



---

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**



**FACULTAD DE MEDICINA**

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**FUNDACIÓN TELETÓN A. C.  
SISTEMA DE CENTROS DE REHABILITACIÓN INFANTIL TELETÓN  
TLALNEPANTLA, ESTADO DE MÉXICO  
2016**

**ANÁLISIS DE LAS FUERZAS DE REACCIÓN AL PISO Y ESTABILIDAD DEL RETROPIÉ  
EN NIÑOS CON TRISOMÍA 21 COMPARADO CON NIÑOS SANOS**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALIDAD EN  
MEDICINA DE REHABILITACIÓN**

**PRESENTA  
DRA. KAREN GÓMEZ URBINA**

**ASESORES  
DR. JUAN CARLOS PÉREZ MORENO  
DR. DEMETRIO VILLANUEVA AYALA  
DRA. CAROLINA MÓNICA TABLEROS ALCÁNTARA**



MÉXICO., D.F. 2016



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **APROBACIÓN DE TESIS**

**ANALISIS DE LAS FUERZAS DE REACCIÓN AL PISO Y ESTABILIDAD DEL RETROPIE EN  
NIÑOS CON TRISOMÍA 21 COMPARADO CON NIÑOS SANOS**

---

Dr. Alejandro Parodi Carbajal.

Director de Posgrado Universidad Teletón.

---

Dra. Nayeli Castañeda Perez.

Subdirectora de Investigación Universidad Teletón.

---

Dr. Juan Carlos Pérez Moreno

Médico especialista en Medicina de Rehabilitación. Maestro en Ciencias.

---

Dr. Demetrio Villanueva Ayala

Ingeniero Industrial con especialidad en Electrónica; Maestro y Doctor en Ciencias.

---

Dra. Carolina Mónica Tableros Alcántara

Médico especialista en Radiología.

---

Dra. Karen Gómez Urbina

TESISTA

**ANALISIS DE LAS FUERZAS DE REACCIÓN AL PISO Y ESTABILIDAD DEL RETROPIE  
EN NIÑOS CON TRISOMÍA 21 COMPARADO CON NIÑOS SANOS**

## AGRADECIMIENTOS

Primero y como más importante, me gustaría agradecer a mi esposo por el apoyo y paciencia incondicional. Por siempre estar a mi lado impulsándome a continuar y terminar este proyecto, estando en los momentos en que más lo he necesitado; así como siempre creer en mi capacidad.

A mi hija, por ser paciente conmigo y siempre recibirme con una sonrisa y una hermosa mirada a pesar de cualquier circunstancia.

A mi familia, por siempre estar presentes, acompañándome en cada etapa de mi vida.

A mis asesores de Tesis, Dr. Juan Carlos Pérez Moreno, Dr. Demetrio Villanueva Ayala y Dra. Carolina Mónica Tableros Alcántara por la oportunidad que me brindaron de realizar este proyecto, por sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su paciencia y motivación que fueron fundamentales para lograr la ejecución y culminación de la misma.

Al Dr. Alejandro Parodi, por su dedicación y enseñanza invaluable durante todos estos años.

Y un especial agradecimiento al Dr. Javier Zorrilla por todo el apoyo que me brindó para obtener los medios y apoyos necesarios para lograr que este sueño se haga realidad.

Gracias a DIOS por ponerme en este camino y darme la oportunidad de obtener otro triunfo personal y profesional, por darme la sabiduría, la salud y el entendimiento para lograr esta meta.

Muchas Gracias a todos

## TÍTULO

### **Análisis de las fuerzas de reacción al piso y estabilidad del retropié en niños con Trisomía 21 comparado con niños sanos**

Dra. Karen Gómez Urbina

Asesores de tesis:

#### **Dr. Juan Carlos Pérez Moreno**

Médico especialista en Medicina de Rehabilitación. Maestro en Ciencias. Coordinador del Laboratorio de Movimiento del Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Estado de México.

#### **Dr. Demetrio Villanueva Ayala**

Ingeniero Industrial con especialidad en Electrónica; Maestro y Doctor en Ciencias, Adscrito al Laboratorio de Movimiento del Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Estado de México.

#### **Dra. Carolina Mónica Tableros Alcántara**

Médico especialista en Radiología. Adscrito al Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Estado de México.

