener la alineación de todo el miembro inferior.

2.3. LA MARCHA ANORMAL

Las variaciones con respecto al patrón de marcha normal en algunos casos se encuentran asociados con algún tipo de deformidad, sin embargo, la marcha en puntas, el pie plano o las modificaciones del perfil angular o torsional pueden formar parte del desarrollo fisiológico de la marcha y se corrigen espontáneamente con el paso del tiempo (19). A pesar de ello existen alteraciones que se mantienen a lo

largo del crecimiento y que impactan negativamente el patrón de marcha después del proceso de maduración de este. La marcha patológica o anormal responde a deficiencias que involucran las alteraciones en el control central del movimiento, el crecimiento anormal de los huesos y/o la presencia de deformidades articulares, y la ejecución de compensaciones que exigen mayor trabajo muscular y aumentan el consumo de energía (32).

2.3.1. La marcha en puntas de pies

Dentro de los parámetros de normalidad, para los 3 años de edad el patrón de marcha debe realizarse de talón a punta, aunque en algunos niños permanece el patrón de puntas. En estos casos es necesario realizar un estudio encaminado a la búsqueda de posibles causas patológicas de la misma, sin embargo, aquellos niños sanos que persisten con este patrón sin un diagnóstico neurológico u ortopédico establecido se clasifican como Caminador en Puntas de Pie Idiopático (ITW por sus siglas en inglés) (19). El término fue descrito por primera vez por Hall y cols. en 1967 quienes la llamó “tendón calcáneo corto congénito” catalogando a los niños como personas normales que caminan en la punta del pie. Estos niños por lo general tienen una historia de parto normal y un examen clínico normal, excepto por una limitación simétrica de la dorsiflexión pasiva de los tobillos (1). A partir de esta descripción, la marcha en puntas de pies idiopática se ha considerado un diagnóstico de exclusión, cuando otras causas de marcha en puntas han sido descartadas, como por ejemplo la parálisis cerebral (33), y como factor diferencial se encuentra que el niño puede ejecutar el patrón talón-puntas cuando se le solicita. Existen diversas condiciones patológicas que progresan con un patrón de marcha en puntas (Tabla 4) y que constituyen el diagnóstico diferencial. La historia natural de esta alteración ha sido vagamente descrita, y en ocasiones es considerada como parte normal del proceso motor y de maduración de la marcha (34). Se ha encontrado en algunos estudios que existe una influencia de la herencia en el desarrollo de marcha en puntas (35), mientras que en otros se ha sugerido la

presencia de factores asociados como la existencia de dificultades para el aprendizaje (36) o alteraciones en el procesamiento sensorial (37). De igual forma se ha reportado la presencia de este patrón de marcha en niños con autismo, con trastornos de la comunicación y el lenguaje, así como en niños con retraso del desarrollo de la motricidad fina, visomotora y motricidad gruesa, aún sin disminución de la amplitud de movimiento en la articulación del tobillo (3).

Tabla 4. Diagnóstico Diferencial de Marcha en Punta de Pies

Lesiones de musculares y de tejido blando.
Síndrome de Angelman
Espondilitis anquilosante
Desordenes del espectro Autista
Parálisis cerebral
Enfermedad de Charcot Marie Tooth
Neuropatía hereditaria
Pie equino congénito
Retardo global del desarrollo
Dismetría de miembros inferiores
Distrofia muscular
Lesiones del tejido tegumentario
Esquizofrenia
Espina Bífida
Síndrome de medula anclada
Distonía focal transitoria de miembros inferiores
Tumores del gastrocnemio
Malformación arterio-venosa de la pierna

El concepto de procesamiento sensorial es un concepto utilizado en la Terapia Ocupacional (37) que hace referencia al procesamiento multimodal que apoya la formación y la recuperación de las percepciones multisensoriales en el sistema nervioso central (38). Según esta teoría la integración del sistema vestibular, la propiocepción y la sensación táctil conforman las bases en las que el movimiento normal se desarrolla, mediante el desarrollo de las habilidades motoras y la cognición. Esta integración más la información del medio ambiente guían y organizan el proceso de control motor (37).

El diagnóstico de ITW se hace por exclusión dado por la historia clínica y el examen físico (39). Si en la evaluación clínica se elucidan problemas es necesario realizar estudios adicionales como un análisis de sangre para descartar alguna enfermedad de las articulaciones de tipo inflamatorio o medición específica de los niveles de creatinquinasa mediante biopsia muscular para descartar una distrofia muscular. Adicionalmente se pueden solicitar imágenes diagnósticas, pruebas de neuroconducción o electromiografía, sumado a un análisis computarizado la marcha (39).

Con frecuencia la distinción diagnóstica más difícil de realizar se encuentra entre la presencia de una parálisis cerebral leve tipo diplejía espástica y marcha en punta de pies idiopática. Ambos pueden ser diferenciados inicialmente en el examen físico en la valoración del tono muscular en reposo, siendo este normal en los pacientes con ITW (40). Otras diferencias abarcan la presencia contracturas del tendón de Aquiles en los niños con ITW, pero con una longitud normal de los isquiotibiales. En cuanto al análisis computarizado de la marcha las diferencias se encuentran a nivel de la cinemática en la fase de apoyo, con presencia de aumento de la extensión de la rodilla, aumento de la rotación externa del pie y aumento de la plantiflexión en los niños con ITW comparados con los parámetros de normalidad.(33).

3. HIPÓTESIS

3.1. HIPÓTESIS NULA

Ho: No hay diferencias en la proporción de sujetos que logran normalizar las variables cinemáticas después de solicitarles el patrón de talón.

3.2. HIPÓTESIS ALTERNA

Ha: Existen diferencias proporción de sujetos que logran normalizar las variables cinemáticas después de solicitarles el patrón de talón.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el perfil del comportamiento de las variables cinemáticas de la marcha en puntas de pies idiopática al modificar el patrón de marcha con apoyo del talón.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir la cinemática de la marcha en las articulaciones del miembro inferior, en los niños diagnosticados con marcha en punta de pies idiopática.
- Determinar las diferencias entre la cinemática de la marcha en puntas y el patrón corregido de talón – punta en las articulaciones del miembro inferior.
- Identificar si las variables cinemáticas de la marcha en punta de pies logran normalizar al realizar el patrón de talón - punta en las articulaciones del miembro inferior.

