



Universidad de Valladolid



Facultad  
de Fisioterapia  
de Soria

## **FACULTAD DE FISIOTERAPIA**

Grado en Fisioterapia

**TRABAJO FIN DE GRADO**

# **TRATAMIENTO PARA LA MARCHA DE PUNTILLAS IDIOPÁTICA EN PEDIATRÍA**

Presentado por: Patricia Mateo Rubira

Tutor/es: Teresa Mingo Gómez

Soria, 6 de julio de 2016

## RESUMEN

**Introducción:** La marcha de puntillas idiopática produce cambios físicos en los niños llegando a alterar el esquema corporal, interfiriendo en la marcha normal, y generando complicaciones secundarias para el esqueleto, así como aumentando la frecuencia de aparición de otras lesiones o patologías. **Objetivo:** Conocer las diferentes alternativas de tratamiento de la marcha de puntillas idiopática, comparar y estudiar la efectividad de ellos. **Material y métodos:** se realizó una búsqueda electrónica entre los meses de marzo, abril y mayo de 2016 en las bases de datos de *Pubmed*, *PEdro* y *la Biblioteca Cochrane Plus*; y una búsqueda manual en la revista electrónica *Indian Journal of Applied Research*. 5 de los estudios incluidos en la revisión sistemática son ensayos clínicos evaluados mediante la Guía de lectura crítica CASPe. Asimismo, han sido seleccionados una serie de 5 casos y un estudio de un caso debido a su gran aportación en la fisioterapia. **Resultados:** Existen diferentes tratamientos para la marcha de puntillas idiopática: programas de fisioterapia, yesos seriados, inyecciones de toxina botulínica y tratamiento quirúrgico, los cuales pueden mejorar diferentes parámetros de la marcha, así como el examen físico y las habilidades de motricidad gruesa; sin embargo la efectividad de todos ellos no está clara. **Conclusión:** Los programas de fisioterapia mejoran la movilidad, la elasticidad, la fuerza, la propiocepción, así como el control postural, pero tienen una efectividad limitada como tratamiento único para esta patología, además de que precisa de periodos de tratamiento más largos. La inyección de toxina botulínica, es un tratamiento que aporta beneficios a corto plazo en esta patología. El tratamiento quirúrgico es uno de los métodos más fiables para aquellos pacientes que no responden a tratamientos previos, sin embargo es importante considerar las complicaciones asociadas.

## **GLOSARIO DE ABREVIATURAS**

**CASPe:** Critical Appraisal Skills Programme. (Programa de habilidades en lectura crítica).

**CI:** Contacto inicial.

**EC:** Ensayo clínico.

**ECA:** Ensayo clínico aleatorizado.

**EEII:** Extremidad inferior.

**FD:** Flexión dorsal.

**FP:** Flexión plantar.

**GGI:** Guillete Gait Index. (Índice de la marcha de Guillette).

**ITW:** idiopathic toe walking (marcha de puntillas idiopática).

**PDMS-2:** Peabody developmental motor scales- version 2. (Escala de Peabody de desarrollo motor versión 2).

**PEDro:** Physiotherapy Evidence Database.

**RI:** Rotación interna.

**RE:** Rotación externa.

**TIC:** tone-inhibiting casts (moldes de inhibición del tono).

# ÍNDICE

<b>1.- INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1.- DEFINICIÓN, PREVALENCIA Y ETIOLOGÍA.....	1
1.2.- CARACTERÍSTICAS DE LA MARCHA NORMAL.....	2
1.3.- CARACTERÍSTICAS MARCHA IDIOPÁTICA DE PUNTILLAS.....	5
1.4.- OTRAS IMPLICACIONES O CONSECUENCIAS.....	5
1.5.- TRATAMIENTOS MARCHA IDIOPÁTICA DE PUNTILLAS.....	6
<b>2.- JUSTIFICACIÓN</b> .....	8
<b>3.- OBJETIVOS</b> .....	8
<b>4.- MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	9
4.1.- ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA.....	9
4.1.1.- BÚSQUEDA ELECTRÓNICA.....	9
4.1.1.1.- MEDLINE.....	10
4.1.1.1.1.- TRATAMIENTO CON TOXINA BOTULÍNICA.....	10
4.1.1.1.2.- TRATAMIENTO DE FISIOTERAPIA.....	10
4.1.1.1.3.- TRATAMIENTO QUIRÚRGICO.....	11
4.1.1.2.- PEDro.....	12
4.1.1.3.- BIBLIOTECA COCHRANE PLUS.....	12
4.1.2.- BÚSQUEDA MANUAL.....	12
<b>5.- RESULTADOS</b> .....	14
5.1.- RESULTADOS DE LA CALIDAD DE EVIDENCIA DE LOS ESTUDIOS..	14
5.2.- CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS.....	15
5.2.1.- INTERVENCIONES.....	15
5.3.- MEDIDAS TOMADAS EN LOS TRATAMIENTOS.....	21
<b>6.- DISCUSIÓN</b> .....	36
<b>7.- LIMITACIONES</b> .....	41
<b>8.- CONCLUSIÓN</b> .....	42
<b>9.- BIBLIOGRAFÍA</b> .....	43
<b>10.- ANEXO I: LISTA DE COMPROBACIONES ESTRUCTURADA DE PRISMA...</b>	<b>47</b>

# 1.- INTRODUCCIÓN

## 1.1.- DEFINICIÓN, ETIOLOGÍA Y PREVALENCIA

Normalmente, los niños comienzan a caminar entre los doce y los quince meses de edad<sup>1,2</sup>. Durante la primera etapa de la marcha independiente, éstos suelen experimentar como parte del desarrollo motor, la marcha de puntillas<sup>1,3,4</sup>. El problema surge cuando esta forma de caminar persiste más allá de los dos, tres años<sup>4,5,6</sup>, ya que el niño ya debería haber alcanzado el desarrollo neurológico y biomecánico y debería deambular con una marcha madura<sup>7</sup>. Es a partir de aquí cuando debe considerarse anormal y debe investigarse la etiología<sup>6</sup>.

La marcha de puntillas puede ser resultado de influencias traumatológicas, neurológicas y enfermedades<sup>3</sup> tales como la parálisis cerebral espástica y el autismo<sup>8</sup>.

En las enfermedades neuromusculares, bien sea a causa de la debilidad muscular o de la espasticidad, los niños presentan un destacado desequilibrio entre los flexores y extensores de la parte inferior de la pierna, lo cual desencadena el patrón de marcha sobre los dedos de los pies<sup>9</sup>

La marcha de puntillas, se puede definir como *“la incapacidad para generar un apoyo del talón durante la fase de contacto inicial del ciclo de la marcha, y la ausencia de contacto pleno del pie durante la fase de apoyo”*<sup>10</sup>. Se trata de un patrón bilateral que afecta siempre a ambos pies del niño<sup>1</sup>.

Sin embargo, se denomina marcha de puntillas idiopática (ITW) cuando se desconoce la etiología y la fisiopatología, considerándose ésta como un diagnóstico de exclusión<sup>9</sup>.

Algunos estudios la han relacionado con disfunciones vestibulares y sensoriales<sup>1,11,12</sup>, alteraciones en el procedimiento visual y de la propiocepción, disminución de la fuerza y de la flexibilidad de las piernas y pies<sup>1</sup>, disfunción en la tonicidad muscular<sup>12</sup>, retraso en el desarrollo del tracto cortico-espinal, corto tendón de Aquiles congénito<sup>11</sup>, además de antecedentes familiares<sup>1,2,12</sup>

Igualmente, diversos estudios informan que el trastorno del lenguaje, la comunicación y el aprendizaje aumentan la frecuencia de aparición de esta patología<sup>8,13</sup>.

En este sentido, un estudio realizado por *Engelbert R. et al. (2011)*<sup>14</sup>, plantea que los niños que han caminado sobre las puntas de los pies durante la primera etapa de su vida, tienen 3 veces más posibilidad de desarrollar una disminución de la flexión dorsal del tobillo durante el crecimiento a la adolescencia en comparación con aquellos que no tienen ningún antecedente de este tipo.

Los niños con ITW, escogen caminar sobre las puntas de sus pies, pero son capaces de llevar a cabo una marcha voluntaria talón- punta, si se concentran en ello<sup>9,15,2</sup>.

La ITW se estima que ocurre en entre el 7% y el 24% de la población pediátrica<sup>1,2,13,16</sup>, sin predominio de sexo<sup>3</sup>, alcanzando una mayor frecuencia en el segundo año de edad, con una duración aproximada de tres meses, siendo automática la recuperación en la mayoría de los casos con el paso del tiempo. No obstante, en muchos niños persiste hasta más allá de la edad escolar<sup>17</sup>.

## **1.2.- CARACTERÍSTICAS DE LA MARCHA NORMAL**

Según *Wickstrom RL. (1983)*<sup>18</sup>, la marcha se define como *“la forma natural de locomoción vertical, cuyo patrón motor se caracteriza por una acción alternativa y progresiva de las piernas y un contacto continuo con la superficie de apoyo”*.

El niño se piensa que adquiere la capacidad de caminar con apoyo al año de edad, para hacerlo de forma independiente a los 15 meses aproximadamente.

Al inicio de la marcha independiente, el niño muestra una base de sustentación amplia para mantener el equilibrio, una hiperflexión de cadera y rodillas con inclinación anterior de tronco, estando ausente la rotación e inclinación lateral de la pelvis, manteniendo los brazos en abducción con los codos en extensión o ligera flexión, desplazándose a pasos cortos de forma no fluida, inestable, tambaleante y con falta de armonía y coordinación<sup>19,20</sup>.

Después de la fase temprana, según avanza la maduración del sistema nervioso central con el añadido del aprendizaje, se van desarrollando reacciones de equilibrio, disminuyendo de esta forma la base de sustentación durante la marcha, así como la coordinación, el conocimiento de su esquema corporal y la percepción del espacio. Asimismo, los movimientos se tornan más suaves, aparece la lordosis lumbar y el braceo<sup>19,20</sup>.

La habilidad para caminar se completa a los 5 años de edad y según *Sutherland*<sup>21</sup>, *Popova y Bernshtein*<sup>22</sup> a los 7 años se adquieren las características electromiográficas, cinemáticas y cinéticas del adulto con la excepción de los parámetros espacio- temporales de la marcha como la longitud de la zancada, la velocidad y el ritmo de paso, los cuales se encuentran íntimamente relacionados con la estatura, evolucionando junto al crecimiento con el transcurso del tiempo. La longitud de la zancada y la velocidad de la marcha aumentan, disminuyendo al mismo tiempo el ritmo del paso (cadencia).

La longitud de la zancada se define como *“la distancia lineal entre dos contactos de talón consecutivos de la misma extremidad”* y la velocidad de la marcha como *“la relación de la distancia recorrida en dirección de la marcha por unidad de tiempo”*. Para finalizar, se entiende por ritmo de paso o *cadencia* *“el número de pasos por unidad de tiempo”*<sup>19</sup>.

A continuación, se describen las fases de la marcha madura normal, así como la biomecánica de la articulación del tobillo, la rodilla, la cadera y la pelvis en cada una de ellas (*Tabla 1 y Figura 1*).

Tabla 1: Fases de la marcha. Descripción y biomecánica<sup>19</sup>.

Fase	Descripción	Pelvis	Cadera	Rodilla	Tobillo
<b>Contacto inicial</b>	Momento en el que el pie contacta con el suelo (apoyo del talón en condiciones normales).	Posición neutra.	30º de flexión.	5º de flexión.	Posición neutra.
<b>Respuesta a la carga</b>	10% del ciclo de la marcha, apoyo bipodal. El pie realiza un apoyo total en el suelo y el peso del cuerpo se transfiere a la extremidad adelantada.	Retroversión.	Deflexión hasta 20º.	Pasa de 5º a 15-20º de flexión.	Pasa de la posición neutra hasta 8-10º de FP, consiguiendo el apoyo de toda la planta para luego volver a la posición neutra.
<b>Apoyo medio</b>	10-30% del ciclo de la marcha. La extremidad contralateral pierde el contacto con el suelo y el peso del cuerpo se transfiere a lo largo del pie hasta alinearse con el antepie.	Va desapareciendo la retroversión y comienza la anteversión.	Deflexión hasta 5º.	Deflexión hasta 8-10º.	FD hasta 5-10º.
<b>Apoyo final</b>	30-50% del ciclo de la marcha. Comienza con la elevación del talón, desplazando el peso hacia los dedos y termina con el contacto en el suelo del pie contralateral.	Continúa la anteversión y al final de la fase volverá la posición neutra.	10º de extensión.	Deflexión hasta 5º, invirtiéndose el movimiento alcanzando 10-12º de flexión debido a la elevación del talón y la FP tobillo.	FD hasta 12º, pasando a 10º justo antes del comienzo de la siguiente fase.
<b>Pre-balanceo</b>	50-60% del ciclo de la marcha. Se inicia cuando el pie contralateral toca el suelo y termina con el despegue de la punta del pie ipsilateral.	Retroversión.	Flexión hasta posición neutra.	Flexión hasta 40º.	20º FP.
<b>Balanceo inicial</b>	60-73% del ciclo de la marcha. Comienza cuando el pie se despega del suelo y termina cuando este se coloca a la altura del pie que se encuentra apoyado.	Desaparece la retroversión hasta una posición neutra.	Pasa de la posición neutra a 25º de flexión.	Flexión hasta 60º (máxima flexión en la marcha) deflexionando hasta 55º al final de la fase.	FD hasta 10º de FP
<b>Balanceo medio</b>	73-87% del ciclo de la marcha. Comienza cuando ambas piernas se encuentran alineadas y termina en el momento que la extremidad que realiza el balanceo está por delante de la otra y su tibia se encuentra verticalizada.	Anteversión.	35º de flexión.	Deflexión hasta 20º.	FD hasta la posición neutra.
<b>Balanceo final</b>	87-100% del ciclo de la marcha. Empieza con la tibia en posición vertical y finaliza cuando el talón contacta de nuevo con el suelo.	Desaparece la anteversión hasta la posición neutra.	Deflexión hasta 30º.	Deflexión hasta la posición neutra. Luego se inicia una flexión hasta 5º al final de la etapa.	Finaliza en posición neutra.