Tesista

#### **Dra. Karen Gómez Urbina**

Médico residente de 4to grado de Medicina de rehabilitación

Tel: 55 1951 2936

e-mail: karen@020313.com

## INDICE

<b>INDICE</b> .....	<b>6</b>
<b>Título del proyecto</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Antecedentes:</b> .....	<b>7</b>
<b>Planteamiento del problema:</b> .....	<b>20</b>
<b>Justificación:</b> .....	<b>21</b>
<b>Objetivo General:</b> .....	<b>22</b>
<b>Variables:</b> .....	<b>25</b>
<b>Hipótesis de investigación:</b> .....	<b>27</b>
<b>Criterios de Selección casos:</b> .....	<b>28</b>
<b>Criterios de Selección grupo control:</b> .....	<b>29</b>
<b>Material y Métodos:</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Referencias:</b> .....	<b>49</b>
<b>Calendarización</b> .....	<b>52</b>
<b>ANEXO 1</b> .....	<b>53</b>
<b>ANEXO 2</b> .....	<b>54</b>
<b>ANEXO 3</b> .....	<b>55</b>

## **Antecedentes:**

La marcha humana es un modo de locomoción bípeda con actividad alternada de los miembros inferiores, caracterizada por un proceso de doble apoyo y de apoyo unimodal, impulsos y frenados; la cual es aprendida.<sup>1</sup>

Presenta variables dependientes del crecimiento, así como circunstancias que determinan las características típicas de la misma.<sup>1</sup> La alineación angular de las extremidades inferiores pasa por distintas fases fisiológicas durante el crecimiento hasta alcanzar los parámetros propios de la adultez alrededor de los 7 años de edad.<sup>2</sup>

La marcha constituye un ciclo, con secuencia de acontecimientos desde el contacto de un talón con el suelo hasta el siguiente contacto del mismo talón con el suelo, pasando por dos fases: de apoyo y de oscilación, representando el 60% y 40% respectivamente del total del ciclo.<sup>3</sup>

A su vez la fase de apoyo se puede subdividir en diferentes subfases (Perry, 1992; Sánchez-Lacuesta, 1993):<sup>3</sup>

- Fase de contacto inicial. 0-2%.
- Fase inicial de apoyo o de respuesta inicial a la carga. 0-10%.
- Fase media de apoyo. 10-30%.
- Fase final de apoyo. 30-50%.
- Fase previa de oscilación. 50-60%.

La fase de oscilación se subdivide en las siguientes subfases (Perry, 1992; Sánchez-Lacuesta, 1993):<sup>3</sup>

- Fase inicial de oscilación. 60-73%.
- Fase media de oscilación. 73-87%.
- Fase final de oscilación. 87-100%.



Para una mayor descripción del ciclo de marcha pueden realizarse medidas de algunos parámetros descriptivos como la longitud, anchura y ángulo del paso, cadencia y la velocidad de marcha.<sup>1</sup>

La marcha ocasiona un gasto energético, para lo cual, cada persona tiende a adoptar la marcha más eficiente que le ocasione un menor gasto energético, dado por mecanismos que mejoran este rendimiento mediante transferencias de energía y reducción del desplazamiento del centro de gravedad. Así mismo el gasto energético varía, con algunos factores, como el peso del sujeto, velocidad de marcha, la pendiente y el tipo de terreno.<sup>4</sup>

El cuerpo humano durante la marcha utiliza al máximo la fuerza de gravedad y de reacción, la inercia y la mínima fuerza del músculo. Estas son, junto con la fricción o rozamiento, las principales fuerzas que influyen en la marcha.<sup>1</sup> Las fuerzas de reacción características de la marcha humana son uno de los descriptores más importantes de la marcha patológica y se pueden obtener fácilmente durante un análisis de marcha de rutina.<sup>5</sup>

La mayoría de los grupos musculares de las extremidades inferiores están activos durante el ciclo de marcha, sobre todo al principio y final de la fase de apoyo y principio y final de la fase oscilante; debido a que en estos momentos del ciclo existen aceleraciones y desaceleraciones de la extremidad y transferencias del peso del cuerpo de un pie al otro.<sup>1</sup>

Así mismo, existe acción articular durante la marcha dada por la cadera, rodilla y tobillo con acciones diversas en los diferentes periodos del ciclo. La correcta alineación de las articulaciones durante el apoyo del pie amortigua el impacto del talón en el suelo; mientras que una mala alineación de éstas, además de no reducir la fuerza de impacto o de reducirla escasamente, provoca una mayor probabilidad de que los sujetos sufran lesiones.<sup>1</sup>