5. METODOLOGÍA

5.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

El presente estudio corresponde a un enfoque empírico de tipo cuantitativo, ya que incluye la operacionalización de variables cinemáticas de la marcha en la población infantil seleccionada que padece la condición de estudio, además del cálculo de estadísticos.

5.2. TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO

Este estudio se enmarca en una investigación de tipo observacional analítico debido a que busca describir las diferencias en las variables cinemáticas y cinéticas del miembro inferior de los sujetos estudiados, luego de que les solicitan la ejecución del patrón de normalización que involucra el apoyo del talón.

El diseño de estudio se clasifica en un estudio transversal con enfoque analítico, ya que se tomará una sólo medida en donde no existe continuidad en el eje del tiempo.

5.3. POBLACIÓN

Pacientes con diagnóstico de “tip Toe Walker vs diaplejía espástica” o “caminador en puntas de pies” a quienes se les realizó análisis computarizado de la marcha en el laboratorio para el análisis del movimiento Movisys entre enero del 2015 y julio de 2017.

5.4. DISEÑO MUESTRAL

No se realizó muestreo ya que los pacientes corresponden a la totalidad de la población (cohorte de enero 2015 a julio 2017) con dicha patología que fue atendida en el laboratorio.

5.5. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Inclusión: Pacientes con diagnóstico de “tip toe Walker vs diplejía espástica” o “caminador en punta de pies”.

Exclusión: Pacientes con otras patologías asociadas como retardo mental, déficit sensorial o alguna patología del espectro autista.

5.6. DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

5.6.1. Tabla de Variables

	Variable	Tipo	Nivel	Unidad de Medición
Edad	Años cumplido del paciente	Numérica	Razón	Años cumplidos
Sexo	Sexo del paciente	Categórica	Nominal	Masculino Femenino
Cadera (patrón de puntas y talones)	Valor angular en el contacto inicial	Numérica	Intervalo	Grados
	Máxima extensión durante el apoyo	Numérica	Intervalo	Grados
	Valor de flexión durante el balanceo medio	Numérica	Intervalo	Grados
Rodilla (patrón de puntas y talones)	Valor angular en el contacto inicial	Numérica	Intervalo	Grados
	Máxima flexión durante la respuesta a la carga	Numérica	Intervalo	Grados
	Máxima extensión durante la segunda mitad del apoyo	Numérica	Intervalo	Grados
	Pico flexión en el balanceo	Numérica	Intervalo	Grados
Tobillo (patrón de puntas y talones)	Valor angular en el contacto inicial	Numérica	Intervalo	Grados
	Máxima plantiflexión durante la respuesta a la carga	Numérica	Intervalo	Grados
	Máxima dorsiflexión en la segunda mitad del apoyo	Numérica	Intervalo	Grados
	Valor de plantiflexión en el despegue de dedos	Numérica	Intervalo	Grados
	Máxima dorsiflexión durante el balanceo	Numérica	Intervalo	Grados

5.7. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

5.7.1. Fuente de Información

Corresponde a una fuente de información secundaria, ya que la base de datos del presente estudio se construyó con base a la información contenida en la base de datos general del laboratorio de marcha Movisys.

5.7.2. Instrumento de recolección de información

La obtención primaria de los datos del laboratorio se obtiene mediante un examen físico osteomuscular que incluye tono muscular, signos patológicos, rango de movimiento articular y fuerza muscular. Adicionalmente el perfil cinemático se obtiene por medio de la captura computarizada del movimiento, llevada a cabo por el sistema de captura de movimiento Vicon®. En el presente estudio la base de datos se construyó por medio de la herramienta Excel.

5.7.3. Proceso de obtención de la información

El software utiliza un set de marcadores tradicional y el protocolo de colocación Plug in Gait. El sistema de captura de movimiento en tiempo real Vicon® registra los valores de cinemática y cinética durante la prueba. Las gráficas y demás variables espaciotemporales de la marcha pueden visualizarse mediante el software Polygon Viewer®. Los datos son exportados desde el sistema Vicon® a Excel y al programa File Maker, donde se organizan para ser parte de la base de datos propia del laboratorio de análisis del movimiento. **En el presente estudio se construyó una base de datos tomando la ya existente.** Durante la captura de los datos de movimiento se le solicita al sujeto evaluado realizar 4 recorridos con su patrón de marcha usual (puntas) y luego se le solicita verbalmente y se describe de manera visual la ejecución del patrón corregido (talones).

5.8. CONTROL DE ERRORES Y SEGOS

Sesgo	Estrategia de Control
Selección	La inclusión de los sujetos se realizó teniendo especial cuidado con el diagnóstico por el cual se remitió al laboratorio de marcha.
Información	Las variables resultado de cinemática y cinética son arrojadas por un software especial donde el evaluador no puede modificar los valores.

5.9. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

Posterior a la extracción de la información de interés de la base de datos propia del laboratorio, se construyó una base de datos por parte del autor en el programa Excel.

Se dividieron los datos de cinemática entre aquellos resultantes de la prueba con patrón de puntas, y los resultantes del patrón modificado de talón – punta, para cada una de las variables que se buscaba analizar. Luego los datos fueron exportados al programa estadístico SPSS Statistics v24, licencia de la Universidad del Rosario, para su posterior tratamiento estadístico.

Los datos se analizaron para la distribución normal usando la prueba de Shapiro Wilk, dado el tamaño de la muestra. Para aquellas variables con una distribución normal ($p > 0.05$) se utilizaron pruebas paramétricas: T de Student para muestras pareadas, ya que las variables medidas pertenecen a un mismo individuo. En el caso donde la variable no tuviera una distribución normal, la prueba no paramétrica apropiada correspondió a Wilcoxon. Ambas pruebas se calcularon con un 95% de confianza.

Los métodos estadísticos fueron empleados para estimar las diferencias cinemáticas entre la marcha habitual en puntas de los sujetos, y el patrón de corrección con el apoyo del talón. Igualmente se buscó comparar estas variaciones con los rangos de normalidad de la población para cada una de las subfases de la marcha. En todos los casos, los valores de p de menos de 0.05 ($p < 0.05$) se consideraron significativos.