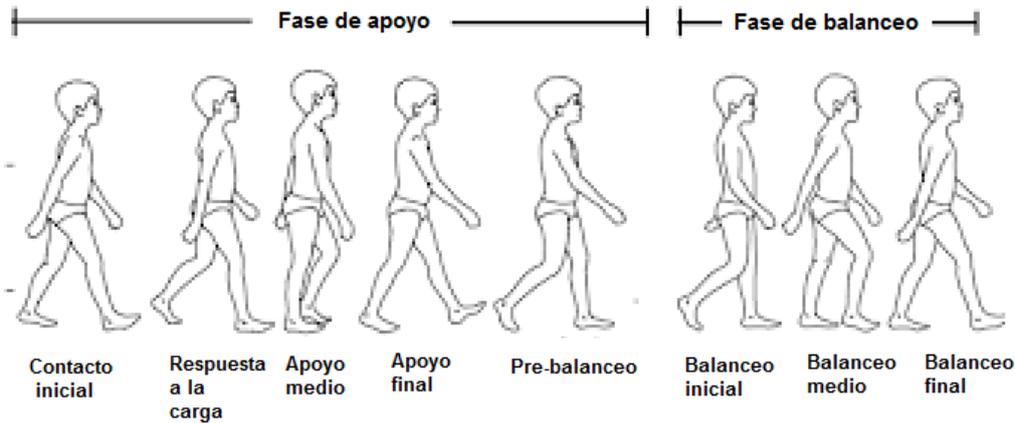


Figura 1: Fases de la marcha <sup>20</sup>.

### 1.3.- CARACTERÍSTICAS MARCHA DE PUNTILLAS IDIOPÁTICA

Las alteraciones principales en los niños con ITW son a nivel del tobillo un aumento de la flexión plantar durante las fases de apoyo y balanceo. Durante la fase de balanceo tiene lugar una incursión normal hacia la dorsiflexión en la fase inicial y media para favorecer el avance del pie. Sin embargo, en el balanceo final, se produce una desviación hacia la flexión plantar, la cual se mantiene hasta el siguiente contacto inicial del ciclo de la marcha, el cual es realizado con las puntas de los pies, en lugar de con el talón. Asimismo, la marcha de puntillas se caracteriza por una tendencia a la hiperextensión de la rodilla durante la fase de apoyo<sup>23</sup>, una rotación externa del pie y un aumento de la inclinación anterior de la pelvis<sup>13,24</sup>, resultado de la incapacidad de mantener el tronco en posición erguida, desplazando la base de sustentación hacia la parte delantera de los pies y por el consiguiente desapareciendo la transferencia de peso talón- punta<sup>16</sup>.

Con respecto a los parámetros temporales y espaciales de la marcha, los niños con ITW, muestran una tendencia constante a correr en lugar de caminar, presentan una mala capacidad de modulación del ritmo, así como una longitud de la zancada más corta<sup>16</sup>.

### 1.4.- OTRAS IMPLICACIONES O CONSECUENCIAS

La problemática principal de la marcha de puntillas persistente se encuentra en las complicaciones secundarias producidas en esquema corporal del niño.

Los pies tienen el peligro de sufrir deformaciones<sup>12</sup>, alteraciones de los arcos plantares<sup>1</sup> y contractura irreversible del tendón de Aquiles<sup>12</sup> dando lugar a una contractura equina, la cual se presenta según estudios entre el 50 y el 70% de los niños caminantes de puntillas<sup>2,15</sup>. Asimismo, aumenta el riesgo de osteocondritis disecante del astrágalo y/o cóndilos femorales, así como la frecuencia de padecer lesiones en el tobillo como consecuencia de la limitación de la flexión dorsal en el movimiento pasivo<sup>13,24</sup>.

Además, la excesiva flexión plantar del tobillo característica de esta forma de deambular, afecta al patrón de la marcha y debilita el desarrollo de actividades de coordinación bilateral<sup>2</sup>.

Igualmente, puede dar lugar a genu valgum, genu recurvatum, excesiva torsión tibial externa y rotación externa de tobillo<sup>16</sup> con dolor no diferenciado de piernas, así como cojera y fatiga<sup>9</sup>.

A través de una hiperlordosis lumbar secundaria a dicha marcha se producen cargas incorrectas en el tronco, lo que puede dar lugar a trastornos de la columna vertebral como la aparición de espondilólisis<sup>13,17,24</sup>. Asimismo, presenta una limitación del control de la postura erguida con la consiguiente inclinación excesiva de la pelvis<sup>16</sup>.

### **1.5.- TRATAMIENTOS PARA LA MARCHA DE PUNTILLAS IDIOPÁTICA**

Los protocolos de tratamiento para los niños con ITW suelen comenzar con métodos conservadores como programas de fisioterapia, yesos seriados y órtesis. También se pueden emplear inyecciones de toxina botulínica. Asimismo, para los niños que no responden a dichos tratamientos y siguen presentando contractura en flexión plantar de tobillo, a menudo se realizan intervenciones quirúrgicas del complejo soleo gastrocnemio o del tendón de Aquiles<sup>1</sup>.

Los **programas de fisioterapia** se basan en el estiramiento de los flexores plantares de tobillo, el fortalecimiento del tibial anterior y del resto de los músculos del tronco y las extremidades inferiores, electroestimulación neuromuscular, movilizaciones pasivas del tobillo, entrenamiento en cinta rodante, entrenamiento del equilibrio, estimulación sensorial a través de entradas

exteroceptivas y entradas de propiocepción, así como un programa de ejercicios en el domicilio<sup>1,25</sup>.

Los objetivos de la fisioterapia en esta patología son mejorar el rango de movimiento pasivo en flexión dorsal del tobillo, lograr una deambulación talón-punta al menos durante el 75% del tiempo de la marcha espontánea, ser independiente en el programa de ejercicios en el domicilio y maximizar las habilidades motoras gruesas del paciente. Cabe mencionar que, en ocasiones, incluso después de un tratamiento exitoso de terapia manual, puede ocurrir un estancamiento del rango de movimiento debido a diversos factores como la aceleración del crecimiento, ansiedad, fatiga, enfermedad y falta de seguimiento en el domicilio<sup>25</sup>.

Las **órtesis** se indican habitualmente para reforzar un patrón de marcha normal sin recordatorios verbales, así como los **yesos seriados**, los cuales son colocados por debajo de la rodilla con el tobillo en posición neutra. Estos últimos pueden ser muy eficaces a corto plazo en la ganancia del rango de movimiento del tobillo, además de mejorar la electromiografía de la marcha con una contracción recíproca del tibial anterior y el complejo soleo-gastrocnemio<sup>26</sup>.

La **toxina botulínica** es una toxina derivada de la bacteria Clostridium botulinum que produce un bloqueo de los receptores de acetilcolina para interrumpir la unión neuromuscular. El botox se utiliza a menudo en combinación con otros tratamientos como la terapia física, los yesos seriados y/o aparatos ortopédicos.<sup>11,27,28</sup> No obstante, su efecto es a corto plazo teniendo una duración de 3 meses aproximadamente debido a la recuperación de las terminaciones de los nervios bloqueados<sup>29</sup>.

Para concluir, se reserva como última opción **el alargamiento quirúrgico del sóleo- gastrocnemio o del tendón de Aquiles** para aquellos pacientes que no hayan respondido a los tratamientos previos, y continúen mostrando una contractura severa en flexión plantar de tobillo. Dicha intervención presenta un riesgo de sobrealargamiento y debilitamiento de los músculos implicados, por lo que se recomienda esperar hasta que los niños cumplan al menos 8-10 años de edad<sup>1</sup>.

## **2.- JUSTIFICACIÓN**

La ITW produce cambios físicos en los niños llegando a alterar el esquema corporal, interfiriendo en la marcha normal, y generando complicaciones secundarias para el esqueleto, así como aumentando la frecuencia de aparición de otras lesiones o patologías.

El propósito de este trabajo es dar a conocer las diferentes alternativas de tratamiento para una patología común carente de literatura que afecta entre el 7 y el 24% de la población pediátrica, con el fin de mejorar la calidad de vida de los pacientes y evitar posibles complicaciones.

## **3.- OBJETIVOS**

Existe una variedad de tratamientos para la ITW, desde tratamientos no invasivos, inyecciones de toxina botulínica tipo A, hasta tratamientos quirúrgicos, escogidos como última opción, en los que los anteriores no muestran progreso alguno.

El objetivo principal de este estudio es conocer las diferentes alternativas de tratamiento de la ITW entre ellas el tratamiento fisioterápico. Igualmente, el objetivo secundario es comparar y estudiar la efectividad en los distintos parámetros y fases de la marcha, así como en el examen físico y las habilidades motoras gruesas.

## 4.- MATERIAL Y MÉTODOS

Esta revisión sistemática ha sido llevada a cabo según la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systemtic reviews and Meta- Analyses) de julio de 2009 (*anexo 1*), con ensayos clínicos publicados entre 2006 y 2016, encontrados a través de dos tipos de búsquedas, una electrónica y otra manual durante los meses de marzo, abril y mayo de 2016<sup>30</sup>.

La búsqueda electrónica se ha realizado en las bases de datos de *Pubmed*, *Physiotherapy Evidence Database (PEDro)* y la *Biblioteca Cochrane Plus*. Las palabras clave utilizadas en las estrategias de búsqueda son: *idiopathic toe walking, toe walking, tip toe walking, botulinum toxin, surgically, physiotherapy, physical therapy, manual therapy*, unidas y combinadas entre sí en la base de datos de *Pubmed* por los operadores booleanos *AND* y *OR* según la búsqueda del tratamiento deseado (toxina botulínica, terapia física y tratamiento quirúrgico).

Asimismo, la búsqueda manual se ha realizado en la revista electrónica *Indian Journal of Applied Research*.

A la hora de seleccionar los estudios se han determinado una serie de **criterios de inclusión**: *ITW, no patología asociada, pacientes pediátricos, tratamiento aplicado de forma bilateral, ensayos clínicos y estudios publicados en lengua española e inglesa en los últimos diez años*.

Los **criterios de exclusión** son: *pacientes adolescentes o adultos, patología asociada a la ITW, no ensayos clínicos, estudios en un idioma distinto al español o inglés y publicaciones de más de 10 años, así como aquellos que obtengan una puntuación inferior a 5 en la guía de lectura crítica CASPe*.

### 4.1.- ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA (*Tabla 1*)

#### 4.1.1.- BÚSQUEDA ELECTRÓNICA

##### Estrategia PICO

- **P:** Pediatric patient.

- **I:** Botulinum toxin [MeSH]
  - Physiotherapy/ pyhsical therapy/ manual therapy [MeSH]
  - Surgically [MeSH]
- **C:** comparison treatments (botulinum toxin, physiotherapy and surgically)
- **O:** Effectiveness
  - Effective
  - Efficacy

#### **4.1.1.1.- MEDLINE**

##### **4.1.1.1.1.- TRATAMIENTO CON TOXINA BOTULÍNICA:**

En el cuadro de estrategia de búsqueda se introdujeron los términos [MeSH] *idiopathic toe walking* y *botulinum toxin*.

Se obtuvieron 7 resultados, los cuales se mantuvieron tras utilizar el filtro de artículos publicados en los últimos 10 años.

De estos artículos, 5 fueron descartados por las siguientes razones: tratarse de revisiones sistemáticas (2), no describir un tratamiento con toxina botulínica (1), hablar de pacientes pediátricos en general (1), y no tener acceso libre al texto completo (1).

Por lo tanto, dos artículos fueron seleccionados.

##### **4.1.1.1.2.- TRATAMIENTO FISIOTERÁPICO**

En el cuadro de estrategia de búsqueda se introdujeron los términos [MeSH] *idiopathic toe walking*, *physiotherapy*, *physical therapy* y *manual therapy*.

Se obtuvieron 18 resultados. Posteriormente se seleccionó el filtro de estudios publicados en los últimos 10 años, reduciendo de esta forma la plantilla a 14 artículos, de los cuales 12 fueron excluidos por los siguientes motivos: no describir un programa de fisioterapia (6) de los cuales además 3 son revisiones sistemáticas; no describir ningún tipo de tratamiento (4), siendo uno de ellos un

estudio de cohortes que habla únicamente de complicaciones e historia, otro trata pacientes adolescentes y adultos y los dos últimos están escritos en lengua francesa y finlandesa; no estar relacionado con la ITW (1) y estar publicado en lengua polaca (1).

Los 2 estudios restantes, **Clark E. et al. (2010)**<sup>16</sup> y **Szopa A. et al. (2014)**<sup>1</sup>, no son ensayos clínicos, sino una serie de 5 casos y un estudio de un caso, respectivamente. Sin embargo han sido seleccionados e incluidos en esta revisión debido a su gran aportación en el campo de la fisioterapia.

Ambos estudios no han sido analizados con lectura crítica ya que la Guía CASPe no ofrece ninguna herramienta para el análisis de serie de casos o estudio de un caso.

No obstante, dichos estudios tienen evidencia científica porque han sido publicados en *Therapeutics and Clinical Risk Management* y *Pediatric Physical Therapy*, revistas con un factor de impacto de 1.469 y 1.035, respectivamente.

Asimismo, este tipo de estudios aparecen en la pirámide de evidencia científica y tienen un nivel de evidencia 4 y un grado de recomendación C en la Clasificación de los niveles de evidencia de Oxford.

#### **4.1.1.1.3.- TRATAMIENTO QUIRÚRGICO**

En el cuadro de estrategia de búsqueda se introdujeron los términos [MeSH] *idiopathic toe walking* y *surgically*.

Se obtuvieron 6 resultados. Posteriormente se aplicó el filtro de artículos publicados en los últimos 10 años, reduciéndose la lista a 4 estudios, de los cuales 2 fueron desechados uno por no estar relacionado con la ITW (1) y otro por estar escrito en lengua francesa (1).

Dos estudios fueron elegidos tras la lectura crítica.

Algunos de los artículos que no se encontraban disponibles en esta base de datos a texto completo y que me resultaron interesantes tras leer el abstract, fueron descargados a través de la *Biblioteca virtual de la Universidad de Valladolid*.

#### 4.1.1.2.- PEDro (Physiotherapy Evidence Database)

Se realizaron dos búsquedas simples independientes con los términos *idiopathic toe walking* y *tip toe walking*, obteniendo únicamente dos resultados, ambos desechados uno de ellos por ser una revisión sistemática y otro por tratar pacientes adultos jóvenes.

#### 4.1.1.3.- BIBLIOTECA COCHRANE PLUS

Se efectuaron las mismas búsquedas que en la base de datos *PEDro*, sin embargo en ninguna de ellas se obtuvo resultado alguno.