Los miembros superiores también juegan un papel importante durante la marcha logrando la rotación de la cintura escapular, mediante la oscilación de los brazos, dependiente de acciones musculares, a partir de la fase de oscilación, ejecutando un movimiento de flexo-extensión de hombro de forma sincrónica con respecto a los inferiores pero en sentido inverso.<sup>1</sup>

Hay 4 factores que influyen en el desarrollo motor grueso de un niño con Trisomía 21: la hipotonía, la laxitud ligamentosa, reducción de la fuerza y la presencia de extremidades cortas; condicionando un retraso en el desarrollo motor provocando la adquisición de patrones anormales, alterando los ejes anatómico-morfológicos y mecánicos que proporcionan una estabilidad intrínseca al esqueleto y pudiendo desencadenar alteraciones ortopédicas en la vida adulta.<sup>2</sup>

Una buena estabilidad es la base de todos los movimientos, por lo tanto el pie, junto con el sistema vestibular y el sistema oculomotor, participan en las reacciones de equilibrio ortostático, informando constantemente de la posición, tanto estática como dinámica; siendo así, las alteraciones en la alineación del retropié, pueden colaborar con problemas del equilibrio.<sup>6</sup>

Los niños con Trisomía 21 frecuentemente presentan alteraciones del aparato locomotor, generadas principalmente por hiperlaxitud cápsulo-ligamentosa e hipotonía muscular, ocasionando gran movilidad articular así como retraso en el desarrollo motor.<sup>7</sup>

Una de las alteraciones características secundarias a la hipotonía e hiperlaxitud es la de los ligamentos calcáneo-escafoideo e interóseo astrágalo-calcáneo, provocando una caída del astrágalo alterando el apoyo plantar, encontrándose mayor en estos niños, aumentando la duración de la fase de apoyo, secundario a una alteración del equilibrio.<sup>8</sup>

El conocimiento y la valoración de las condiciones físicas de los niños con Trisomía 21 son imprescindibles, para lo cual debemos desarrollar, fomentar, rastrear, estimular y potenciar las capacidades físicas latentes en estos sujetos. De esta forma, se alcanzará con éxito la autonomía funcional en la realización de actividades de la vida diaria, donde la independencia motriz es necesaria.<sup>2</sup>

## Marco Teórico:

Se describe a la alineación del retropié como la desviación angular entre el eje anatómico de la tibia y el eje longitudinal del calcáneo en proyección radiográfica.<sup>9</sup> Es evaluada rutinariamente en pacientes con alteraciones congénitas del retropié, pie plano congénito o adquirido, tobillo inestable, artrosis astragalina neuropática, traumatismos, entre otras muchas anormalidades, así como para cuantificar el eje estático del retropié, decidir opciones de tratamiento, definir la posición óptima para artrodesis así como supervisar el curso postoperatorio.<sup>10</sup>

El complejo tobillo-pie se divide en dos zonas anatómicas:

- Parte anterior (mesopié y antepié). El mesopié comprende el hueso navicular, cuboides, cuñas, articulación medio-tarsiana de Chopart; y el antepié a los metatarsianos, falanges, articulaciones tarso-metatarsiana (Lisfranc), metatarsofalángicas e interfalángicas.<sup>11</sup>
- Parte posterior (tobillo y retropié). Abarca la epífisis de tibia y peroné, articulación tibio-peroneo-astragalina (tobillo); el astrágalo, calcáneo y articulaciones subastragalinas como retropié.<sup>11</sup>

La alineación del retropié puede ser evaluada tanto clínica como radiográficamente. Sin embargo, la evaluación clínica por sí sola, puede resultar poco fiable debido a la variación interexplorador, aún en profesionistas experimentados.<sup>10</sup>

La valoración radiográfica representa una herramienta de gran utilidad tanto para evaluación, estadificación de la alteración, así como, para la planeación prequirúrgica en caso de requerirla. La vista radiográfica axial y la vista de alineación del retropié se utilizan comúnmente para este propósito. Sin embargo, su fiabilidad comparativa es aún desconocida.<sup>9,10</sup>