6. CONSIDERACIONES ÉTICAS

La presente investigación se enmarca en la clasificación de “Riesgo mínimo” según la Resolución 8430 de 1993, al ser un estudio donde se registran datos a través de un examen físico y se realiza una práctica de ejercicio moderado por parte de los pacientes. Adicionalmente todos los pacientes que asisten a análisis computarizado de la marcha firman un consentimiento informado acerca del procedimiento que se realiza tanto en el examen físico como en la captura digital en pista. Si se trata de un menor de edad los padres firman como responsables.

El consentimiento informado tiene un aparte que se refiere al manejo de la información de cada paciente para uso interno de Movisys SAS y su equipo de trabajo tanto en capacitaciones, programas educativos o de divulgación, garantizando la protección de la identidad de cada paciente (ANEXO 1).

Cómo ley específica dada el área disciplinar, se incluye lo descrito en la Ley 528 de 1999 “por la cual se reglamenta el ejercicio de la Fisioterapia”. Según el artículo 3 de esta ley el ejercicio profesional de la Fisioterapia abarca el “diseño, ejecución y dirección de investigación científica, disciplinar o interdisciplinar, destinada a la renovación o construcción de conocimiento que contribuya a la comprensión de su objeto de estudio y al desarrollo de su quehacer profesional, desde la perspectiva de las ciencias naturales y sociales”(41).

7. RESULTADOS

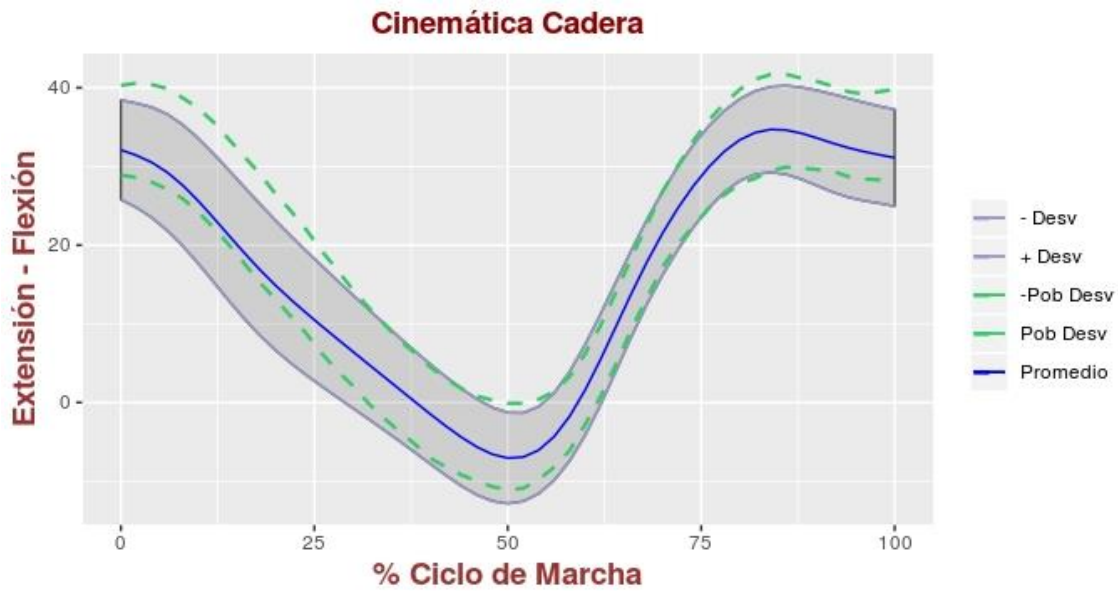
La población estudiada correspondió a 25 pacientes, un 76% (19) correspondió al sexo masculino, mientras que el 24% (6) restante al sexo femenino. El promedio de edad fue de 8.7 años, DE 2.08 años; edad mínima de 5 años y máxima de 14.1 años.

En cuanto a la cinemática en el plano sagital se pudo observar que en la cadera la media de los datos obtenidos se encuentra dentro de los valores de normalidad de la población (Fig. 2 Tabla 5). Los valores de la desviación estándar se encuentran por fuera del rango de normalidad en algunos puntos, especialmente en la fase de apoyo (Fig. 2 Tabla 5). Sin embargo, el valor de p indica que las diferencias no son significativas.

Tabla 5. Valores normales y valor inicial

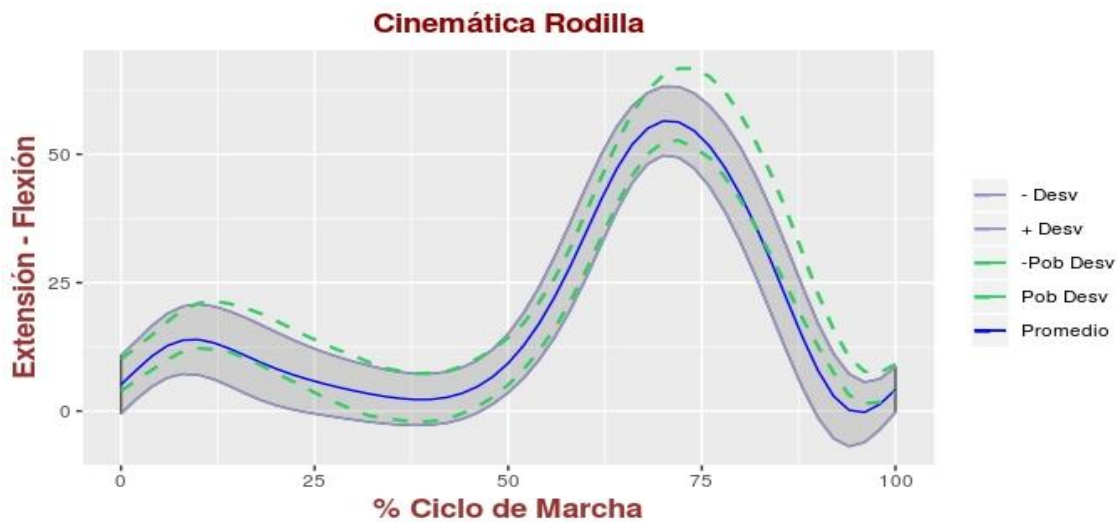
MEDICIONES (N=25)	PUNTAS Media (DE)	ESTÁNDAR* Media (DE)	Diferencia medias	Valor P†
Cadera				
Valor angular en el contacto inicial	32.88 (6.29)	34.6 (5.7)	1.72	0.316
Máx. extensión durante el apoyo	-6.85 (4.97)	-5.6 (5.5)	1.25	0.403
Valor flexión durante el balanceo medio	35.53 (5.58)	35.8 (5.9)	0.27	0.869
Rodilla				
Valor angular en el contacto inicial	5.16 (5.75)	7 (3.1)	1.84	0.166
Máx. flexión durante la respuesta a la carga	14.98 (6.97)	16.7 (4.7)	1.72	0.311
Máx. extensión segunda mitad apoyo	1.84 (4.62)	2.6 (4.7)	0.76	0.577
Pico flexión en el balanceo	57.45 (6.76)	59.7 (7)	2.25	0.253
Tobillo				
Valor angular en el contacto inicial	-5.38 (10.06)	-2.4 (5.3)	2.98	0.196
Máx. plantiflexión respuesta a la carga	3.24 (8.70)	-5.6 (5.4)	8.84	0.000
Máx. dorsiflexión en segunda mitad apoyo	5.45 (9.95)	11.9 (4.3)	6.45	0.004
Valor de plantiflexión en despegue de dedos	-21.84 (11.28)	-17.3 (6.2)	4.54	0.084
Máx. dorsiflexión durante el balanceo	0.33 (9.19)	-0.3 (6.1)	0.63	0.777