#### 4.1.2.- BÚSQUEDA MANUAL

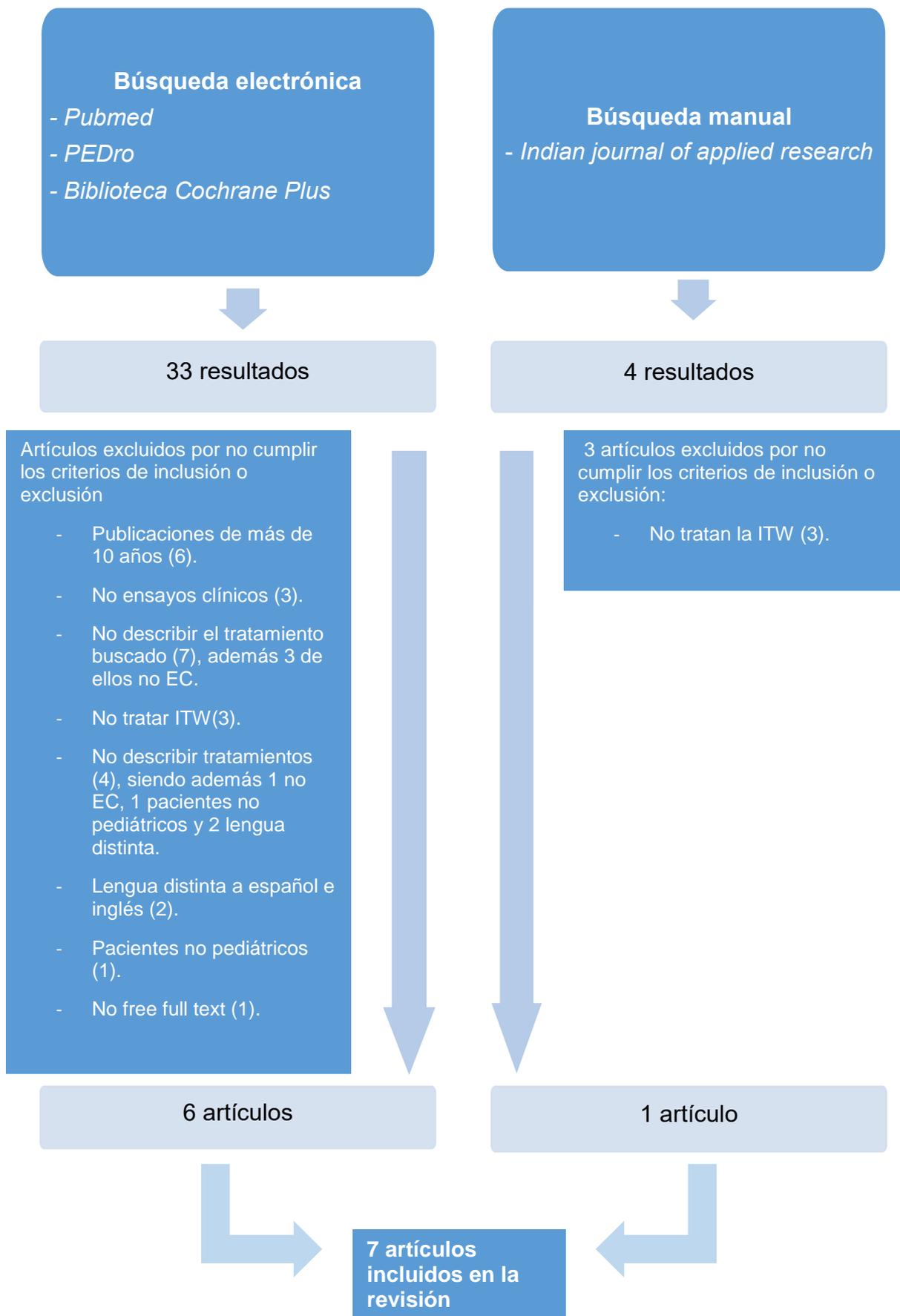
Se realizó una búsqueda simple en una revista electrónica llamada *Indian Journal of Applied Research*, donde la palabra clave fue *walking*. Se obtuvieron 4 resultados, de los cuales 3 fueron descartados por no estar relacionados con nuestro tema.

El estudio restante se seleccionó y fue incluido en esta revisión.

**Tabla 1:** Bases de datos. Estrategias de búsqueda. Fuente: elaboración propia.

Búsqueda	Base de datos	Estrategia de búsqueda
Búsqueda electrónica	Pubmed	1) <i>Idiopathic toe walking AND botulinum toxin.</i> 2) <i>Idiopathic toe walking AND (physiotherapy OR physical therapy OR manual therapy)</i> 3) <i>Idiopathic toe walking AND surgically</i>
	PEDro	<i>Idiopathic toe walking</i> <i>Tip toe walking</i>
	Biblioteca Cochrane Plus	<i>Idiopathic toe walking</i> <i>Tip toe walking</i>
Búsqueda manual	Indian Journal of Applied Research	<i>Walking</i>

A continuación, en el *Esquema 1*, se muestra mediante un diagrama de flujo, la estrategia de búsqueda realizada.



**Esquema 1:** Diagrama de flujo de la estrategia de búsqueda. Fuente: elaboración propia.

## 5.- RESULTADOS

### 5.1.- RESULTADOS DE LA CALIDAD DE EVIDENCIA DE LOS ESTUDIOS

La calidad de los estudios incluidos en esta revisión se valoró mediante la guía de lectura crítica CASPe <sup>31</sup> (Tabla 2).

CASPe (Critical Appraisal Skills Programme, en español programa de habilidades en lectura crítica) es un programa creado en 1998 por el Institute of Health Sciences de Oxford con el propósito de adquirir habilidades en la búsqueda de información y lectura crítica de la literatura científica en salud, para obtener de este modo la evidencia científica necesaria para su toma de decisiones.

Existen diversos instrumentos para la lectura crítica de los diferentes tipos de estudios. En este caso, se ha utilizado la herramienta para el análisis de los ensayos clínicos. Dicha plantilla consta de 11 preguntas, 5 de las cuales deberán ser afirmativas para que el estudio tenga evidencia y de esta forma ser seleccionado<sup>32</sup>.

**Tabla 2:** Resultados CASPe de los ensayos clínicos incluidos en la revisión. Fuente: elaboración propia.

<b>Criterio</b>	<b>Engström P et al. (2010) <sup>11</sup></b>	<b>Engström P et al. (2013) <sup>32</sup></b>	<b>Rasha A. et al. (2014) <sup>2</sup></b>	<b>McMulkin ML et al. (2006) <sup>33</sup></b>	<b>McMulkin ML et al. (2016)<sup>34</sup></b>
1)	SI	SI	SI	SI	SI
2)	NO	SI	SI	NO	NO
3)	NO	NO	SI	NO	NO
4)	SI	SI	SI	SI	SI
5)	SI	SI	SI	SI	SI
6)	SI	SI	SI	SI	SI
7)	SI	SI	SI	SI	SI
8)	NO	NO	NO	NO	NO
9)	SI	SI	SI	SI	SI
10)	SI	NO	NO	SI	NO
11)	SI	NO	NO	SI	NO
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>6</b>

1)Asunto claramente enfocado, 2)Asignación aleatoria, 3)Cegamiento, 4)Grupos similares al inicio, 4)Tratados igual al margen de la intervención experimental, 6)Seguimiento adecuado y análisis por intención a tratar, 7)Importancia resultados, 8)Precisión, 9)Aplicabilidad, 10)Resultados clínicamente importantes, 11)Beneficios mayor que daños y costes.

## 5.2.- CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS (Tabla 3)

### 5.2.1.- INTERVENCIONES

Los 7 estudios incluidos en esta revisión describen diferentes tipos de tratamientos para niños con ITW, con el objetivo de mejorar la marcha en estos pacientes, así como reducir posibles complicaciones secundarias.

Con respecto a los artículos que estudian el tratamiento con toxina botulínica, se seleccionaron los estudios de **Engström P. et al. (2010)**<sup>11</sup> y **Engström P. et al. (2013)**<sup>32</sup>

**Engström P. et al. (2010)**<sup>11</sup> realizó un estudio de 12 meses de duración con 15 niños con ITW de entre 5 y 13 años de edad, sin ninguna patología asociada y sin haber recibido previamente ningún tipo de tratamiento. El objetivo de este estudio fue investigar el efecto de la toxina botulínica tipo A, aplicando de forma bilateral 6 unidades de botox por kilogramo de peso corporal en 4 puntos de la pantorrilla: dos en el tercio proximal de los vientres del gastrocnemio lateral y medial y dos en la zona distal del complejo gastrocnemio-soleo. Asimismo, una hora antes del tratamiento, se les administró paracetamol y crema anestésica tópica en la zona de inyección. Tras la inyección de toxina, los pacientes fueron sometidos a un programa de ejercicios de estiramiento de los gemelos 5 veces por semana y caminar 50 pasos al día sobre los talones.

**Engström P. et al. (2013)**<sup>32</sup> desarrolló un ensayo clínico aleatorizado con una duración de 4 semanas con 47 niños con ITW de entre 5 y 15 años de edad sin patología asociada, sin contractura del tendón de Aquiles y con desarrollo perinatal normal. Se asignaron de forma aleatoria a los pacientes en dos grupos de tratamiento con yesos, ya sea como tratamiento único (n=26) o tras la administración de toxina botulínica tipo A (n=21).

Los yesos fueron colocados de forma bilateral por debajo de la rodilla desde los dedos hasta la parte proximal de la pantorrilla.

El tratamiento previo con toxina botulínica del grupo II, se basó en la inyección de 12 unidades de botox por kilogramo de peso corporal de forma bilateral. Antes de la inyección se administró paracetamol y crema anestésica en las zonas de

inyección. Estas se situaron dos en el tercio proximal del gastrocnemio lateral y medial y dos distalmente en el complejo sóleo- gastrocnemio.

Asimismo, ambos grupos de tratamiento fueron instruidos por un fisioterapeuta para realizar estiramientos de los gemelos 5 veces por semana y caminar al menos 50 pasos al día sobre los talones.

Igualmente, se realizó un cuestionario de problemas neuropsiquiátricos, el cual consta de 181 preguntas. Si un niño tenía una puntuación por encima del percentil 90, se consideró que tiene dificultades en ese dominio.

En relación a aquellos que estudian tratamientos basados en planes de fisioterapia, se encuentran **Clark E. et al. (2010)<sup>16</sup>**, **Rasha A. et al. (2014)<sup>2</sup>** y **Szopa A. et al. (2016)<sup>1</sup>**.

**Clark E. et al. (2010)<sup>16</sup>** realizó un estudio de casos con 5 niños con ITW de entre 2 años y medio y 6 años de edad. El tratamiento consistió en un programa de control motor de dos sesiones de una hora por semana durante 9 semanas, que tuvo como objetivo facilitar una postura más erguida en bipedestación, una postura al caminar para asegurar la fuerza relativa de reacción al suelo con el eje del tobillo, así como el alineamiento neutro del calcáneo y una extensión neutra de la rodilla.

**Rasha A. et al. (2014)<sup>2</sup>** llevó a cabo un estudio de 6 meses de duración con niños de entre 3 y 5 años con ITW sin patología asociada y sin haber recibido ningún tratamiento previo. Se asignaron aleatoriamente 45 niños en 3 grupos.

El grupo I (n=15) fue sometido a un programa de fisioterapia una hora, 3 veces por semana durante 6 meses, basado en ejercicios suaves de estiramiento de gemelos, facilitación de la contracción del grupo muscular del tibial anterior, entrenamiento propioceptivo, equilibrio, ejercicios de control postural, técnicas de neurodesarrollo y entrenamiento de la marcha.

El grupo II (n=15) recibió tratamiento con toxina botulínica y el mismo programa de tratamiento que el grupo I, dos días después de la inyección. Se administraron de forma bilateral 6 unidades de botox por kilogramo de peso corporal en 4 puntos de la pantorrilla: dos en el tercio proximal de los vientres del gastrocnemio

lateral y medial y dos en la zona distal del complejo gastrocnemio-soleo. Antes de la inyección se administró paracetamol y crema anestésica en las zonas de inyección. Posteriormente, se colocaron AFOs 23 horas al día durante 2 semanas para mantener la flexibilidad que se había ganado con el botox.

El último grupo (n=13), únicamente fue sometido al tratamiento con toxina botulínica siguiendo el mismo procedimiento que el grupo anterior, añadiendo estiramiento de los gemelos 5 veces a la semana y caminar al menos 50 pasos al día sobre los talones.

Los 3 grupos, además, calzaron posteriormente zapatos médicos pediátricos.

**Szopa A. et al. (2016)<sup>1</sup>** llevó a cabo un estudio de un caso con un niño de 5 años con ITW grave y persistente, sin antecedentes familiares, ni patología asociada y con desarrollo perinatal normal y psicomotor hasta los 2 años de edad. Asistió durante un año a un tratamiento de fisioterapia que consistió en ejercicios en el domicilio y órtesis durante la noche para mantener el estiramiento y la flexibilidad del tendón de Aquiles, sin embargo, la marcha empeoró con el tiempo. Sus padres se negaron a una intervención quirúrgica, por lo que el propósito de este estudio fue documentar un programa de tratamiento no quirúrgico que utiliza moldes de inhibición del tono (TIC) en combinación con un programa de fisioterapia basado en los principios del neurodesarrollo.

Se llevó a cabo un protocolo de fisioterapia previo a la colocación de los moldes (colocados de forma bilateral por debajo de la rodilla durante 3 semanas), de forma simultánea y tras la retirada de estos. El primero comprendió técnicas inhibitorias de neurodesarrollo en base a la información sensorial (entradas exteroceptivas, orientación manual, propiocepción), así como ejercicios de estiramiento pasivo del tendón de Aquiles 40 veces durante 25 segundos con la rodilla flexionada a 90 y 20 grados. El segundo tuvo una duración de 60 minutos por sesión, 5 veces a la semana durante 3 semanas e incluyó: el entrenamiento del equilibrio estático y dinámico en bipedestación, el cual facilita el control postural en superficie estable e inestable y entrenamiento de la marcha. El protocolo de tratamiento tras la retirada de los yesos (5 días por semana durante 60 minutos por sesión), incluyó: la facilitación de la reacción del equilibrio, facilitación del patrón de marcha normal, entrenamiento de la marcha en un

ambiente cerrado con obstáculos para transferir nuevas experiencias sensoriomotoras.

Para finalizar, **McMulkin ML. et al. (2006)**<sup>33</sup> y **McMulkin ML. et al. (2016)**<sup>34</sup> llevaron a cabo ensayos en los que estudiaron la efectividad de tratamientos quirúrgicos para la ITW.