En la proyección lateral, la línea medio astragalina y la línea a través de la diáfisis del primer metatarsiano coinciden en los niños mayores de 5 años de edad durante el apoyo en carga, pero en los lactantes y niños pequeños el astrágalo está colocado más vertical y la línea

astragalina media pasa en posición inferior a la diáfisis del quinto metatarsiano. Se forma un ángulo obtuso entre la línea que atraviesa la cortical inferior del quinto metatarsiano, que oscila entre 150-175° (apoyo en carga). Las líneas medioastragalina y mediocalcánea forman un ángulo agudo que varía en condiciones normales entre 25-50° (apoyo en carga).<sup>11</sup>

La media para los ángulos e índice astrágalo-calcáneo en proyección antero-posterior con apoyo en carga se realiza de acuerdo a edad, a lo cual podemos decir que en menores de 7 años oscila entre 30-50°, mientras que el ángulo tibio-astragalino en proyección lateral para menores de 7 años oscila entre 90-135°.<sup>11</sup>

Desde un punto de vista anatómico los ligamentos del seno del tarso (intrínsecos) y los ligamentos colaterales del tobillo (extrínsecos) participan de la estabilidad de la articulación subastragalina, interviniendo en la alineación del mismo. Una mala alineación del retropié en varo o valgo es reconocido como una causa de discapacidad persistente a nivel del pie y tobillo, pudiendo resultar en patología articular degenerativa.<sup>9</sup> Las mediciones radiográficas permiten estimar la alineación del retropié. Varios estudios han encontrado una buena correlación entre la evaluación clínica y las medidas radiográficas del pie.<sup>12</sup>

Durante la fase de apoyo medio de la marcha, existe una máxima eversión del retropié, así mismo el centro de gravedad se coloca lateral a la carga de peso del pie durante la fase de balanceo. Esta posición de eversión máxima del retropié bloquea los huesos astrágalo y calcáneo, permitiendo una desviación angular mayor en la articulación del tobillo. Basándonos en esto, se espera, durante la fase de apoyo unilateral, una mala alineación del retropié en varo o valgo la cual pudiera verse más pronunciada, por lo que, la medición más confiable de la alineación del retropié, se encuentra al estar los pacientes con carga de peso y con apoyo bipodálico.<sup>9</sup>

### **Fuerzas de reacción durante la marcha:**

Durante la deambulación, se aplican fuerzas bajo la superficie del pie cada vez que una persona toma un paso. Las fuerzas aplicadas al suelo por los pies se llaman fuerzas del pie.

Las fuerzas aplicadas al pie por el suelo se denominan fuerzas de reacción al piso (FRP). Estas fuerzas son de igual magnitud pero de dirección opuesta.<sup>13</sup>

La descripción de las FRP sigue un sistema de coordenadas, expresándose a lo largo de tres ejes: vertical, anterior-posterior y medio-lateral. La suma de las tres fuerzas da un único vector de fuerza resultante entre el pie y el suelo.<sup>13</sup>

### **1. FRP verticales:**

Son aquellas dirigidos perpendicular a la superficie de apoyo. Son ligeramente mayor que el peso corporal en el momento de la respuesta a la carga y en el apoyo final. Durante el apoyo medio, las fuerzas de reacción al piso son ligeramente más bajas que el peso corporal. Esta ligera fluctuación en la fuerza es debido a la aceleración vertical del centro de masa. En el momento de la respuesta a la carga, el centro de masa se mueve hacia abajo. Por lo tanto, se necesita una fuerza de reacción vertical del suelo mayor que el peso corporal, para desacelerar el movimiento hacia abajo del cuerpo y luego acelerar hacia arriba. En la fase media de apoyo, las fuerzas de reacción verticales son menores que el peso corporal como resultado de una "descarga de peso" relativo. La fuerza de reacción al piso en fase de apoyo final, refleja el empuje combinado proporcionada por los flexores plantares y la necesidad de revertir el movimiento hacia abajo del cuerpo que se produce en la posición terminal a través de la pre-oscilación.<sup>13</sup>

### **2. FRP anterior-posterior:**

En la dirección anterior-posterior, las fuerzas se aplican en paralelo a la superficie de apoyo. En el contacto del talón, la FRP es en dirección posterior. En ese momento, se requiere suficiente fricción entre el pie y el suelo para evitar que el pie se deslice hacia adelante. La magnitud de las fuerzas de reacción al piso aumenta con pasos más largos. Durante la fase de apoyo final y pre-oscilación, la FRP se dirige hacia delante, aplicando una fuerza dirigida posteriormente al piso con el fin de impulsar el cuerpo hacia adelante. La magnitud de la fuerza de propulsión depende de la velocidad al caminar y, sobre todo, los intentos de acelerar.<sup>13</sup>