Max= máximo, * Talón estándar, † significancia

Figura 2. Plano sagital cadera.

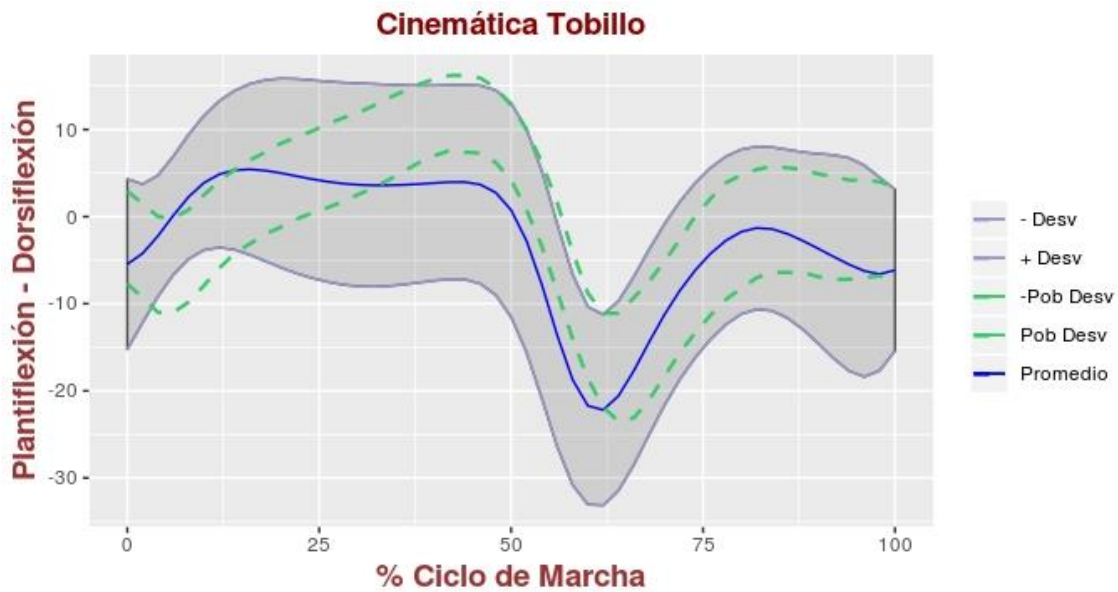
En la rodilla igualmente, la media de los datos obtenidos se encuentra dentro del rango de normalidad de la población (Fig. 3), con valores de desviación estándar amplios especialmente en la fase de respuesta a la carga y pico de flexión máximo en el balanceo (Fig. 3 Tabla 5). El valor de p indica que las diferencias no son significativas.

Figura 3. Plano sagital rodilla



En el tobillo, la media de los datos obtenidos se encuentra en su mayoría por fuera del rango de normalidad de la población, mostrando solamente datos con comportamiento normal en la fase de balanceo (Fig. 4). Los valores de desviación estándar son bastante amplios, mostrando un comportamiento altamente variable (Fig. 4 Tabla 5). Los valores de p muestran diferencias significativas en las variables de máxima plantiflexión durante la respuesta a la carga y máxima dorsiflexión en segunda mitad apoyo.

Figura 4. Plano sagital tobillo.



Se observó que la primera mecedora se encontraba ausente, mientras que la progresión hacia la dorsiflexión, propia de la segunda mecedora, se encontraba con valores disminuidos, traducido en un aplanamiento de la curva durante el apoyo medio. Con respecto a la tercera mecedora, se presentó aumento de la plantiflexión durante el apoyo terminal (Fig. 4)

En las pruebas de normalidad se encontró un comportamiento normal en todas las variables de cadera, mientras que en la rodilla fueron las variables de máxima flexión durante la respuesta a la carga y pico de flexión en el balanceo (Tabla 6). Para las variables en rodilla de valor angular en el contacto inicial y máxima extensión durante la segunda mitad del apoyo, y todas las variables de tobillo se encontró un comportamiento no normal (Tabla 6).

Tabla 6. Prueba de Shapiro Wilk evaluación normalidad

MEDICIONES (N=25)	PUNTAS Valor P	TALONES Valor P
Cadera		
Valor angular en el contacto inicial	0.251	0.947
Máx. extensión durante el apoyo	0.943	0.723
Valor flexión durante el balanceo medio	0.671	0.484

Rodilla		
Valor angular en el contacto inicial	0.008	0.056
Máx. flexión durante la respuesta a la carga	0.794	0.354
Máx. extensión segunda mitad apoyo	0.311	0.000
Pico flexión en el balanceo	0.579	0.515
Tobillo		
Valor angular en el contacto inicial	0.000	0.825
Máx. plantiflexión respuesta a la carga	0.132	0.771
Máx. dorsiflexión en segunda mitad apoyo	0.000	0.587
Valor de plantiflexión en despegue de dedos	0.000	0.891
Máx. dorsiflexión durante el balanceo	0.000	0.103

Al comparar las variables cinemáticas de las articulaciones del miembro inferior, del patrón de marcha usual en puntas, con las del patrón corregido de apoyo del talón, se observó que los cambios significativos se encontraron en mayor medida en la rodilla y el tobillo (Tabla 7). No se encontraron diferencias significativas en ninguna de las variables de cadera en las diferentes subfases del ciclo de la marcha, al comparar el patrón de marcha usual en puntas con el valor de apoyo de talón ($p > 0.05$).