**McMulkin ML. et al. (2006)**<sup>33</sup> llevó a cabo un estudio para evaluar globalmente los resultados cuantitativos en 14 niños de entre 5 y 12 años con ITW intervenidos quirúrgicamente, sin problemas neurológicos y sin ningún tipo de cirugía anterior, distribuidos en dos grupos. Al primer grupo se asignaron 7 niños con tensión principalmente en los gastrocnemios, los cuales habían sido sometidos a un tratamiento de alargamiento de los gastrocnemios de forma bilateral con la técnica Vulpius. Los 7 niños restantes habían sido tratados con alargamiento del tendón de Aquiles y presentaban una mayor contractura del sóleo y gastrocnemios y pies más equinos.

**McMulkin ML. et al. (2016)**<sup>34</sup> realizó un estudio para evaluar los resultados cinéticos y cinemáticos a largo plazo en 8 sujetos de entre 6 y 11 años con ITW sin ninguna patología asociada, los cuales habían sido intervenidos quirúrgicamente hace más de 5 años mediante alargamiento del tendón de Aquiles, gastrocnemio o sóleo por contractura de estos.

**Tabla 3:** Características descriptivas de los artículos incluidos en la revisión. Fuente: elaboración propia.

<b>Autor (año)</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Tipo de estudio</b>	<b>Nº sujetos</b>	<b>Edad</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Medidas</b>
<b>Engström P. et al.(2010)<sup>11</sup></b>	Investigar el efecto de la toxina botulínica en el patrón de la marcha en los niños con ITW.	EC	15 sujetos	5-13 años	12 meses	Tratamiento con toxina botulínica + programa de ejercicios.	Ritmo, velocidad, longitud zancada, ángulo tobillo CI, máxima FD durante el balanceo y durante el apoyo, máxima FP, ritmo con máxima FD, ritmo de FD a FP,
<b>Engström P. et al. (2013)<sup>32</sup></b>	Determinar si la toxina botulínica añade algún beneficio al tratamiento con férulas en la ITW.	ECA	47 sujetos	5-15 años	4 semanas	G.I: tratamiento con férulas.  G.II: tratamiento con férulas + toxina botulínica. Ambos + programa ejercicios.	Ritmo, velocidad, longitud zancada, ángulo tobillo CI, extensión rodilla durante el apoyo medio, FD durante el balanceo, máxima flexión rodilla durante el balanceo, máxima FD, , máxima FP, máximo ritmo FD, mínima y máxima potencia tobillo, trabajo negativo tobillo, extensión rodilla momento promedio, FD tobillo con extensión y flexión rodilla.
<b>Clark E. et al. (2010)<sup>16</sup></b>	Desarrollo de un programa de control motor para evaluar sus efectos sobre la marcha, el desarrollo de habilidades motoras y movimiento del tobillo.	Estudio de casos.	5 sujetos	2 y medio- 6 años	9 semanas	Programa de control motor.	Ángulo FD tobillo pie derecho e izquierdo, porcentaje apoyo talón, cociente motricidad gruesa.
<b>Rasha A. et al. (2014)<sup>2</sup></b>	Comparar los efectos de la inyección de Botox y un programa de fisioterapia diseñado para parámetros de la marcha y actividades funcionales en niños con ITW.	EC	45 sujetos	3-5 años.	6 meses	G.I: programa fisioterapia. G.II: toxina botulínica+ programa fisioterapia. G.III: toxina botulínica.	Longitud zancada, velocidad y ritmo.
<b>Szopa A. et al. (2016)<sup>1</sup></b>	Evaluar un programa de tratamiento con TIC en combinación con un tratamiento de neurodesarrollo.	Estudio de un caso.	1 sujeto	5 años	1 año	TIC + tratamiento fisioterápico basado en los principios del neurodesarrollo.	GGI en miembro inferior izquierdo y derecho, déficit de FD con rodilla extendida del pie derecho e izquierdo;

**Continuación Tabla 3:** Características descriptivas de los artículos incluidos en la revisión. Fuente: elaboración propia.

<b>Autor (año)</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Tipo de estudio</b>	<b>Nº sujetos</b>	<b>Edad</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Medidas</b>
<b>McMulkin ML. et al. (2006)<sup>33</sup></b>	Evaluar globalmente el resultado cuantitativo de los niños con ITW sometidos a tratamiento de Vulpius y alargamiento del tendón de Aquiles.	EC	14 sujetos	5'6- 12'6 años	Tras intervención quirúrgica.	G.I: tratamiento Vulpius (n=7). G.II: tratamiento alargamiento tendón de Aquiles (n=7).	Ritmo, longitud zancada, velocidad, flexión cadera CI, flexión rodilla CI, FD en el CI, rotación media pelvis durante apoyo, flexión rodilla durante apoyo, progresión media pie durante apoyo, momento, pico máximo potencia tobillo en apoyo, momento FP apoyo previo, momento rodilla extensión apoyo previo pico máximo FP en apoyo pico máximo FD durante el apoyo y el balanceo, pico máximo flexión rodilla durante balanceo, inclinación media pelvis, máxima extensión cadera, pico máximo potencia cadera, FD rodilla en extensión y flexión, eje transmoleolar, extensión rodilla, ángulo poplíteo, extensión cadera, RI y RE cadera
<b>McMulkin ML. et al. (2016)<sup>34</sup></b>	Evaluar los resultados a largo plazo de la cinemática y cinética de los niños con ITW intervenidos quirúrgicamente para contracturas gemelo / soleo.	EC	8 sujetos.	6'4-11'3 años. (pre-intervención)	Tras intervención quirúrgica (1-5 años).	Alargamiento tendón de Aquiles, sóleo o gastrocnemio.	Ritmo, velocidad, longitud zancada, extensión rodilla en CI, pico DF durante apoyo y balanceo, pico extensión rodilla durante apoyo, pico momento DF y PF, inclinación pelvis, pico extensión cadera, ángulo progresión pie, pico absorción y generación energía tobillo, DF rodilla en flexión y extensión, ángulo poplíteo.

*EC: ensayo clínico; ECA: ensayo clínico aleatorizado; CI: contacto inicial; FD: flexión dorsal; FP: flexión plantar; RI: rotación interna; RE: rotación externa; MIT: moldes inhibición tono; GGI: Guillette Gait Index (índice de la marcha de Guillette), mide 16 parámetros: tiempo de puntillas, velocidad marcha / longitud, piernas, ritmo, media inclinación pelvis, rango inclinación pelvis, media rotación pelvis, flexión mínima cadera, rango flexión cadera, pico abducción en el balanceo, media rotación cadera en el apoyo, flexión rodilla en el CI, momento pico flexión rodilla en el balanceo, amplitud flexión rodilla, pico DF en el apoyo, progresión pico DF en el balanceo y media de progresión de los pies.*

### 5.3.- MEDIDAS TOMADAS EN LOS TRATAMIENTOS

Los estudios incluidos miden diferentes variables, o en algunos casos, las mismas expresadas en diferentes unidades, por lo que es complicado realizar un análisis de los datos. Por ello, las medidas tomadas en los diferentes tratamientos, han sido organizadas en parámetros espaciales y temporales como la longitud de la zancada, la velocidad y el ritmo de paso; así como las medidas tomadas en las diferentes fases de la marcha (fase de contacto inicial, fase de apoyo y fase de balanceo), aquellas tomadas durante todo el ciclo de la marcha, medidas articulares durante el examen físico, fuerza, potencia, trabajo y cociente de motricidad gruesa.

En los estudios de *Engström P. et al. (2010)*<sup>11</sup>, *Engström P. et al. (2013)*<sup>32</sup>, *Rasha A. et al. (2015)*<sup>2</sup>, *McMulkin ML. et al. (2006)*<sup>33</sup> y *McMulkin ML. et al. (2016)*<sup>34</sup> se tomaron medidas de **parámetros espaciales y temporales** (Tabla 4) como la longitud de la **zancada, la velocidad, y el ritmo** en los sujetos, sin embargo solo en los 3 últimos se aportan datos referentes a ellas.

En el estudio de *Rasha A. et al. (2014)*<sup>2</sup>, estos parámetros se examinaron con el análisis 3D de la marcha, basado en un sistema de 6 cámaras con marcadores reflejados colocados en puntos anatómicos y marcadores cinemáticos situados bilateralmente sobre los puntos óseos relevantes. Posteriormente, los pacientes son instruidos a andar descalzos a una velocidad auto-seleccionada de forma habitual a lo largo de una pasarela de 8 metros.

Los resultados del grupo I, muestran una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en los 3 parámetros entre los 3 (Post.1) y los 6 meses pos tratamiento (Post. 2). Sin embargo, no aparecen diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ) entre el pre tratamiento y el tercer mes de pos tratamiento.

La **longitud de la zancada** incrementó 0.15 metros ( $p < 0.05$ ); la **velocidad** aumentó 0.14 m/seg ( $p < 0.05$ ) y el **ritmo** disminuyó 6 pasos/ minuto ( $p < 0.05$ ) de 133 a 127 desde los 3 a los 6 meses pos tratamiento.

Los resultados del grupo II indican una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en los 3 parámetros estudiados tanto del pre tratamiento a los 3 meses de pos tratamiento, como de los 3 a los 6 meses pos tratamiento.

La **longitud de la zancada** aumentó 0.09 metros ( $p<0.05$ ) pasando de 0.48 a 0.57 del pre tratamiento a los 3 meses pos tratamiento y 0.15 metros ( $p<0.05$ ) de los 3 a los 6 meses pos tratamiento.

La **velocidad** aumentó 0.11 m/seg ( $p<0.05$ ) y 0.09 m/seg ( $p<0.05$ ), del pre tratamiento al Post. 1, y del Post.1 al Post, respectivamente.

El **ritmo** se redujo 6.6 pasos/min ( $p<0.05$ ) del pre tratamiento al Post. 1, y 3.67 ( $p<0.05$ ) del Post. 1 al Post. 2.

El último grupo, sin embargo, mostró una diferencia significativa ( $p<0.05$ ) en los parámetros del pre tratamiento a los 3 meses pos tratamiento. No obstante, no se indicaron diferencias estadísticamente significativas ( $p>0.05$ ) entre el Post.1 y el Post.2.

La **longitud de la zancada** aumentó 0.06 metros ( $p<0.05$ ), la **velocidad** incrementó 0.04 m/seg ( $p<0.05$ ), y el **ritmo** decreció 3.8 pasos/min ( $p<0.05$ ).

A los 3 meses de pos tratamiento, no hubo diferencias significativas entre el grupo I y II ( $p<0.05$ ), entre el II y el III, las variables obtuvieron una mayor mejora en el grupo II ( $p<0.05$ ), y entre el I y el III, lo hizo este último ( $p<0.05$ ).

A los 6 meses pos tratamiento, tampoco hubo diferencias significativas entre el grupo I y II ( $p<0.05$ ) entre el II y el III, las variables obtuvieron un mayor progreso en el grupo II ( $p<0.05$ ), y entre el I y el III, lo hizo el primero ( $p<0.05$ ).

En los siguientes estudios, las medidas se tomaron mediante un análisis tridimensional de la marcha, utilizando 3 sistemas diferentes de captura del movimiento y se les pidió a los sujetos que caminaran a una velocidad auto-seleccionada.

En el estudio de **McMulkin ML. et al. (2006)**<sup>33</sup>, la **longitud de la zancada** aumentó 10.1 cm, pasando de 99.2 en el pre operatorio a 109.3 cm en el pos operatorio, aproximándose más al valor normal (110.9cm). Asimismo, la **velocidad** cambió de 112.5 a 116.8 cm/seg, acercándose de este modo a los 109.8 cm del valor normal. Por último, el **ritmo** disminuyó 0.066 pasos/seg,

pasando de los 1.146 pasos/ seg en el pre operatorio a los 1.080 en el pos operatorio, siendo el 0.996 pasos/seg, el valor en niños sin patología.

En el trabajo de **McMulkin ML. et al. (2016)<sup>34</sup>** la velocidad no fue significativamente diferente entre el preoperatorio (1.16 m/seg), un año (1.24 m/seg) y 5 años tras la operación (1.29 m/seg). Sin embargo el ritmo descendió significativamente en cada periodo, pasando de los 137 pasos/min en el pre operatorio a los 128 ( $p<0.05$ ) y 116 pasos/min ( $p<0.05$ ) un año y 5 años tras la operación, respectivamente; con un concomitante incremento significativo de la longitud de la zancada desde los 1.02 m en el preoperatorio, hasta los 1.16 ( $p<0.05$ ) y 1.34 ( $p<0.05$ ) m en uno y 5 años tras la operación.

**Tabla 4:** Resultados de longitud zancada, velocidad y ritmo de paso. Fuente: elaboración propia.

Estudio	Variable	Grupo I			Grupo II			Grupo III		
		Pre	Post1 (3meses)	Post2 (6meses)	Pre	Post1 (3meses)	Post2 (6meses)	Pre	Post 1 (3m)	Post 2 (6m)
<b>Rasha A. et al. (2014)<sup>2</sup></b>	Longitud zancada (m)	0.47±0.02 0.73±0.03 133.93±0.88	0.49±0.03 0.74±0.02 133.47±0.99	0.64±0.01 0.88±0.01 127.47±0.52	0.48±0.04 0.73±0.03 134.07±0.08	0.57±0.07 0.64±0.03 127.47±0.52	0.73±0.03 0.93±0.02 123.8±0.88	0.47±0.03 0.74±0.03 134.33±1.05	0.53±0.05 0.79±0.01 130.53±0.52	0.53±0.06 0.78±0.04 130.13±0.74
	Velocidad (m/seg)									
	Ritmo (pasos/min)									
<b>McMulkin ML. et al. (2006)<sup>33</sup></b>	Longitud zancada (cm)	Pre	Post							
		99.2	109.3							
	Velocidad (cm/seg)	112.5	116.8							
	Ritmo (pasos/seg)	1.146	1.080							
<b>McMulkin ML. et al. (2016)<sup>34</sup></b>	Longitud zancada (m)	Pre	Post1 (1año)	Post2 (5años)						
		1.02	1.16	1.34						
	Velocidad (m/seg)	1.16	1.24	1.29						
	Ritmo (pasos/min)	137	128	116						

Los estudios de **Engström P. et al. (2010)<sup>11</sup>**, **Engström P. et al. (2013)<sup>32</sup>**, **McMulkin ML. et al. (2006)<sup>33</sup>**, **McMulkin ML. et al. (2016)<sup>34</sup>** muestran medidas tomadas en la **fase de contacto inicial de la marcha** (Tabla 5) mediante un análisis 3D de la marcha.

En el trabajo de **Engström P. et al. (2010)<sup>11</sup>**, se aportan datos sobre el ángulo del tobillo en el contacto inicial. En los 12 meses de seguimiento en comparación con el pre tratamiento se indicó una disminución de la flexión plantar del tobillo ( $p<0.001$ ).