La fuerza pico anterior-posterior es típicamente igual a aproximadamente el 20% del peso corporal. Cuanto mayor sea la longitud del paso, mayores las fuerzas de cizallamiento debido al mayor ángulo entre la extremidad inferior y el suelo. Propiedades de inercia del cuerpo, tales como el impulso, también contribuyen a la fuerza anterior-posterior.<sup>13</sup>

La FRP dirigida posteriormente en el contacto del talón disminuye momentáneamente la progresión hacia delante del cuerpo. Por el contrario, el cuerpo se acelera momentáneamente hacia adelante en la punta del pie, como resultado de una FRP dirigida anteriormente. La fuerza propulsora de una extremidad se aplica simultáneamente a la fuerza de frenado de la extremidad opuesta durante el doble apoyo. Debido a que estas fuerzas son de relativamente igual magnitud pero de dirección opuesta, proporcionan el equilibrio del cuerpo cuando el peso se transfiere de una extremidad inferior a la otra en el doble apoyo. Disminuir la velocidad requiere una mayor fuerza de frenado que la fuerza de propulsión, y la aceleración requiere lo contrario.<sup>13</sup>

### **3. FRP medio-laterales:**

La magnitud de la FRP en la dirección medio-lateral es relativamente pequeña (menos de 5% del peso corporal) y más variable. Al igual que con la fuerza anterior-posterior, la magnitud y dirección de esta fuerza depende principalmente de la relación entre la posición del centro de masa y la ubicación del pie. Durante el 5 al 10% de la fase inicial del ciclo de la marcha, se produce una fuerza pequeña, dirigida lateralmente para detener la velocidad lateral-a-medial del pie que está típicamente presente en el momento de contacto del talón. Durante el resto de la fase de apoyo, sin embargo, el centro de masa del cuerpo es medial al pie, causando una fuerza dirigida lateralmente para ser aplicada al suelo por el pie y, por lo tanto, una FRP en dirección medial. Estas FRP dirigidas en sentido medial a lo largo del apoyo inicialmente desaceleran el movimiento lateral del centro de masa. Entonces, estas fuerzas aceleran el centro de masa medialmente hacia la extremidad inferior contralateral, que se balancea hacia adelante y se prepara para realizar el siguiente contacto del pie con el suelo.<sup>13</sup>

Aunque la acción de las FRP medio-laterales no se puede sentir fácilmente durante la marcha normal, se puede percibir al caminar usando pasos muy grandes o al saltar de un

lado a otro. Esta adaptación se destina a mantener el centro de masa directamente sobre los pies para reducir al mínimo las FRP medio-laterales y, por tanto, la necesidad de fricción.<sup>13</sup>

### **Análisis de la marcha.**

El estudio de la marcha es una herramienta diagnóstica importante en la evaluación de patologías neuro-músculo-esqueléticas, tanto transitorias, permanentes, locales o generales, permitiendo identificar problemas específicos y así poder prescribir el tratamiento más adecuado para maximizar las habilidades físicas del paciente.<sup>14, 15</sup>

Se describe de forma detallada mediante estudios cinemáticos que registran las variaciones angulares de las articulaciones, inclinación, torsión y oscilación de los segmentos corporales y estudios cinéticos que reportan las FRP, momentos y potencias presentes en las articulaciones.<sup>15</sup>

Se usan como puntos anatómicos de referencia prominencias óseas, así como marcadores proyectados en barras para la mitad del muslo y la mitad de la pierna, los cuales son detectados por cámaras infrarrojas. Tomando en cuenta que una buena calibración permite el reconocimiento de los marcadores por las cámaras de forma más confiable y exacta.<sup>15</sup>

Las dimensiones de la pista o pasillo en el que el paciente realiza la marcha deben ser suficientes para lograr la ejecución de más de un ciclo completo de la marcha a cadencia libre.<sup>15</sup>

Para el despliegue de los resultados generalmente se utilizan reportes electrónicos o impresos, sea en tablas o a modo de gráficas cinemáticas, cinéticas o electromiográficas. Con los reportes generados es posible obtener la información acerca de la eficiencia de la marcha, grado de normalidad o regularidad del movimiento, y con base en esto elegir el tratamiento más efectivo, así como obtener caracterizaciones más precisas de las diferentes patologías para su diagnóstico y conocimiento de la severidad.<sup>15</sup>