Tabla 7. Comparación entre la marcha habitual en puntas y marcha con patrón modificado del talón solicitado en los mismos sujetos.

MEDICIONES (N=25)	PUNTAS Media (DE)	TALONES Media (DE)	Diferencia medias	Valor p*
Cadera				
Valor angular en el contacto inicial	32.88 (6.29)	33.79 (6.78)	-1.251	0.217
Max. extensión durante el apoyo	-6.85 (4.97)	-6.40 (5.41)	-0.916	0.364
Valor flexión durante el balanceo medio	35.53 (5.58)	36.23 (5.32)	-1.258	0.214
Rodilla				
Valor angular en el contacto inicial	5.16 (5.75)	3.35 (5.83)	-2.254	0.024
Max. flexión durante la respuesta a la carga	14.98 (6.97)	11.92 (8.75)	3.047	0.004
Max. extensión segunda mitad del apoyo	1.84 (4.62)	2.17 (6.27)	-0.362	0.717
Pico flexión en el balanceo	57.45 (6.76)	58.44 (7.33)	-1.250	0.217
Tobillo				
Valor angular en el contacto inicial	-5.38 (10.06)	0.46 (6.99)	-3.943	0.000
Max. plantiflexión la respuesta a la carga	3.24 (8.70)	2.62 (5.83)	-0.661	0.508
Max. dorsiflexión en segunda mitad apoyo	5.45 (9.95)	16.48 (5.10)	-5.903	0.000
Valor de plantiflexión en despegue de dedos	-21.84 (11.3)	-11.00 (7.74)	-5.362	0.000
Max. dorsiflexión durante el balanceo	0.33 (9.19)	7.32 (5.56)	-5.835	0.000

* Prueba t para muestras pareadas y prueba de Wilcoxon.

En la rodilla se encontraron diferencias significativas para el valor angular en el contacto inicial entre los dos patrones de marcha ($p = 0.024$). De igual forma existen diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la máxima flexión de la rodilla durante la respuesta a la carga ($p = 0.004$). No se encontraron diferencias significativas en las variables de máxima extensión durante la segunda mitad del apoyo, ni en el pico de flexión en el balanceo ($p > 0.05$).

Las variables del tobillo no presentaron una distribución normal, por lo que se realizó una prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas para las variables cinemáticas del tobillo en las diferentes subfases del ciclo de la marcha ($p = 0.000$), excepto para la máxima plantiflexión durante la respuesta a la carga ($p = 0.665$).

Para identificar si las variables cinemáticas de la marcha en punta de pies logran normalizar al realizar el patrón de talón - punta en las articulaciones del miembro inferior se realizó una prueba de McNemar. En este caso:

La prueba mostró que para todas las variables se rechazó la hipótesis alterna ($p > 0.05$), a excepción de la máxima plantiflexión durante la respuesta a la carga, máxima dorsiflexión en la segunda mitad del apoyo, y valor de la plantiflexión en el despegue de los dedos ($p < 0.05$).

Para la cadera en el valor angular en el contacto inicial se encontró que la proporción de pacientes que presentaban valores normales aumentó solamente 2%, pasando de un 60% a un 62%. En la máxima extensión durante el apoyo la proporción pasó de un 60% a un 58%. En cuanto al valor de flexión durante el balanceo medio, hubo una disminución de 4%, pasando del 72% al 68%.

Con respecto a la rodilla en el valor angular en el contacto inicial se encontró que la proporción de pacientes presentaban valores normales pasó del 58% al 50%, mostrando 8% de diferencia. Mientras que, para la máxima flexión durante la

respuesta a la carga hubo una disminución de la proporción de los sujetos que alcanzaron valores normales del 10%, magnitud de diferencia que se mantuvo para los valores de máxima extensión durante la segunda mitad del apoyo. Finalmente, para el pico de flexión durante el balanceo la proporción se mantuvo igual, siendo de un 58%.

En cuanto al tobillo en el valor angular en el contacto inicial se encontró que la proporción de pacientes presentaban valores normales aumentó 10%, pasando del 26% al 36%. Sin embargo, las mayores diferencias se observaron en la máxima plantiflexión durante la respuesta a la carga, la máxima dorsiflexión en la segunda mitad del apoyo y el valor de plantiflexión durante el despegue de los dedos, pues en todos los casos la proporción de sujetos que normalizaron dichas variables se duplicó. Para la máxima dorsiflexión durante el balanceo, la diferencia fue del 12%, pasando del 30% al 42%.

8. DISCUSIÓN

La marcha en punta de pies es un estadio normal en el proceso de maduración de la marcha. Sin embargo, cuando este patrón continúa a lo largo del desarrollo constituye un problema que puede llegar a alterar la biomecánica del miembro inferior. El principal diagnóstico diferencial se realiza con respecto a la diplegia espástica, sin embargo, con frecuencia la diferenciación clínica entre estos dos tipos de condiciones puede ser difícil, por lo que es necesario pruebas diagnósticas objetivas. El presente estudio buscó describir y comparar las variables cinemáticas de la marcha en punta de pies idiopática en niños, frente al patrón de corrección con marcha sobre talones y su comparación con respecto a los valores de normalidad para la población.