En el estudio de **Engström P. et al. (2013)<sup>32</sup>**, se mostró una disminución de la flexión plantar del tobillo durante el contacto inicial en ambos grupos.

El grupo I presentó un ángulo de flexión plantar de 17.2° en la evaluación y mostró un cambio significativo a los 3 meses, pasando a 4.2° ( $p<0.01$ ), pero no a los 12 meses, donde el ángulo del tobillo retrocedió hasta los 6.5° de plantiflexión. En el grupo II, ocurrió algo muy similar. Hubo una diferencia significativa entre el pre tratamiento y los 3 meses pos tratamiento, pasando de los 17.8° a 4.3° ( $p<0.01$ ), de flexión plantar. Sin embargo, a los 12 meses pos tratamiento retrocedió hasta los 7.1°.

Las variables de flexión de la cadera y rodilla en el contacto inicial de la marcha en el estudio de **McMulkin ML. et al. (2006)**<sup>33</sup> no fueron significativamente diferentes de lo normal ( $p>0.05$ ). La flexión de cadera pasó a 35° ( $p=0.564$ ) en el pos tratamiento, lo cual está muy próximo al valor de referencia (32.6°). Asimismo, la flexión de rodilla en la evaluación tuvo un valor de 3.4° y 3.9° ( $p=0.665$ ) en el pos tratamiento, ambos muy similares al valor de referencia (3.8°). Sin embargo, el ángulo del tobillo muestra una diferencia significativa ( $p<0.01$ ) desde los 18.6° de flexión plantar en el pre tratamiento a los 7.7° en el pos tratamiento.

En el trabajo de **McMulkin ML. et al. (2016)**<sup>34</sup>, la extensión de rodilla en el contacto inicial de la marcha no fue significativamente diferente durante la evaluación y los dos periodos de seguimiento.

**Tabla 5:** Resultados de las medidas en la **fase de contacto inicial**. Fuente: elaboración propia.

Estudio	Variable	Grupo I					Grupo II		
		Pre	Post.1 (3sem)	Post.2 (3mes)	Post.3 (6mes)	Post.4 (12mes)	Pre	Post.1 (3mes)	Post.2 (12mes)
<b>Engström P. et al.(2010)</b> <sup>11</sup>	Ángulo tobillo (°)	-17.1	-6.1	-5.4	-6.3	-6.1			
	Ángulo tobillo (°)	-17.2	-4.2	-6.5			-17.8	-4.3	-7.1
<b>McMulkin ML. et al. (2006)</b> <sup>33</sup>	Flexión cadera (°)	Pre	Post						
	Flexión rodilla (°)	35.9	35						
	Flexión dorsal (°)	3.4	3.9						
<b>McMulkin ML. et al. (2016)</b> <sup>34</sup>	Extensión rodilla (°)	Pre	Post.1 (1año)	Post.2 (5años)					
		5.1	3.3	2.9					

Los resultados expresados con signo positivo describen la flexión dorsal, mientras que los de signo negativo, la flexión plantar.

Los estudios de **Engström P. et al. (2010)<sup>11</sup>**, **Engström P. et al. (2013)<sup>32</sup>**, **McMulkin ML. et al. (2006)<sup>33</sup>**, **McMulkin ML. et al. (2016)<sup>34</sup>** aportan datos referentes a la **fase de apoyo de la marcha** (Tabla 6).

El trabajo de **Engström P. et al. (2010)<sup>11</sup>**, mostró un aumento del ángulo de flexión dorsal durante el apoyo ( $p < 0.001$ ). La media del ángulo de flexión de tobillo de los sujetos en el pre tratamiento fue de  $3.1^\circ$  de flexión plantar, desplazándose hasta  $7.3^\circ$  de flexión dorsal a las 3 semanas del tratamiento. No obstante, no hubo un cambio significativo entre cualquiera de los pos tratamientos de las evaluaciones de seguimiento.

En el ensayo clínico de **Engström P. et al. (2013)<sup>32</sup>**, no hubo una diferencia significativa en la extensión de la rodilla durante el apoyo medio entre ambos grupos en el pre tratamiento o en las evaluaciones siguientes. Se mostró una diferencia significativa en este parámetro entre la evaluación y los 3 meses de pos tratamiento, pero no entre los seguimientos.

En el trabajo de **McMulkin ML. et al. (2006)<sup>33</sup>**, tras la operación, los sujetos seguían mostrando una mayor rotación externa de pelvis. La mínima flexión de rodilla durante el apoyo, pasó de  $0.5^\circ$  en la evaluación a  $2.2^\circ$  en el pos tratamiento, mostrando un valor muy próximo al de referencia ( $2.5^\circ$ ).

El pico de dorsiflexión del tobillo durante esta fase mostró una diferencia significativa ( $p < 0.01$ ) entre el pre y el pos operatorio, aumentando  $10.2^\circ$ , pasando de los  $0.9^\circ$  de flexión plantar a los  $9.3^\circ$  de flexión dorsal.

La progresión del pie se mantuvo sin cambios y aún era significativamente más externa de lo normal ( $p < 0.01$ ) ( $12.9^\circ$  de rotación externa tras el tratamiento).

El momento pico de flexión plantar durante el apoyo mostró una diferencia significativa ( $p < 0.01$ ) entre el pre operatorio ( $0.88 \text{ Nm/kg}$ ) y el pos operatorio ( $1.08 \text{ Nm/kg}$ ) aproximándose a los  $1.11 \text{ Nm/kg}$  en pacientes sanos.

Asimismo, hubo una mejora ( $p < 0.01$ ) en el momento de flexión plantar y el momento de extensión de la rodilla en el apoyo inicial entre el pre operatorio y el pos operatorio.

**McMulkin ML. et al. (2016)<sup>34</sup>**, en su trabajo, indicó que no hubo una diferencia significativa en los 3 periodos en el pico de extensión de la rodilla durante el

apoyo, pero sí la hubo en el pico de dorsiflexión entre ambos seguimientos y el pre tratamiento ( $p < 0.05$ ), lo cual pasó en el grupo general de 2.9° de flexión plantar en la evaluación a 9.1° y 8.9° de flexión dorsal al año y a los 5 años de la operación, respectivamente. Sin embargo, en el texto se describe un resultado significativo mayor de 5.9° para el grupo intervenidos para alargamiento del tendón de Aquiles.

**Tabla 6:** Resultados de las medidas en la **fase de apoyo de la marcha**. Fuente: elaboración propia.

Estudio	Variable	Grupo I				Grupo II			
		Pre	Post.1 (3sem)	Post.2 (3mes)	Post.3 (6mes)	Post.4 (12mes)	Pre	Post.1 (3mes)	Post.2 (12mes)
<b>Engström P. et al.(2010)<sup>11</sup></b>	Máxima FD (°)	-3.1	7.3	6.6	6.7	7.6			
<b>Engström P. et al.(2013)<sup>32</sup></b>	Extensión rodilla en el apoyo medio (°)	-3.1	-1.0	-0.8			-2.3	0.0	-0.4
<b>McMulkin ML. et al. (2006) <sup>33</sup></b>	Rotación media pelvis (°)	Pre -12.6	Post -11.1						
	Mínima flexión rodilla (°)	0.5	2.2						
	Pico FD (°)	-0.9	9.3						
	Progresión media del pie (°)	-12.1	-12.9						
	Momento pico FP (Nm/kg)	0.88	1.08						
	Pico generación potencia tobillo (W/kg)	2.25	2.66						
	Momento FP en apoyo inicial (Nm/kg)	0.77	0.59						
	Momento extensión rodilla en apoyo inicial (Nm/kg)	0.21	0.37						
<b>McMulkin ML. et al. (2016) <sup>34</sup></b>		Pre	Post.1 (1año)	Post.2 (5años)					
	Pico extensión rodilla (°)	2.6	2.3	1.0					
	Pico FD (°)	-2.9	9.1	8.9					

FD: flexión dorsal; FP: flexión plantar. Los resultados expresados con signo positivo describen la flexión dorsal, mientras que los de signo negativo, la flexión plantar.

Los estudios de **Engström P. et al. (2010)**<sup>11</sup>, **Engström P. et al. (2013)**<sup>32</sup>, **McMulkin ML. et al. (2006)**<sup>33</sup>, **McMulkin ML. et al. (2016)**<sup>34</sup> aportan datos referentes a la **fase de balanceo de la marcha** (Tabla 7).

El ensayo clínico de **Engström P. et al. (2010)**<sup>11</sup>, mostró una disminución del ángulo de flexión plantar durante la fase de balanceo en los 12 meses de seguimiento en comparación con el pretratamiento ( $p < 0.001$ ).

En el estudio de **Engström P. et al. (2013)**<sup>32</sup>, no hubo una diferencia significativa entre ambos grupos en la máxima flexión dorsal del tobillo en el balanceo. Ésta mejoró pasando de una flexión plantar de 11.4° en el pretratamiento a una posición casi neutra, 0.9° de flexión dorsal a los 3 meses de pos tratamiento ( $p < 0.01$ ) y 1° de flexión plantar a los 12 meses de pos tratamiento ( $p < 0.01$ ) en el grupo I. Algo muy similar ocurrió en el grupo II, comenzando con 11.3° de flexión plantar en el pre tratamiento y aumentando hasta una posición casi neutra; 0.1° ( $p < 0.01$ ) de flexión dorsal y 1.4° ( $p < 0.01$ ) de flexión plantar a los 3 y 12 meses de pos tratamiento respectivamente.

Se observó también, una mejora de la flexión máxima de la rodilla en esta fase en ambos grupos en los dos periodos de seguimiento, no mostrando diferencia significativa entre los grupos.

El estudio de **McMulkin ML. et al. (2006)**<sup>33</sup>, indicó después de la operación, como grupo general, un aumento significativo ( $p < 0.01$ ) de 4.3° en el pico de máxima flexión de rodilla y 11.7° del pico de máxima dorsiflexión en el balanceo.

El ensayo de **McMulkin ML. et al. (2016)**<sup>34</sup>, mostró una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en el pico de dorsiflexión en el balanceo entre ambos seguimientos y el pre operatorio, comenzando con 15.4° de flexión plantar en la evaluación y llegando hasta una posición neutra a los 5 meses del pos operatorio.

**Tabla 7:** Resultados de las medidas en la **fase de balanceo de la marcha**. Fuente: elaboración propia.

Estudio Variable	Grupo I				Grupo II			
	Pre	Post.1 (3sem)	Post.2 (3mes)	Post.3 (6mes)	Post.4 (12mes)			
<b>Engström P. et al.(2010)<sup>11</sup></b>	Máxima FD (°)	-12.2	-3.4	-4.1	-3.2	-2.4		
		Pre	Post.1 (3mes)	Post.2 (12mes)		Pre	Post.1 (3mes)	Post.2 (12mes)
<b>Engström P. et al.(2013)<sup>32</sup></b>	FD (°)	-11.4	0.9	-1.0		-11.3	0.1	-1.4
	Máxima flexión rodilla	50.4	55.4	54.5		51.4	56.4	54.2
<b>McMulkin ML. et al. (2006)<sup>33</sup></b>	Pico máximo flexión rodilla (°)	Pre	Post					
	Pico máximo FD (°)	-13.3	-1.6					
<b>McMulkin ML. et al. (2016)<sup>34</sup></b>		Pre	Post.1 (1año)	Post.2 (5años)				
	)Pico FD (°)	-15.4	-1.6	-0.1				

FD: flexión dorsal. Los resultaos expresados con signo positivo describen la flexión dorsal, mientras que los de signo negativo, la flexión plantar.

A continuación, se analizan las medidas tomadas en los diferentes estudios a lo largo de **todo el ciclo de la marcha** (Tabla 8).

Con respecto a la **articulación del tobillo**, en el estudio de **Engström P. et al. (2010)<sup>11</sup>**, se mostró una disminución de 10° de la máxima flexión plantar ( $p < 0.001$ ) durante el ciclo de la marcha. Asimismo, el momento de máxima flexión dorsal del tobillo y la transición de dorsiflexión a plantiflexión también mejoraron significativamente ( $p < 0.001$ ) a los 12 meses de pos tratamiento en comparación con el pre tratamiento.

El trabajo de **Engström P. et al. (2013)<sup>32</sup>**, no presentó diferencias significativas entre ambos grupos en la máxima flexión dorsal y plantar durante la marcha. Los cambios significativos ( $p < 0.01$ ) en estos parámetros fueron encontrados en los 3 meses de pos tratamiento, donde se redujo la flexión plantar del tobillo durante todo el ciclo de la marcha. Asimismo, el porcentaje de dorsiflexión durante el ciclo de la marcha aumentó significativamente en ambos grupos a los 3 meses de pos tratamiento ( $p < 0.01$ ) sin mostrar tampoco diferencias entre ambos grupos.

Con respecto al porcentaje de apoyo del talón en la publicación de **Clark E. et al. (2010)**<sup>16</sup>, analizado mediante una representación visual de líneas de aceleración, no se alcanzó el resultado esperado en la marcha espontánea talón-punta durante el periodo de tiempo de estudio, sin embargo, los padres informaron anecdóticamente que los niños habían aumentado la fuerza y la facilidad de responder a las solicitudes para caminar con los talones apoyados. El grupo de comparación, mostró una diferencia estadísticamente significativa en la dorsiflexión de tobillo durante la marcha ( $p=0.001$ ). La comparación pos tratamiento presentó diferencias significativas entre la pre intervención y ambos periodos de seguimiento (evaluación inmediata y tras 30 días) ( $p=0.007$  y  $p=0.005$ , respectivamente), pero no lo fue entre estos últimos ( $p=0.497$ ). Sin embargo, únicamente, uno de los 5 casos alcanzó 15 o más grados de flexión dorsal en los exámenes de seguimiento.

En el trabajo de **McMulkin ML. et al. (2016)**<sup>34</sup>, el ángulo de progresión del pie no cambió al año de pos tratamiento, pero fue significativamente más externa a los 5 años después de la operación ( $p<0.05$ ). Tanto el momento pico de flexión dorsal y flexión plantar aumentaron significativamente en ambos periodos de seguimiento con respecto al pre operatorio ( $p<0.05$ ).

En relación a la articulación de la **rodilla** durante el ciclo completo de la marcha, solo el estudio de **Engström P. et al. (2013)**<sup>32</sup>, aporta datos. No hubo diferencia significativa entre los grupos; ambos disminuyeron ( $p<0.01$ ) el momento promedio de extensión de la rodilla hasta una posición neutra a los 3 y a los 12 meses de seguimiento.