## **Evaluación de las FRP en niños.**

Caminar de forma independiente es un hito importante que en los niños con un desarrollo típico se alcanza alrededor del primer año de edad. Los niños con desarrollo típico muestran un aumento significativo de la velocidad al caminar y de la longitud del paso; así como una disminución del ancho de paso dentro de los 6 meses posteriores al inicio de la marcha. También se observa el rápido desarrollo de los patrones cinemáticos conjuntos.<sup>16</sup>

El análisis cuantitativo de la variabilidad durante la marcha usando características cinemáticas y cinéticas puede ser de utilidad en el seguimiento de la recuperación de los pacientes. Los componentes transversales de la FRP pueden proporcionar información importante para la cuantificación de la variabilidad durante la marcha.<sup>14</sup>

Las FRP entre el año y los 7 años de edad muestran un perfil de fuerza plana con una presión casi idéntica debajo del talón, dedos de los pies y mediopié; sin embargo, se encuentra un incremento de la modulación de las fuerzas de reacción iniciando a los 12 meses hasta los 35 meses y un incremento exagerado entre los 2 y 3 años de edad.<sup>17, 18</sup>

Durante el primer año de adquisición de la marcha independiente se ve un incremento de la cadencia, así como, una disminución de la longitud de zancada, debido a la incompleta maduración del sistema de balance, así mismo, con la edad va incrementándose la longitud de paso dado por la maduración del balance corporal.<sup>17</sup>

Las fuerzas laterales máximas son mayores en los niños que en el adulto. El patrón de FRP medio-laterales de la adultez se manifiesta entre los 8 y 10 años de edad. En la dirección antero-posterior, sujetos más jóvenes muestran picos de fuerza en el choque de talón superiores a los picos de fuerza al despegue de los dedos. La transición de una fuerza de frenado a una fuerza de propulsión se produce antes durante la fase de apoyo en los niños más pequeños.<sup>13</sup>

La cuantificación de las características de la FRP de la marcha infantil nos brinda información igual de beneficiosa que para los adultos. Requiriendo medidas de referencia de



niños normales con el fin de desarrollar una base de datos para futuros estudios de la marcha en niños.<sup>13</sup>

Estudios recientes sobre la marcha en niños han encontrado que la única diferencia significativa entre géneros es para la longitud de las piernas siendo mayor en las niñas en comparación con niños de la misma edad. La mayor diferencia entre las dos fuerzas pico destaca por los niños en comparación con las niñas. En general se acepta que las niñas maduran más rápido que los niños; por lo tanto, la diferencia puede deberse a las tasas de maduración. Los valores de FRP verticales más altas persisten hasta edades de 4 ó 5 años y pueden ser el reflejo de un patrón de marcha ineficaz o inmaduro. La marcha adulta en comparación con la de los niños, nota una fuerza de frenado excesiva y más temprana; lo cual refleja que los movimientos de los pies así como de todo el cuerpo son más eficientes, ocasionando un menor gasto energético.<sup>19</sup>

Muchas variantes de la marcha se relacionan a la velocidad. En los niños pequeños es imposible regular la velocidad de la marcha siendo difícil obtener resultados suficientes durante las pruebas. Por lo que el patrón de fuerzas de reacción durante la marcha en los niños difiere del reportado con normalidad para los adultos.<sup>13</sup> La edad de los sujetos representa un factor a considerar, ya que en los niños la marcha se realiza de forma más veloz y produce FRP mayores en comparación con jóvenes y ancianos.<sup>5, 20</sup>

Así como la velocidad, deben considerarse al realizar un análisis de la marcha los cambios de dirección, ya que éstos, afectan la cinética y la cinemática de los miembros inferiores así como la longitud del paso ocasionando variaciones de la marcha.<sup>14</sup>

### **Marcha en niños/adolescentes con síndrome de Down.**

El síndrome de Down es la alteración cromosómica más común. Implica una combinación de defectos congénitos, entre los que se incluyen: cierto grado de déficit cognitivo, rasgos faciales característicos, defectos cardíacos, deficiencia visual y auditiva; así como anomalías musculoesqueléticas.<sup>2</sup> Esto ocasiona un retraso en el inicio de la marcha independiente, así como en los patrones característicos de la misma.<sup>16</sup>

La prevalencia de alteraciones ortopédicas es muy elevada en niños con Síndrome de Down, jugando un papel importante la hipotonía muscular y la hiperlaxitud ligamentosa,<sup>7</sup> predominando en extremidades inferiores, como el pie plano-valgo, valgo de rodilla y las deformidades del antepié.<sup>6</sup>