Los resultados mostraron que la cinemática de la cadera presentó un comportamiento dentro de los rangos de normalidad, aunque con una tendencia hacia la extensión en la primera mitad de la fase de apoyo. La rodilla presentó un patrón normal y un rango normal de movimiento, sin embargo, se observó un comportamiento variable, tendiente a la flexión, durante el contacto inicial y la fase de respuesta a la carga, sumado a una disminución del pico de flexión máximo durante el balanceo. En el tobillo, el contacto con inicial ocurrió en una posición de plantiflexión, por lo que se observó ausencia de la primera mecedora, disminución de la dorsiflexión en la segunda mecedora y aumento de la plantiflexión durante la tercera mecedora. Durante el balanceo, el comportamiento fue altamente variable, con sujetos logrando grados de dorsiflexión, mientras que en otros únicamente se disminuía el valor de plantiflexión, pero no lo suficiente para ubicarse dentro de los rangos de normalidad. La tendencia mostró un movimiento inicial hacia la dorsiflexión seguido de una plantiflexión a partir del balanceo medio, preposicionando el pie para contactar nuevamente el pie en equino.

Según lo anterior el comportamiento cinemático de la cadera hacia la extensión podría ser consecuencia del posicionamiento del pie sobre el suelo, en respuesta a la ausencia de la primera mecedora del tobillo y una fase de respuesta a la carga temprana en la rodilla. La rodilla logró valores de extensión normales durante el apoyo medio, sin embargo, el aumento de la plantiflexión del tobillo en la tercera mecedora ocasionó una flexión temprana de la misma, disminuyendo finalmente el pico de flexión durante el balanceo.

Partiendo del punto que se considera que los sujetos con diagnóstico de caminador en punta de pies idiopático tendrían la capacidad de caminar con el patrón normal de talón-punta cuando se les solicita, evaluar la capacidad de normalizar la marcha sería un punto clave dentro del diagnóstico diferencial. Este podría establecer qué si la verdadera normalización de los parámetros cinemáticos ocurre, se hablaría de un trastorno diferente a la parálisis cerebral, pues se sabe que el sujeto con parálisis cerebral presenta deficiencias como debilidad muscular y alteraciones del control motor selectivo, que le impedirían normalizar sus patrones de marcha si se les solicita (15).

En otros estudios se observó que el sóleo experimenta una contracción concéntrica, aumentando los ángulos de flexión plantar en los caminadores en punta de pies, contraria a la contracción excéntrica que ocurre en el patrón talón - punta. El aumento de alrededor del doble en la actividad del sóleo estuvo presente durante la fase de apoyo medio en el patrón en puntas, en concordancia con el aumento del momento flexor plantar y para compensar la reducida eficacia de la fuerza de una contracción concéntrica versus la excéntrica (17). Sumado a esto Griffin et al. identificaron en sus estudios que existen un patrón muscular anormal de sinergia entre los dorsiflexores y plantiflexores (42).

La marcha en puntas genera un acortamiento en el tendón de Aquiles, por lo que durante la marcha se restringe la traslación hacia anterior de la tibia en la fase de apoyo, incrementando los momentos extensores en la rodilla (43). Dada esta

situación existen dos mecanismos de compensación: aumento de la torsión tibial externa, o traslación hacia anterior del fémur sobre la tibia rígida, lo que resulta en una hiperextensión de rodilla (43). En el presente estudio se encontraron valores normales de extensión de la rodilla durante el apoyo, sin embargo, si se observó una extensión mayor en el patrón de puntas comparado con el patrón de talones.

Adicionalmente los hallazgos de Kelly et al. mostraron que tanto la cadera como la rodilla presentan comportamientos cinemáticos dentro de los rangos de normalidad en la marcha en puntas, mientras que, en los niños con parálisis cerebral, se observa un patrón anormal en la rodilla con exceso de flexión en el contacto inicial (44). En el presente estudio a pesar que no hubo cambios significativos en cuanto a la cadera, la tendencia hacia la extensión en la primera mitad del apoyo fue observada también por Ghazali, Ayob y Kadri, donde asocian una mayor extensión de la cadera con el contacto inicial temprano de la pierna contralateral (45).

El presente estudio al igual que el de Westberry et al. muestra en general perfiles cinemáticos normales en la rodilla y la cadera, situación que no se presenta en el tobillo, donde se observó un comportamiento anormal, especialmente por la ausencia de la primera mecedora, inversión de la segunda, y flexión plantar anormal a partir del balanceo medio (15). Adicionalmente al observar que no hay diferencias en la proporción de pacientes que logran normalizar las variables cinemáticas antes y después de solicitarles el patrón de talón para las variables en cadera y rodilla, pero que sí hay diferencias en la proporción que logra normalizar para las variables en tobillo, esto sería un punto clave en el diagnóstico diferencial con la parálisis cerebral, donde el sujeto con presenta alteraciones en las 3 articulaciones descritas con respecto a los rangos de normalidad. De acuerdo con Pomarino et al. aún falta mucha información acerca de la etiología de esta condición, por lo que es importante continuar con más investigaciones que lleven a comprender mejor sus causas y así poder mejorar el diagnóstico diferencial y que este permita el desarrollo de tratamientos más apropiados (8).

9. CONCLUSIONES

El uso del análisis computarizado de la marcha para el estudio de la mecánica de las articulaciones del miembro inferior constituye una herramienta diagnóstica que puede diferenciar objetivamente trastornos de origen neurológico, de aquellas condiciones de origen ortopédico o idiopático. Hasta donde se conoce este es el primer estudio que relaciona la cinemática en sujetos con marcha en punta de pies idiopática, con una prueba de modificación voluntaria del patrón hacia el contacto con el talón, y su respectiva comparación con los rangos de normalidad de la población en las tres articulaciones principales del miembro inferior.

Se puede concluir que el perfil cinemático de la rodilla muestra una tendencia de comportamiento por fuera de los rangos de normalidad en sujetos con esta condición, especialmente en la fase apoyo, como consecuencia del contacto anormal del pie con el suelo. En cuanto al tobillo el comportamiento es totalmente anormal. Se observó que existen diferencias significativas entre el patrón en punta y el patrón en talones en algunas variables cinemáticas de la rodilla, y en la mayoría de las variables cinemáticas del tobillo, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la proporción de pacientes que lograron normalizar antes y después de solicitarles el patrón de talón, a excepción de las variables del tobillo.