Referente a la **cadera y la pelvis**, en el grupo general del trabajo de **McMulkin ML. et al. (2006)**<sup>33</sup>, se presentó una disminución de la inclinación media de la pelvis entre la evaluación inicial y el pos operatorio ( $p<0.01$ ). No obstante el grupo intervenido con el alargamiento del tendón de Aquiles tuvo una disminución significativa en este parámetro de  $4.4^\circ$ , mientras que el grupo tratado con Vulpius no presentó un cambio significativo debido a que sus valores preoperatorios ya estaban cerca de lo normal. Además, no se mostró un cambio significativo en la extensión máxima de la cadera.

Asimismo, **McMulkin ML. et al. (2016)**<sup>34</sup> indicó en su estudio una diferencia significativa en la inclinación media de la pelvis al año y los 5 años del pos operatorio en comparación con el pretratamiento. Ésta disminuyó de los 17.7° a los 14.7 y 13.1° al año y a los 5 años, respectivamente.

El pico de extensión de la cadera no mejoró significativamente un año después de la operación, pero si fue significativamente mayor ( $p < 0.05$ ) a los 5 años del pos operatorio.

**Szopa A. et al. (2016)**<sup>1</sup>, utilizó el Índice de Gait Gillette (GGI) para analizar el patrón de la marcha, el cual emplea un solo número para medir la desviación de la marcha del paciente desde un promedio del modo de andar en sujetos sin patología. El GGI está basado en 16 parámetros de la marcha expuestos en la **Tabla 3**.

Una mejora significativa en el patrón de la marcha confirmada por el GGI no aparece inmediatamente, pero era evidente a las 6 semanas de pos tratamiento. A pesar de que los valores finales de GGI no eran completamente característicos de una marcha normal (GGI entre 8.2-26.9 en sujetos normales), a los 6 y 9 meses eran constantes y próximos a los niños sin alteraciones.

**Tabla 8:** Resultados de medidas de **todo el ciclo de la marcha**. Fuente: elaboración propia.

Estudio Variable	Grupo I					Grupo II		
	Pre	Post.1 (3sem)	Post.2 (3mes)	Post.3 (6mes)	Post.4 (12mes)	Pre	Post.1 (3mes)	Post.2 (12mes)
<b>Engström P. et al.(2010)</b> <sup>11</sup>	Máxima FP (°)	-29.6	-19.8	-20.1	-20.2	-19.4		
	Momento de máx FD (%)	19.4	31.7	33.2	32.3	32.8		
	Transición DF a FP (%)	19.8	41.8	43.1	38.4	43.2		
<b>Engström P. et al.(2013)</b> <sup>32</sup>		Pre	Post.1 (3mes)	Post.2 (12mes)		Pre	Post.1 (3mes)	Post.2 (12mes)
	Máxima FD (°)	-3.4	8.8	6.7		-3.3	9.8	7.9
	Máxima FP (°)	-32	-16.8	-20.2		-28.6	-14.5	-17.6
	Porcentaje FD en el ciclo (%)	25.9	38.3	33.9		27.4	39.4	38.1
	Momento promedio de extensión rodilla (Nm.kg <sup>-1</sup> )	-0.2	0	0		-0.2	0	0
<b>Clark E. et al. (2010)</b> <sup>16</sup>	% apoyo talón FD tobillo	No se aportan datos. Resultados en gráficas y en representación visual de líneas de aceleración en el artículo.						
		Pre	Pre molde	Post molde	6 s	6m	9m	
<b>Szopa A. et al. (2016)</b> <sup>1</sup>	Índice de marcha de Gillette:	80.1	79.5	57.9	27.6	30.9	29.7	
	EEII derecha	92.7	87.2	68.7	28.4	28.7	31.7	
	EEII izquierda							

Continuación Tabla 8: Resultados de medidas de **todo el ciclo de la marcha**. Fuente: elaboración propia

Estudio Variable	Grupo I			
	Pre	Post.		
<b>McMulkin ML. et al. (2006)</b> 33	Inclinación media pelvis (°)	17.4	15.1	
	Máxima extensión cadera (°)	-3.2	-4.6	
<b>McMulkin ML. et al. (2016)</b> 34		Pre	Post.1 (1 año)	Post.2 (5 años)
	Ángulo progresión pie (°)	-9.6	-11.1	-14.7
	Momento pico FD (Nm/kg)	-0.02	-0.08	-0.15
	Momento pico FP (Nm/kg)	0.83	1.10	1.31
	Inclinación media pelvis (°)	17.7	14.7	13.1
	Pico extensión cadera (°)	-2.5	-5.7	-6.4

FD: flexión dorsal; FP: flexión plantar; EE.II: extremidades inferiores. Los resultados expresados con signo positivo describen la flexión dorsal o la extensión de la rodilla, mientras que los de signo negativo, la flexión plantar, la flexión de rodilla o ángulos externos.

A continuación, son analizadas las **medidas articulares en estático** (Tabla 9) de las diferentes articulaciones implicadas.

En relación a la articulación del **tobillo**, en el trabajo de **Engström P. et al. (2013)**<sup>32</sup>, la flexión dorsal con las rodillas tomada con goniómetro tanto en flexión como en extensión aumentó significativamente ( $p < 0.001$ ) en ambos grupos en ambas evaluaciones de seguimiento con respecto al pre tratamiento; sin embargo no hubo un cambio significativo entre ambos periodos ni diferencias entre los grupos.

En el estudio de un caso de **Szopa A. et al. (2016)**<sup>1</sup>, el día de la aplicación de los moldes de inhibición del tono, el sujeto mostró un ligero aumento de la movilidad pasiva de flexión dorsal del tobillo tomado con acelerómetro tanto con la rodilla en extensión como en flexión de 90°, mientras que después de la eliminación de éstos, las medidas eran próximas a la normalidad en ambas extremidades inferiores. Sin embargo, a las 6 semanas, 6 y 9 meses de la extracción de los TICs, las medidas disminuyeron levemente en ambos tests.

En el trabajo realizado por **McMulkin ML. et al. (2006)**<sup>33</sup>, después de la operación, se expuso que los sujetos tenían significativamente una mayor flexión dorsal del tobillo con la rodilla en extensión (una media de 5.5° en el grupo I, equivalente a 6,6° en el grupo II) y con la rodilla en flexión (16.3° y 15.3° en el grupo I y II, respectivamente). Como grupo general, también hubo un aumento significativo de ambos parámetros ( $p < 0.01$ ). La dorsiflexión con rodilla en extensión pasó de 3.8° de flexión plantar a 6° de flexión dorsal, mientras que con la rodilla en 90° de flexión, lo hizo de 4° de flexión dorsal a 5.8.

En el estudio de **McMulkin ML. et al. (2016)**<sup>34</sup>, la dorsiflexión con la rodilla flexionada mejoró al año de pos operatorio ( $p < 0.05$ ) y se mantuvo a los 5 años del mismo. La dorsiflexión con la rodilla extendida, también progresó un año después de la operación ( $p < 0.05$ ). Sin embargo, era peor a los 5 años del pos operatorio, aunque todavía mejoró en comparación a la evaluación inicial.

Con respecto a la **rodilla**, el ensayo clínico de **McMulkin ML. et al. (2006)**<sup>33</sup>, mostró un empeoramiento en la extensión (tomada en decúbito supino con la cadera extendida), la cual comenzó en el examen de evaluación con 0.6° y descendió 1.7°, siendo 1.3° el valor de referencia en sujetos sin alteraciones de la marcha.

En cuanto a la **cadera**, antes de la operación, en el estudio de **McMulkin ML. et al. (2006)**<sup>33</sup>, los pacientes mostraron una mayor rotación externa (tomada junto a la interna en decúbito prono con la rodilla en flexión de 90° y la pelvis estabilizada) que los sujetos normales; sin embargo, la extensión de la cadera (tomada en decúbito supino con la cadera contralateral flexionada) y la rotación interna no eran significativamente diferentes de lo normal.

La extensión de la cadera mejoró ligeramente en el pos tratamiento; sin embargo, tanto la rotación interna como la externa empeoraron. La rotación interna disminuyó y la externa aumentó, lo cual esperaba ser al contrario.

Asimismo, las publicaciones de **McMulkin ML. et al. (2006)**<sup>33</sup> y **McMulkin ML. et al. (2016)**<sup>34</sup> analizaron medidas del eje transmoleolar y ángulo poplíteo en el examen físico.

El **eje transmaleolar** (ángulo entre maléolos y muslo tomado en decúbito prono con la rodilla flexionada 90°) en el primer estudio, no mostró diferencias entre el pre y el pos operatorio; mostró un ángulo más externo de lo normal en ambas evaluaciones. El **ángulo poplíteo** (tomado en decúbito supino con la cadera en flexión de 90°), incrementó significativamente ( $p < 0.01$ ) en el pos operatorio en comparación con el pre operatorio, al igual que en el ensayo de **McMulkin ML. et al. (2016)**<sup>34</sup> donde pasó de 34.6° en el pre operatorio, a los 38.6 y 44.4° al año y a los 5 años de pos operatorio, respectivamente.

**Tabla 9:** Resultados de las **medidas articulares en estático**. Fuente: elaboración propia.

Estudio	Variable	Grupo I			Grupo II		
		Pre	Post.1 (3mes)	Post.2 (12mes)	Pre	Post.1 (3mes)	Post.2 (12mes)
<b>Engström P. et al. (2013)</b> <sup>32</sup>	Ángulo FD con rodilla extensión (°)	4.3	10.9	9.8	5.6	11.4	11.1
	Ángulo FD con rodilla 90° flexión(°)	11.5	16	15.4	10.6	16.1	15.8
		Pre	Pre molde	Post molde	6 s	6m	9m
<b>Szopa A. et al. (2016)</b> <sup>1</sup>	Déficit FD rodilla extensión						
	EEII derecha	-14.2	-12.6	9.7	9.7	7.2	6.7
	EEII izquierda	-9.6	-8.7	8.8	8.2	6.8	5.6
	Déficit FD rodilla 90° flexión						
	EEII derecha	-1.7	-0.3	12.5	10.6	9.6	10.2
	EEII izquierda	-1.1	-0.2	12.6	9.6	8.6	9.6
<b>McMulkin ML. et al. (2006)</b> <sup>33</sup>		Pre	Post				
	FD rodilla extensión	-3.8	6				
	FD rodilla 90° flexión	4	15.8				
	Extensión rodilla	0.6	-1.1				
	Extensión cadera	-2.1	-1.7				
	RI cadera	48.3	45.3				
	RE cadera	52.1	59.3				
	Eje transmaleolar	-24.6	-24.3				
	Ángulo poplíteo	29.5	34.5				
<b>McMulkin ML. et al. (2016)</b> <sup>34</sup>		Pre	Post.1 (1año)	Post.2 (5años)			
	FD rodilla flexión	2.3	12.3	11.1			
	FD rodilla extensión	-8.7	6.3	0.6			
	Ángulo poplíteo	34.6	38.6	44.4			

FD: flexión dorsal; FP: flexión plantar; EEII: extremidades inferiores; RI: rotación interna; RE: rotación externa Los resultados expresados con signo positivo describen la flexión dorsal o la extensión de la rodilla, mientras que los de signo negativo, la flexión plantar, la flexión de rodilla o ángulos externos.

Igualmente, los estudios de **Engström P. et al. (2013)**<sup>32</sup>, **McMulkin ML. et al. (2006)**<sup>33</sup>, **McMulkin ML. et al. (2016)**<sup>34</sup> aportan datos de **fuerza, potencia y trabajo** (Tabla 10).

Pese a que el estudio de **Engström P. et al. (2013)**<sup>32</sup> no aporta datos, en el texto expone que no hubo diferencias entre los grupos con respecto a la fuerza

de los extensores dorsales del tobillo (tomada con un dinamómetro de mano) antes del tratamiento y en los periodos de seguimiento. El grupo I aumentó significativamente entre el pretratamiento y los 12 meses de pos tratamiento ( $p=0.011$ ) y entre ambos seguimientos ( $p=0.031$ ). En el grupo II, la fuerza también aumentó significativamente del pre tratamiento a los 3 meses ( $p=0.01$ ) y los 12 meses ( $p=0.001$ ) de seguimiento. Con respecto a la potencia y el trabajo del tobillo, se observaron mejoras que incluyen un aumento de la máxima potencia del tobillo, una disminución de la potencia y un menor trabajo negativo en el tobillo, obteniendo valores muy próximos e incluso exactos con respecto al valor de referencia sin mostrar diferencias significativas en ambos grupos.

El ensayo clínico de **McMulkin ML. et al. (2006)**<sup>33</sup>, se explica en el texto que en la comparación de ambos grupos, la generación de potencia del tobillo no fue significativamente diferente antes y después de la cirugía. Además, el pico de generación de potencia en la cadera, aumentó ligeramente ( $p=0.359$ ) desde los 0.92 W/kg en la pre intervención y los 0.98 W/kg en el pos operatorio, siendo 1.05 W/kg en valor en pacientes sin alteraciones de la marcha. En el trabajo de **McMulkin ML. et al. (2016)**<sup>34</sup>, se observó una disminución de la potencia de absorción del tobillo, mostrando una diferencia significativa ( $p<0.05$ ) a los 5 años de pos operatorio en comparación con el pre operatorio; y un aumento de la generación de potencia, señalando una diferencia significativa en ambos periodos de seguimiento en comparación con la evaluación inicial ( $p<0.05$ ).

**Tabla 10:** Resultados de las medidas de fuerza, potencia y trabajo. Fuente: elaboración propia.

Estudio	Variable	Grupo I			Grupo II		
		Pre	Post.1 (3mes)	Post.2 (12mes)	Pre	Post.1 (3mes)	Post.2 (12mes)
<b>Engström P. et al.(2013)</b> <sup>32</sup>	Fuerza extensores tobillo	No aportan datos. Se describen los resultados en el artículo.					
	Potencia mínima tobillo (W.kg <sup>-1</sup> )	-1.8	-0.9	-1.0	-1.8	-0.8	-0.9
	Potencia máxiima tobillo (W.kg <sup>-1</sup> )	2.6	3.3	3.3	2.5	3.2	3.5
	Trabajo negativo tobillo (J. kg <sup>-1</sup> )	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1
<b>McMulkin ML. et al. (2006)</b> <sup>33</sup>	Generación potencia tobillo	No aportan datos. Se describen los resultados en el artículo.					
	Pico generación potencia cadera (W/kg)	0.92	0.98				
		Pre	Post.1 (1año)	Post.2 (5años)			
<b>McMulkin ML. et al. (2016)</b> <sup>34</sup>	Pico absorción potencia tobillo (W/kg)	-1.47	-0.85	-0.70			
	Pico generación potencia tobillo (W/kg)	1.94	2.59	3.07			

Para concluir el apartado de los resultados de esta revisión, se analiza la motricidad gruesa en los sujetos. Las publicaciones de **Clark E. et al. (2010)<sup>16</sup>** y **Rasha A. et al.(2014)<sup>2</sup>** muestran resultados en el análisis de las **habilidades motoras gruesas** (Tabla 11), mediante la escala de desarrollo motor PDMS-2.