De las alteraciones ortopédicas menores la más común es el pie plano. El aplanamiento plantar hace que caiga todo el pie hacia dentro y el retropié se coloque en valgo dando lugar a un mal apoyo. Este mal apoyo provoca una adaptación sucesiva del resto de las estructuras del aparato locomotor: articulaciones, tejidos periarticulares, músculos y fascias que, con el tiempo, debido al exceso de estrés, puede provocar lesiones en dichas estructuras repercutiendo en el resto de la cadena cinética inferior e incluso al tronco, originando dolor, cansancio, discomfort lo que lleva a un sedentarismo que con frecuencia conduce a obesidad y que además, puede agravar aún más la sintomatología.<sup>6,7</sup>

Los niños con síndrome de Down tienen problemas en el mantenimiento del equilibrio, repercutiendo en todas sus actividades motoras, lo cual puede estar asociado a una disfunción cerebelosa, más frecuentemente a hipotonía y laxitud ligamentosa, así como disminución en la propiocepción. Por lo tanto, el pie plano-valgo, tan frecuente en estos niños, con marcada pronación del retropié, participan en los problemas del equilibrio.<sup>6</sup> Se ha observado que la alteración en la alineación predominante en los niños con Trisomía 21 ha sido el genu valgo.<sup>5</sup>

Es fundamental realizar un diagnóstico precoz para así poder establecer el tratamiento más adecuado, disminuyendo de esta forma las repercusiones. Para ello, es útil la medida de la presión en cada zona de la superficie plantar y su distribución en dichas zonas.<sup>6</sup>

Se sabe que el apoyo plantar es el resultado de una alineación en cadena de compensaciones del aparato locomotor. Un mal apoyo plantar puede generar desalineaciones.<sup>2</sup> La mayoría de los estudios sobre la distribución de las presiones plantares durante la marcha aceptan que la carga que llega al suelo no es uniforme, sino que existen dos picos de presión, uno que coincide con el contacto del talón en el suelo y otro con el

despegue del mismo. La máxima presión local de todo el pie se registra en el retropié y se produce durante su contacto inicial con el suelo.<sup>6, 20</sup>

Parece importante profundizar en las repercusiones que puede tener analizando las modificaciones en las presiones plantares y la distribución de dichas presiones en la superficie plantar durante la marcha; así como cuantificar la duración del apoyo del pie en el suelo que da idea del equilibrio de estos sujetos.<sup>6</sup>

La duración del apoyo durante la marcha es significativamente mayor en niños con Síndrome de Down. Los niños con síndrome de Down tienen una participación significativamente menor del retropié, del antepié y del primer dedo y en cambio una participación mayor del mediopié.<sup>6</sup> Generalmente realizan marchas con menor velocidad, menor longitud de paso así como aumento de la base de sustentación. En general el ciclo de la marcha tiene mayor énfasis en la fase de apoyo, traduciéndose en una marcha mas lenta así como en alteraciones del equilibrio.<sup>16</sup>

Se ha visto que estos niños tienden a una marcha menos agresiva, con menores impactos, realizando una marcha muy “plana”, es decir, casi sin contactar con el talón, apoyando el resto del pie y el despegue de igual forma lo hacen casi con todo el pie. Esto hace que casi no haya zonas que en algún momento sean las únicas en soportar toda la carga, repartiéndose en zonas más amplias de apoyo.<sup>6, 20, 21</sup>

Las presiones de las zonas del retropié y del antepié son significativamente menores, mientras que en la zona del mediopié son significativamente mayores, haciendo que la distribución de estas presiones en la superficie plantar varíe.<sup>6</sup>

Normalmente el papel del mediopié en la transmisión de la carga del talón al antepié es mínima, por lo que la presión en el mediopié también debe ser mínima, en general, no debe contactar con el suelo. Sin embargo, en los niños con Síndrome de Down, la zona interna del mediopié participa mucho más. Las mayores cargas en la zona interna del mediopié se deben a la caída del arco longitudinal interno y que pueden ser la causa del mal apoyo y malestar del pie.<sup>6</sup>