Lo anterior confirma que, a diferencia del niño con un trastorno espástico, donde las alteraciones ocurren a nivel global y no son modificables, en los caminadores en puntas idiopáticos las alteraciones afectan el tobillo principalmente y en menor proporción la rodilla, siendo estas modificables, aunque no se logre una normalización del 100%. Esto podría sugerir la presencia de una condición patológica adicional a la condición ortopédica reportada.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS


1. Hall JE, Salter RB, Bhalla SK. Congenital Short Tendo Calcaneus. *J Bone Jt Surg.* 1967;49b(4):695–7.
2. Krochak R. Toe walking: Background, Anatomy, Pathophysiology [Internet]. *Medscape.* 2017 [cited 2018 Mar 30]. p. 206–17. Disponible en: <https://emedicine.medscape.com/article/1235248-overview>
3. Engelbert R, Gorter JW, Uiterwaal C, van de Putte E, Helders P. Idiopathic toe-walking in children, adolescents and young adults: a matter of local or generalised stiffness? *BMC Musculoskelet Disord* [Internet]. *BioMed Central Ltd*; 2011;12(1):61. Disponible en: <http://www.biomedcentral.com/1471-2474/12/61>
4. Sala DA, Shulman LH, Kennedy RF, Grant AD, Chu MLY. Idiopathic toe-walking: A review. *Dev Med Child Neurol.* 1999;41(12):846–8.
5. Eiff MP, Steiner E, Judkins DZ. What is the appropriate evaluation and treatment of children who are "toe walkers"? 2006;55(5).
6. Policy JF, Torburn L, Rinsky LA, Rose J. Electromyographic Test to Differentiate Mild Diplegic Cerebral Palsy and Idiopathic Toe-walking. *J Pediatr Orthop* [Internet]. *Journal of Pediatric Orthopaedics*; 2001 Nov 1 [cited 2018 Mar 30];21(6):784–9. Disponible en: <https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=11675555>
7. Furrer, F. Deonna T. Persistent toe-walking in children: A comprehensive clinical study of 28 cases. *Helv Paediatr Acta.* 1982;37(4):301–16.
8. Pomarino D, Ramírez Llamas J, Martin S, Pomarino A. Literature Review of Idiopathic Toe Walking: Etiology, Prevalence, Classification, and Treatment. *Foot Ankle Spec.* 2017;10(4):337–42.
9. Pomarino D, Ramírez Llamas J, Pomarino A. Idiopathic Toe Walking: Family Predisposition and Gender Distribution. *Foot Ankle Spec.* 2016;9(5):417–22.
10. Baber S, Michalitsis J, Fahey M, Rawicki B, Haines T, Williams C. A Comparison of the Birth Characteristics of Idiopathic Toe Walking and Toe Walking Gait Due to Medical Reasons. *J Pediatr* [Internet]. *Elsevier Inc.*; 2016;171:290–3. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2015.12.069>
11. Ruzbarsky JJ, Scher D, Dodwell E. Toe walking: Causes, epidemiology, assessment, and treatment. *Curr Opin Pediatr.* 2016;28(1):40–6.
12. van den Hecke A, Malghem C, Renders A, Detrembleur C, Palumbo S, Lejeune TM. Mechanical Work, Energetic Cost, and Gait Efficiency in Children With Cerebral Palsy. *J Pediatr Orthop* [Internet]. 2007 Sep [cited 2018 Mar 31];27(6):643–7. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17717464>
13. Goldstein M, Harper DC. Management of cerebral palsy: equinus gait. *Dev Med Child Neurol* [Internet]. 2001 Aug [cited 2018 Mar 31];43(8):563–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11508924>
14. Dietz F, Khunsree S. IDIOPATHIC TOE WALKING : TO TREAT OR NOT TO

- TREAT , THAT IS THE QUESTION. *Iowa Orthop J.* 2012;32:184–8.
15. Westberry DE, Davids JR, Davis RB, de Morais Filho MC. Idiopathic toe walking: a kinematic and kinetic profile. *J Pediatr Orthop.* 2008;28(3):352–8.
 16. Alvarez C, De Vera M, Beauchamp R, Ward V, Black A. Classification of idiopathic toe walking based on gait analysis: Development and application of the ITW severity classification. *Gait Posture.* 2007;26(3):428–35.
 17. Perry J, Burnfield JM, Gronley JK, Mulroy SJ. Toe walking: Muscular demands at the ankle and knee. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003;84(1):7–16.
 18. Daza Lesmes J. Examen clínico funcional del sistema osteomuscular. *Evaluación clínico funcional del movimiento corporal humano.* 2007. p. 143–94.
 19. Johnston L, Eastwood D, Jacobs B. Variations in normal gait development. *Paediatr Child Heal (United Kingdom)* [Internet]. Elsevier Ltd; 2014;24(5):204–7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.paed.2014.03.006>
 20. Sutherland D. The development of mature gait. 1997;6:163–70.
 21. Sutherland D, Olshen R, Cooper L, Woo ST. The development of mature gait. *J Bone Jt Surg.* 1980;62(A):336–53.
 22. Roselli P, Duplat J. Parálisis cerebral. *Ortopedia Infantil.* Bogotá; 2012.
 23. Gage JR. Gait analysis. An essential tool in the treatment of cerebral palsy. *Clin Orthop Relat Res.* 1993;
 24. Gage JR. Normal Gait. *Gait Analysis in Cerebral Palsy.* London: Mac Keith Press; 1991. p. 61–100.
 25. Bytyqi D. Gait kinematic analysis of the osteoarthritic knee : preand post-total knee arthroplasty [Internet]. 2015. Disponible en: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01140663/file/TH2015BytyqiDafina.pdf>
 26. Fishwick J. Fishwick J (2013) Gait - A simple breakdown [Internet]. 2013. Available from: <http://plexuspandr.co.uk/uncategorized/gait-a-simple-breakdown/>.
 27. Perry J, Burnfield JM. Phases of Gait. *Gait Analysis Normal and Pathological Function.* Slack Incorporated; 2010. p. 9–16.
 28. Barr A, Backus S. Biomecánica de la marcha. In: McGraw Hill, editor. *Biomecánica básica del sistema musculoesquelético.* España; 2001. p. 453–72.
 29. James R. Gage, Michael H. Schwartz, Steven E. Koop TFN. The Identification and Treatment of Gait Problems in Cerebral Palsy. 2nd ed. Mac Keith Press, editor. London: John Wiley & Sons; 2009. 42-63 p.
 30. Perry J, Burnfield JM. Normal Gait. *Gait Analysis Normal and Pathological Function.* Slack Incorporated; 2010.
 31. Perry J, Burnfield JM. Normal Gait. *Gait Analysis Normal and Pathological Function.* Slack Incorporated; 2010.
 32. Gage J, Schwartz M. Consequences of brain injury on musculoskeletal development. In: Press MK, editor. *The Identification and Treatment of Gait Problems in Cerebral Palsy.* London; 2009. p. 107–30.
 33. Hicks R, Durinick N, Gage JR. Differentiation of idiopathic toe-walking and