La comparación de las puntuaciones del grupo del cociente de motricidad gruesa en el estudio de **Clark E. et al. (2010)<sup>16</sup>** mostró una diferencia significativa ( $p=0.022$ ). Sin embargo, las comparaciones del pos tratamiento no indicaron mejora en las sesiones de seguimiento con respecto a la pre intervención ( $p=0.043$  y  $p=0.043$ , respectivamente), o entre ambos periodos ( $p=0.785$ ).

En el trabajo de **Rasha A. et al. (2014)<sup>2</sup>** no hubo diferencias significativas entre los 3 grupos en la evaluación ( $p<0.05$ ), sin embargo si las hubo a los 3 y 6 meses pos tratamiento ( $p<0.05$ ).

A los 3 meses de pos tratamiento, no hubo diferencias significativas entre el grupo I y II ( $p<0.05$ ), entre el II y el III, las variables obtuvieron una mayor mejora en el grupo II ( $p<0.05$ ), y entre el I y el III, lo hizo este último ( $p<0.05$ ).

A los 6 meses pos tratamiento, tampoco hubo diferencias significativas entre el grupo I y II ( $p<0.05$ ) entre el II y el III, las variables obtuvieron un mayor progreso en el grupo II ( $p<0.05$ ), y entre el I y el III, lo hizo el primero ( $p<0.05$ ).

**Tabla 11:** Resultados de las medidas de las **habilidades motoras gruesas**. Fuente: elaboración propia.

Estudio	Variable	Grupo I		Grupo II			Grupo III			
		Pre	Post	Pre	Post1	Post2	Pre	Post1	Post2	
<b>Clark E. et al. (2010)<sup>16</sup></b>	PDMS-2 No se aportan datos. Resultados en gráficas y en representación visual de líneas de aceleración en el artículo.									
<b>Rasha A. et al. (2014)<sup>2</sup></b>	PDMS-2	2.26±0.05	2.35±0.19	4.83±0.24	2.25±0.05	4.5±0.4	5.6±0.51	2.25±0.05	4.2±0.41	4.4±0.51

## 6.- DISCUSIÓN

Respecto al objetivo principal (conocer las diferentes alternativas de tratamiento), los estudios seleccionados e incluidos en esta revisión sistemática, describen tratamientos desde planes de fisioterapia basados en programas de control motor, estiramientos, entrenamiento de la propiocepción, equilibrio, ejercicios de control postural, técnicas de neurodesarrollo, entrenamiento de la marcha, etc como técnica aislada o en combinación con toxina botulínica, técnicas de neurodesarrollo basadas en entradas exteroceptivas, propiocepción y estiramientos en combinación con moldes de inhibición del tono; yesos como tratamiento aislado o combinados con toxina, tratamiento de toxina botulínica con programa de estiramientos, así como tratamientos quirúrgicos de alargamiento del tendón de Aquiles, gastrocnemio o sóleo, para aquellos pacientes que no responden a tratamientos previos y persiste la contractura en flexión plantar.

En relación al objetivo secundario (estudiar y comparar la efectividad de las diferentes alternativas de tratamiento), algunos de los tratamientos obtienen mejora en diferentes parámetros analizados en esta revisión. Sin embargo, debido a la heterogeneidad, la variedad de tratamientos, no solo de forma aislada, sino en algunos casos en combinación con otros diferentes, así como la diversidad de resultados analizados y las unidades de expresión de las medidas tomadas, han dificultado la investigación y el estudio de la efectividad de ellos.

No todos los pacientes incluidos en los diferentes estudios<sup>1,2,11,16,32,33,34</sup>, muestran las mismas características, ni la misma gravedad respecto a la patología. Aunque en algunos de ellos no se especifica<sup>2,16</sup>, la mayoría no presenta ninguna patología asociada, ni ha recibido tratamientos previos o simultáneamente<sup>11,32,33,34</sup>. No obstante, el paciente del estudio de un caso realizado por **Szopa A. et al. (2016)**<sup>1</sup>, sí había asistido durante un año a un tratamiento de fisioterapia y órtesis, sin éxito.

Pese a que los ensayos clínicos de **Engström P. et al. (2010)**<sup>11</sup> y **Engström P. et al. (2013)**<sup>32</sup> estudian la efectividad de la toxina botulínica en los niños ITW, ambos piensan que la inyección debe combinarse con un programa de fisioterapia basado en estiramientos de gemelos 5 veces por semana y caminar

al menos 50 veces al día sobre los talones, con el propósito de mantener los efectos conseguidos tras la inyección.

Con respecto a los **parámetros espaciales y temporales** de la longitud de la zancada, la velocidad y el ritmo del paso o cadencia, el estudio de **Rasha A. et al. (2010)**<sup>2</sup>, muestra mejoras, reflejando una más notable a corto plazo en el grupo tratado con toxina botulínica y el que lo combina con un programa de fisioterapia. Sin embargo, a más largo plazo, la mejora se observa en el grupo tratado con el programa de fisioterapia y el que lo combina con toxina botulínica. En este sentido, son varias las investigaciones que demuestran que las inyecciones de toxina botulínica son una técnica efectiva a corto plazo debido al bloqueo de los receptores de acetilcolina para interrumpir la unión neuromuscular<sup>29,25</sup>. Asimismo, *Ibrahim AL. et al. (2006)*<sup>29</sup>, describe que sus efectos no persisten más allá de los 3 meses debido a que las terminaciones de los nervios bloqueados se recuperan por brotación colateral o regeneración.

La mejora observada en un periodo de tiempo más largo por el grupo tratado con un programa de fisioterapia puede ser debido a que un programa basado en estiramientos, terapia manual y ejercicios activos terapéuticos, ayuda a la dorsiflexión y al fortalecimiento de las extremidades inferiores según se explicó en un estudio realizado por *Undegum PL. y Willis FB. (2009)*<sup>36</sup>.

Igualmente, el progreso de los pacientes sometidos al tratamiento de fisioterapia y toxina botulínica puede resultar de la adaptación del aprendizaje de los músculos de nuevas funciones debido a la abundante plasticidad del sistema nervioso en los niños, transformación biomecánica y alargamiento de los músculos debido al estiramiento de éstos tras la inyección, y el fortalecimiento de los antagonistas en el periodo de debilidad del músculo inyectado<sup>37</sup>.

La intervención quirúrgica<sup>33,34</sup> también muestra mejoras en estos parámetros, sin embargo, en el estudio de **McMulkin ML. et al. (2016)**<sup>34</sup> no lo hace en la velocidad. Quizás sea debido a que el grupo general del primer estudio<sup>33</sup> incluye pacientes intervenidos mediante tratamiento Vulpius, con una contractura de sóleo y gastrocnemios menos grave, y mediante alargamiento del tendón de Aquiles por mayor contractura de estos músculos y pie más equino; mientras que

los pacientes del segundo estudio<sup>34</sup>, sólo incluyen pacientes con patología grave y persistente.

En lo que concierne a las **medidas de las diferentes articulaciones tomadas durante la marcha**, las comparaciones entre los diferentes estudios y tratamientos son muy complicadas ya que no analizan las mismas medidas. En general, todos los tratamientos estudiados en los trabajos<sup>1,2,11,16,32,33,34</sup>, muestran mejoras en la articulación del tobillo, con la excepción de la progresión del pie, la cual se mantiene sin cambios en una posición más externa de lo normal tras intervenciones quirúrgicas<sup>33,34</sup>.

Con respecto a la articulación de la rodilla los estudios de **McMulkin ML. et al. (2006)**<sup>33</sup> y **McMulkin ML. et al. (2016)**<sup>34</sup> no muestran mejoras en el contacto inicial de la marcha pero si lo hace el primero en la fase de apoyo y balanceo, mientras que **Engström P. et al. (2010)**<sup>11</sup>, indica una disminución del momento promedio de extensión durante todo el ciclo de la marcha y **Engström P. et al. (2013)**<sup>32</sup>, una mejora en la extensión de rodilla en el apoyo, mientras que el resto de estudios<sup>1,2,16</sup> no aportan datos de esta articulación.

En relación a la cadera y la pelvis, según el ensayo de **McMulkin ML. et al. (2006)**<sup>33</sup>, la intervención quirúrgica no agrega ningún beneficio a la rotación de la pelvis durante el apoyo, la cual se mantiene más externa de lo normal, pero sí lo hace favoreciendo la disminución de la inclinación media de la pelvis según el estudio de **McMulkin ML. et al. (2016)**<sup>34</sup>. No obstante, estos resultados no pueden ser comparados con otros tratamientos debido a que el resto de estudios<sup>1,2,11,16,33</sup> no analizan medidas de esta articulación.

Existe una controversia entre dos ensayos clínicos los cuales estudian la efectividad de la toxina botulínica en la ITW. **Engström P. et al. (2010)**<sup>11</sup>, aporta que una sola inyección de toxina botulínica en combinación con un programa de ejercicios, puede mejorar el patrón de la marcha en estos niños, alcanzando ocasionalmente el objetivo de dejar de caminar sobre las puntas de los pies; mientras que, por el contrario, el estudio de **Engström P. et al. (2013)**<sup>32</sup>, concluyó que la toxina botulínica no agrega ningún beneficio, debido a que no se muestran diferencias significativas entre un grupo que es tratado con yesos y un

programa de ejercicios y aquel que lo combina con toxina botulínica. Asimismo, dicho estudio muestra una mayor mejora de todos los parámetros de la marcha a los 3 meses pos tratamiento debido al efecto a corto plazo de la toxina botulínica, como ya ha sido explicado anteriormente.

En este sentido, el estudio realizado por **Szopa A. et al. (2016)**<sup>1</sup>, muestra que un programa de fisioterapia basado en los principios del neurodesarrollo en combinación con TICs aporta beneficios en los patrones de la marcha a largo plazo, al igual que ocurrió en el grupo tratado con fisioterapia en el estudio de **Rasha A. et al. (2014)**<sup>2</sup>, con la distinción de que el primero realizó el análisis según los parámetros del GGI y el segundo lo hizo únicamente de la longitud de la zancada, la velocidad y el ritmo de paso.

El tratamiento con un programa de control motor descrito en el estudio de **Clark E. et al. (2010)**<sup>16</sup> reduce las limitaciones de flexión dorsal de tobillo, mejorando de esta manera la marcha talón- punta. Sin embargo los resultados no fueron los esperados, quizás debido a la escasez de duración del periodo de tratamiento. Además, como apunta *Oetgen ME. y Peden S.*<sup>38</sup>, el estiramiento y la terapia física ofrecen una oportunidad de éxito limitada para la ITW, la cual se utiliza con mayor frecuencia para mantener el rango de movimiento adquirido por otros métodos.

Otros autores<sup>12</sup>, explican que las llamadas plantillas pirámide desarrolladas en 2001 precisamente para niños que caminaban sobre las puntas de sus pies, las cuales colocan los elementos de apoyo bajo el segundo, tercer y cuarto hueso metatarsal, incorporando además, apoyo en el talón para sostener dicha posición; son métodos suaves con grandes éxitos terapéuticos y que el uso combinado con fisioterapia da resultados mucho mejores que el tratamiento con plantillas solas.

Con respecto al **examen físico en estático**, todos los estudios<sup>1,2,11,16,33,34,35</sup> muestran una mejora de la movilidad del tobillo. El mayor progreso se observa en el caso de **Szopa A. et al. (2016)**<sup>1</sup>, por lo que se piensa que un tratamiento que combina TICs con un programa de fisioterapia basado en técnicas de neurodesarrollo es eficaz para el aumento de la movilidad de esta articulación.

Esta mejora es mayor en flexión dorsal de tobillo con la rodilla en extensión. Sin embargo, esto es solo el estudio de un caso, por lo que para que dicho resultado tuviera más relevancia serían necesarios más ensayos clínicos con una muestra poblacional más grande. En este sentido, otros autores<sup>4</sup> observaron en su revisión que los yesos seriados como tratamiento único mejoraron la flexión dorsal de tobillo con la rodilla extendida tanto en los pacientes que mejoraron la marcha talón- punta como los que no; sin embargo, la flexión dorsal con flexión de rodilla solo mejoró en los pacientes que habían progresado su marcha, por lo que es este último el resultado clínicamente significativo.

Como ya hemos visto anteriormente, uno de los objetivos de la fisioterapia en los niños con ITW es maximizar las **habilidades motoras gruesas**. Para ello, en dos de los estudios incluidos en esta revisión<sup>2,16</sup>, se utilizó la escala Peabody de desarrollo motor Versión 2 (PDMS-2).

Aunque el grupo general estudiado en el ensayo de **Clark E. et al. (2010)**<sup>16</sup> muestra un aumento del cociente de motricidad gruesa en los periodos de seguimiento en comparación con el examen inicial, los resultados no fueron estadísticamente significativos. Sin embargo, en el estudio de **Rasha A. et al. (2014)**<sup>2</sup>, el programa de fisioterapia si aporta beneficios a largo plazo. Esto puede ser debido a que el periodo de seguimiento del segundo estudio<sup>2</sup>, fue 3 veces más largo que el primero<sup>16</sup>. Asimismo, la toxina botulínica mejoró la motricidad gruesa a corto plazo de los pacientes del estudio realizado por **Rasha A. et al. (2014)**<sup>2</sup>, obteniendo resultados similares al estudio realizado por **Stawek J. y Kilmont L. (2003)**<sup>39</sup> los cuales observaron que los pacientes tratados con Botox demostraron beneficios funcionales en general, como la motricidad gruesa, a pesar del aumento del tono muscular 3 meses después de la inyección.

## **7.- LIMITACIONES**

El desarrollo de este trabajo ha sido muy complicado debido a la escasez de literatura de tratamientos para esta patología, sobre todo de fisioterapia, de ahí la necesidad de incluir un estudio de un caso y una serie de 5 casos. Por esta razón, resultó inviable el hecho de realizar un estudio exclusivamente de tratamiento de terapia manual. A esto se une la heterogeneidad de los estudios, la diversidad de resultados analizados y las unidades de expresión de las medidas tomadas, así como la combinación de tratamientos, lo cual imposibilita la determinación de la efectividad individual, así como la comparación entre ellos.

## 8.- CONCLUSIÓN

Existen diversos tratamientos para la ITW: programas de fisioterapia, yesos, órtesis, inyección de toxina botulínica y tratamiento quirúrgico.

Los tratamientos conservadores son la primera opción para los pacientes con ITW. Los **programas de fisioterapia** mejoran la movilidad, la elasticidad, la fuerza, la propiocepción, así como el control postural, pero tienen una efectividad limitada como tratamiento único para esta patología, además de que precisa de periodos de tratamiento más largos.

La inyección de **toxina botulínica**, es un tratamiento que aporta beneficios a corto plazo en esta patología. Por esta razón, la opción óptima sería una que combinara varios, con el propósito de beneficiarse de los efectos de cada uno de ellos.

El **tratamiento quirúrgico** es uno de los métodos más fiables para aquellos pacientes que no responden a tratamientos previos, sin embargo es importante considerar las complicaciones asociadas como el sobrealargamiento de los músculos implicados por lo que se reserva para casos excepcionales.

Tras la realización del trabajo, en relación a las limitaciones anteriormente descritas, serían necesarios más ensayos clínicos aleatorizados que estudien las diferentes alternativas de tratamiento para la ITW, con un periodo de seguimiento más largo y una muestra poblacional mayor. Asimismo, sería aconsejable que los estudios analizaran las mismas variables para observar y estudiar de una manera más clara la efectividad de cada uno de ellos.

## 9. - BIBLIOGRAFÍA

- <sup>1</sup> Szopa A, Domagalska-Szopa M, Gallert-Kopyto W, Kiebzak W, Plinta R. Effect of a nonsurgical treatment program on the gait pattern of idiopathic toe walking: a case report. *Ther Clin Risk Manag.* 2016 Feb 10; 12:139-46.
- <sup>2</sup> Rasha A. Mohamed Nahed S. Thabet Shimaa N. Aboelazm. Comparative Study of Two Different Treatment Methods in Children with Idiopathic Tip-Toe Walking. *Indian journal of applied research.* 2014 Dec; 4: 489-494.
- <sup>3</sup> Williams CM, Michalitsis J, Murphy A, Rawicki B, Haines TP. Do external stimuli impact the gait of children with idiopathic toe walking? A study protocol for a within-subject randomised control trial. *BMJ Open.* 2013 Mar; 1;3(3):1-5.
- <sup>4</sup> Fox A, Deakin S, Pettigrew G, Paton R. Serial casting in the treatment of idiopathic toe-walkers and review of the literature. *Acta Orthop Belg.* 2006
- <sup>5</sup> Saez. E. Enfermedades. En: Saez.E. ¿Qué le pasa a mi hijo?. Madrid: Editorial EDAF; 2007. p.273-322.
- <sup>6</sup> Pandey. S, Pandey. A.K. Columna vertebral. En: Pandey. S, Pandey. A.K. Diagnóstico en ortopedia clínica. 3<sup>rd</sup> ed. Panamá: Jaypee- Highlights Medical Publishers, INC; 2012: 215-289
- <sup>7</sup> Angulo M. La marcha en la infancia. *Rev de Ortop Traumatol (Madr)* 1996; 40:187-94.
- <sup>8</sup> Sala DA, Shulman LH, Kennedy RF, Grant AD, Chu ML. Idiopathic toe-walking: a review. *Dev Med Child Neurol.* 1999 Dec; 41(12):846-8.
- <sup>9</sup> Van Kuijk AA, Kosters R, Vugts M, Geurts AC. Treatment for idiopathic toe walking: a systematic review of the literature. *J Rehabil Med.* 2014 Nov; 46(10):945-57.
- <sup>10</sup> Dietz F, Khunsree S. Idiopathic toe walking: to treat or not to treat, that is the question. *Iowa Orthop J.* 2012; 32:184-8.
- <sup>11</sup> Engström P, Gutierrez-Farewik EM, Bartonek A, Tedroff K, Orefelt C, Haglund-Åkerlind Y. Does botulinum toxin A improve the walking pattern in children with idiopathic toe-walking? *J Child Orthop.* 2010 Aug; 4(4):301-8.

- <sup>12</sup> Pomarino. D, Bernhard. M.K. Tratamiento del caminar de puntillas idiopático en forma de pirámide. [Internet]. [Acceso 27 de Febrero de 2016]. Disponible en: <http://www.zehenspitzengang.de/>
- <sup>13</sup> Shulman LH, Sala DA, Chu ML, McCaul PR, Sandler BJ. Developmental implications of idiopathic toe walking. J Pediatr. 1997 Apr; 130(4):541-6
- <sup>14</sup> 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 Musculoskeletal disorders 2011; 12: 61
- <sup>15</sup> Van Bommel AF, Van de Graaf VA, Van den Bekerom MP, Vergroesen DA. Outcome after conservative and operative treatment of children with idiopathic toe walking: a systematic review of literature. Musculoskelet Surg. 2014 Aug; 98(2):87-93.
- <sup>16</sup> Clark E, Sweeney JK, Yocum A, McCoy SW. Effects of motor control intervention for children with idiopathic toe walking: a 5-case series. Pediatr Phys Ther. 2010 Winter; 22(4):417-26.
- <sup>17</sup> Pomarino. D, Kühl.F. Pomarino.A. El caso de un hombre de 23 años con caminar de puntillas persistente y su terapia exitosa. [Internet]. [Acceso 27 de Febrero de 2016]. Disponible en: <http://www.zehenspitzengang.de/>
- <sup>18</sup> Wickstrom, R. L. Patrones Motores Básicos. Madrid: Alianza Editorial; 1983.
- <sup>19</sup> Agudelo. A.I. Briñez.T.J. Guarín.V.Restrepo. J.P. Zapata. M.C. Marcha: descripción, métodos, herramientas de evaluación y parámetros de normalidad reportados en la literatura.CES Movimiento y Salud. 2013; 1: 29-43.
- <sup>20</sup> Villa. A.C. Análisis estático de la sub-fase de respuesta a la carga durante la fase de apoyo en la marcha. International Institute of Informatics and Systemics. [30 de mayo de 2016]:1-6. Disponible en: [http://www.iis.org/CDs2011/CD2011IMC/CICIC\\_2011/PapersPdf/CB858KJ.pdf](http://www.iis.org/CDs2011/CD2011IMC/CICIC_2011/PapersPdf/CB858KJ.pdf)
- <sup>21</sup> Viel E. La Marcha humana: la carrera y el salto: biomecánica, exploraciones, normas y alteraciones. Barcelona;México: Masson; 2002
- <sup>22</sup> Viladot Pericé R. Ortesis y prótesis del aparato locomotor. España: Masson; 2001.

- <sup>23</sup> Haro.M. Laboratorio de análisis de marcha y movimiento. Rev. Med. Clin. Condes. 2014; 25(2) 237-247
- <sup>24</sup> Tabrizi, P. Limited dorsiflexion predisposes to injuries of the ankle in p p j children. Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume; 2000.82-B(8).
- <sup>25</sup> Tidwell, M: The child with tip-toe gait. International Pediatrics, 14:235-238, 1999
- <sup>26</sup> Browner, B; Davidson, LK; Olney, SJ: Serial casting in idiopathic toe walkers and children with spastic cerebral palsy. J Pediatr Orthop, 2000; 20(2): 221-5,
- <sup>27</sup> Brunt, D; Woo, R; Kim, HD; Ko, MS; Senesac, C; Li, S; effect of botulinum toxin type A on gait of children who are idiopathic toe-walkers. J Surg Orthop Adv, 2004; 13(3): 149-55.
- <sup>28</sup> Jacks, LK; Michels, DM; Smith, BP; Koman, LA; Shilt, J; Clinical usefulness of botulinum toxin in the lower extremity Foot and Ankle Clinics of North of botulinum toxin in the lower extremity. Foot and Ankle Clinics of North America, 2004; 9(2): 339-348.
- <sup>29</sup> Ibrahim Al, Hawamdeh ZM, AlQudah AA. Functional outcome of botulinum toxin injection of gastrocnemius and adductors in spastic hemiplegic cerebral palsied children. Eura Medicophys 2006; 42:1-8
- <sup>30</sup> Urrutia G, Tort S, Bonfill X, Metaanálisis (QUOROM). Med Clin (Barc).2005; 125:32-7
- <sup>31</sup> CASPe [Internet]. Alicante: CASPe; [2016; 20 de abril de 2016]. Disponible en: <http://www.redcaspe.org/>
- <sup>32</sup> Engström P, Bartonek Å, Tedroff K, Orefelt C, Haglund-Åkerlind Y, Gutierrez-Farewik EM. Botulinum toxin A does not improve the results of cast treatment for idiopathic toe-walking: a randomized controlled trial. J Bone Joint Surg Am. 2013 Mar 6; 95(5):400-7.
- <sup>33</sup> McMulkin ML, Baird GO, Caskey PM, Ferguson RL. Comprehensive outcomes of surgically treated idiopathic toe walkers. J Pediatr Orthop. 2006 Sep-Oct; 26(5):606-11.
- <sup>34</sup> McMulkin ML, Gordon AB, Tompkins BJ, Caskey PM, Baird GO. Long term gait outcomes of surgically treated idiopathic toe walkers. Gait Posture. 2016 Feb; 44:216-20.

- <sup>35</sup> Galli M, Crivellini M, Santambrogio GC, et al. Short- term effects of botulinum toxin A as treatment for children cerebral palsy: kinematic and kinetic aspects at the ankle joint. *Funct Neurol*. 2001, 16(4):317-323
- <sup>36</sup> Undequam PL and Willis FB. Dynamic splinting home therapy for toe walking .*Cases Journal*; 2009, 2:188
- <sup>37</sup> Love SC, Valentine JP, Blair EM. The effects of botulinum toxin type A on the functional ability of the child with spastic hemiplegia: a randomized controlled trial. *Eur J Neurol*. 2001; 8: 50–58
- <sup>38</sup> Oetgen ME, Peden S. Idiopathic toe walking. *J Am Acad Orthop Surg*. 2012; 20(5):292-300
- <sup>39</sup> Stawek J and Kilmont L. Functional improvement in cerebral palsy patients treated with botulinum toxin A injections-preliminary results. *Eur J Neurol* 2003; 10: 313–317
- <sup>40</sup> MUSC Libraries Medical University of South Carolina. [Internet][14 de junio de 2016; 27 de junio de 2016]. Disponible en: <http://musc.libguides.com/MSN/DNP>

## 10.- ANEXO I: LISTA DE COMPROBACIONES ESTRUCTURADA DE PRISMA<sup>40</sup>

Section/topic	#	Checklist item	Reported on page #
<b>TITLE</b>			
Title	1	Identify the report as a systematic review, meta-analysis, or both.	
<b>ABSTRACT</b>			
Structured summary	2	Provide a structured summary including, as applicable: background; objectives; data sources; study eligibility criteria, participants, and interventions; study appraisal and synthesis methods; results; limitations; conclusions and implications of key findings; systematic review registration number.	
<b>INTRODUCTION</b>			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of what is already known.	
Objectives	4	Provide an explicit statement of questions being addressed with reference to participants, interventions, comparisons, outcomes, and study design (PICOS).	
<b>METHODS</b>			
Protocol and registration	5	Indicate if a review protocol exists, if and where it can be accessed (e.g., Web address), and, if available, provide registration information including registration number.	
Eligibility criteria	6	Specify study characteristics (e.g., PICOS, length of follow-up) and report characteristics (e.g., years considered, language, publication status) used as criteria for eligibility, giving rationale.	
Information sources	7	Describe all information sources (e.g., databases with dates of coverage, contact with study authors to identify additional studies) in the search and date last searched.	
Search	8	Present full electronic search strategy for at least one database, including any limits used, such that it could be repeated.	
Study selection	9	State the process for selecting studies (i.e., screening, eligibility, included in systematic review, and, if applicable, included in the meta-analysis).	
Data collection process	10	Describe method of data extraction from reports (e.g., piloted forms, independently, in duplicate) and any processes for obtaining and confirming data from investigators.	
Data items	11	List and define all variables for which data were sought (e.g., PICOS, funding sources) and any assumptions and simplifications made.	
Risk of bias in individual studies	12	Describe methods used for assessing risk of bias of individual studies (including specification of whether this was done at the study or outcome level), and how this information is to be used in any data synthesis.	
Summary measures	13	State the principal summary measures (e.g., risk ratio, difference in means).	
Synthesis of results	14	Describe the methods of handling data and combining results of studies, if done, including measures of consistency (e.g., $I^2$ ) for each meta-analysis.	

## 10.- ANEXO I: LISTA DE COMPROBACIONES ESTRUCTURADA DE PRISMA<sup>40</sup>

Section/topic	#	Checklist item	Reported on page #
Risk of bias across studies	15	Specify any assessment of risk of bias that may affect the cumulative evidence (e.g., publication bias, selective reporting within studies).	
Additional analyses	16	Describe methods of additional analyses (e.g., sensitivity or subgroup analyses, meta-regression), if done, indicating which were pre-specified.	
<b>RESULTS</b>			
Study selection	17	Give numbers of studies screened, assessed for eligibility, and included in the review, with reasons for exclusions at each stage, ideally with a flow diagram.	
Study characteristics	18	For each study, present characteristics for which data were extracted (e.g., study size, PICOS, follow-up period) and provide the citations.	
Risk of bias within studies	19	Present data on risk of bias of each study and, if available, any outcome level assessment (see item 12).	
Results of individual studies	20	For all outcomes considered (benefits or harms), present, for each study: (a) simple summary data for each intervention group (b) effect estimates and confidence intervals, ideally with a forest plot.	
Synthesis of results	21	Present results of each meta-analysis done, including confidence intervals and measures of consistency.	
Risk of bias across studies	22	Present results of any assessment of risk of bias across studies (see Item 15).	
Additional analysis	23	Give results of additional analyses, if done (e.g., sensitivity or subgroup analyses, meta-regression [see Item 16]).	
<b>DISCUSSION</b>			
Summary of evidence	24	Summarize the main findings including the strength of evidence for each main outcome; consider their relevance to key groups (e.g., healthcare providers, users, and policy makers).	
Limitations	25	Discuss limitations at study and outcome level (e.g., risk of bias), and at review-level (e.g., incomplete retrieval of identified research, reporting bias).	
Conclusions	26	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence, and implications for future research.	
<b>FUNDING</b>			
Funding	27	Describe sources of funding for the systematic review and other support (e.g., supply of data); role of funders for the systematic review.	