- cerebral palsy. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 1988. p. 160–3.
34. Engström P, Tedroff K. The prevalence and course of idiopathic toe-walking in 5-year-old children. *Pediatrics*. American Academy of Pediatrics; 2012 Aug;130(2):279–84.
 35. Hirsch G, Wagner B. The natural history of idiopathic toe-walking : a long-term follow-up of fourteen conservatively treated children. 2004;196–9.
 36. Kalen V, Adler N, Bleck EE. Electromyography of idiopathic toe walking. *J Pediatr Orthop*. 1985;6(1):31–3.
 37. Williams CM, Tinley P, Curtin M. Idiopathic toe walking and sensory processing dysfunction. *J Foot Ankle Res*. 2010;3:16.
 38. Roley SS, Mailloux Z, Miller-Kuhaneck H, Glennon T. Understanding Ayres' Sensory Integration. *OTA Contin Educ [Internet]*. 2007;12(17):1–8. Disponible en: http://digitalcommons.sacredheart.edu/ot_fac/15/
 39. Jacobs B. Toe walking, flat feet and bow legs, in-toeing and out-toeing. *Paediatr Child Health (Oxford) [Internet]*. Elsevier Ltd; 2010;20(5):221–4. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.paed.2010.03.001>
 40. Solan MC, Kohls-Gatzoulis J, Stephens MM. Idiopathic Toe Walking and Contractures of the Triceps Surae. *Foot Ankle Clin*. 2010;15(2):297–307.
 41. Asociación Colombiana de Fisioterapia (ASCOFI), Asociación Colombiana de Facultades de Fisioterapia (ASCOFAFI), Colegio Colombiano de Fisioterapeutas (COLFI) AC de E de F (ACEFIT). PERFIL PROFESIONAL Y COMPETENCIAS DEL FISIOTERAPEUTA EN COLOMBIA [Internet]. 2015 [cited 2018 Aug 30]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/TH/Perfil-profesional-competencias-Fisioterapeuta-Colombia.pdf>
 42. Griffin PP, Wheelhouse WW, Shiavi R, Bass W. Habitual toe-walkers. A clinical and electromyographic gait analysis. *J Bone Joint Surg Am [Internet]*. 1977 Jan [cited 2018 Sep 6];59(1):97–101. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/833184>
 43. Hicks, R., Durinik, N., & Gage J. Differentiation of Idiopathic Toe Walking and Cerebral Palsy. *J Pediatr Orthop*. 1988;8:160–3.
 44. Kelly IP, Jenkinson A, Stephens M, O'Brien T. The kinematic patterns of toe-walkers. *J Pediatr Orthop [Internet]*. 1997 [cited 2018 Sep 8];17(4):478–80. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9364387>
 45. Ghazali RM, Ayob Z, Kadri NA. Kinetics and Kinematics Analysis of Normal Toe-Walking. *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2006 [Internet]*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2007 [cited 2018 Sep 8]. p. 2927–30. Disponible en: http://link.springer.com/10.1007/978-3-540-36841-0_740

11. ANEXOS

11.1. Consentimiento Informado Movisys



Movisys
Laboratorio para Análisis del Movimiento

Bogotá, D.C.

Yo _____ mayor de edad, identificado con CC. N° _____ de _____ y actuando en nombre propio o como responsable del paciente _____ identificado con RC o TI. o CC. N° _____ y en pleno uso de mis facultades, autorizo a Movisys S.A.S, con NIT 900.294.008-4 para que en concurso de su personal médico y paramédico realice el procedimiento diagnóstico de análisis computarizado de la marcha o video análogo con base de datos o podobarometría, y/o electromiografía de superficie. Estos exámenes diagnósticos son procedimientos no invasivos y su objetivo es el análisis global y detallado de la marcha del paciente. El procedimiento registra de manera gráfica y/o en video la marcha y sus características, los riesgos del examen pueden ser: hipersensibilidad al frío, o reacciones alérgicas en la piel ya que el único contacto que se produce con el paciente es la colocación de marcadores mediante el uso de cinta adhesiva. El resto de riesgos como caldas, no son diferentes a los que el paciente pueda presentar al caminar en superficie regular, por su patología de base.

Teniendo en cuenta que he sido informado claramente sobre los objetivos y beneficios del examen, autorizo a Movisys S.A.S para procesar y manejar la información que se genere a partir de estos resultados (Imágenes y/o gráficas) para el desarrollo del informe final del examen y uso en capacitaciones, programas educativos o de divulgación que Movisys S.A.S considere necesario. Para ello se me ha informado y garantizado la protección de la identidad del menor a mi cargo.

Al firmar este documento reconozco que lo he leído o que me ha sido leído y explicado y que comprendo perfectamente su contenido. Comprendiendo estas limitaciones, doy mi consentimiento para la realización del procedimiento y firmo a continuación:

NOMBRE DEL RESPONSABLE

FIRMA DEL RESPONSABLE

CC. O HUELLA RELACIÓN CON EL PACIENTE

NOMBRE DE LA FISIOTERAPEUTA FIRMA

DESISTIMIENTO

Al firmar este documento reconozco que lo he leído o que me ha sido leído y explicado y que comprendo perfectamente su contenido. Comprendiendo estas limitaciones, **NO** doy mi consentimiento para la realización del procedimiento y firmo a continuación:

NOMBRE DEL RESPONSABLE

FIRMA DEL RESPONSABLE

CC. O HUELLA RELACIÓN CON EL PACIENTE

NOMBRE DE LA FISIOTERAPEUTA FIRMA

Cra. 52 No 67 A - 71 • Tels: 545 8386 / 437 7540 Ext. 5130 • Bogotá - Colombia