Durante la marcha existe una modificación de la distribución de las presiones en las diferentes zonas del pie analizadas en los niños con Trisomía 21. Si normalmente existen picos de presión mayores en el retropié (en el contacto) y antepié (en el despegue) y a penas se debe recibir carga en el mediopié, en el grupo con síndrome de Down disminuyen estos picos de presión en retropié y antepié y aumentan de forma importante en mediopié ocasionando menor estabilidad de la marcha y alteraciones tanto cinéticas como cinemáticas durante la misma.<sup>6</sup>

Los niños con Trisomía 21 se caracterizan por poseer un pie plano flexible. Esta es una deformidad en la que, en situación de apoyo el arco plantar se colapsa, recuperándose en descarga, y en cuya evaluación clínica se evidencian 3 componentes: valgo de talón, abducto y supinación del antepié.<sup>2</sup>

El desarrollo juega un papel importante a la hora de valorar las desalineaciones, ya que la alineación de las extremidades inferiores pasa por distintas fases durante el crecimiento.<sup>2, 21</sup> Existen datos de referencia para los niños sanos, pero no así para los niños portadores de Trisomía 21; siendo importante su estudio y evaluación para así establecer parámetros y emitir conclusiones generalizables.

## **Planteamiento del problema:**

Se sabe que el Síndrome de Down es la alteración cromosómica más común, producida por una trisomía del cromosoma 21, afectando a 1.5 de los nacidos vivos. La hipermovilidad articular secundaria a la hipotonía muscular y laxitud ligamentosa, junto con las malformaciones congénitas osteoarticulares, se han invocado como causa de las alteraciones ortopédicas en ellos. Se sabe que la alteración ortopédica más frecuente en estos pacientes es el pie plano valgo, llegando en algunas series al 89%; sin embargo, no se cuenta con datos de prevalencia de la inestabilidad del retropié y por lo tanto su influencia al realizar la marcha.

Debido a que no existen estudios que describan la inestabilidad del retropié al realizar la marcha en niños con Trisomía 21, y al presentarse, como afectan a las fuerzas de reacción al piso (FRP), nos planteamos la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo son las fuerzas de reacción al piso y la estabilidad del retropié en niños con Trisomía 21 comparado con niños sanos?

## **Justificación:**

Las alteraciones ortopédicas en la Trisomía 21 son frecuentes. Su alta prevalencia hace de suma relevancia investigarlos para así desarrollar programas de salud enfocados a su manejo.

La inestabilidad del retropié es una complicación frecuente en pacientes con Trisomía 21 debido principalmente a la hipotonía muscular e hiperlaxitud ligamentaria de base, reflejándose en la dinámica de la marcha. Esto compromete tanto la estabilidad del talón durante el contacto inicial como la generación del impulso debido a una deficiente progresión postero-anterior y medio-lateral de las fuerzas de reacción al piso.

De las investigaciones que se han realizado en cuanto a las alteraciones ortopédicas en niños con Trisomía 21, ninguna se centra en la inestabilidad del retropié, las repercusiones de éstas al realizar la marcha y ninguna se ha realizado en niños mexicanos.

El presente trabajo pretende describir si existen alteraciones en la estabilidad del retropié mediante mediciones radiográficas, cómo afecta ésta inestabilidad al realizar la marcha, específicamente al generar las FRP y compararlo con una población de características similares, no portadores de Trisomía 21.

Por lo tanto es importante elaborar un protocolo clínico-radiológico con el que podamos demostrar las variaciones resultantes en las FRP producto de las alteraciones en la alineación del retropié con el objetivo de mejorar la eficacia y eficiencia de la marcha; pudiendo impactar en el tiempo de estancia en nuestro centro.

## **Objetivo General:**

Medir las fuerzas de reacción al piso y la estabilidad del retropié en niños con Trisomía 21 comparado con niños sanos

## **Objetivos Específicos:**

1. Evaluar la alineación del retropié en niños con Trisomía 21 mediante mediciones radiográficas.
2. Cuantificar las fuerzas de reacción al piso medio-laterales en niños con Trisomía 21 mediante la plataforma de fuerza del laboratorio de análisis de marcha y movimiento.
3. Valorar las fuerzas de reacción al piso antero-posteriores en niños con Trisomía 21 mediante la plataforma de fuerza del laboratorio de análisis de marcha y movimiento.
4. Calcular las fuerzas de reacción al piso verticales en niños con Trisomía 21 mediante la plataforma de fuerza del laboratorio de análisis de marcha y movimiento.
5. Evaluar la alineación del retropié en niños sanos mediante mediciones radiográficas.
6. Cuantificar las fuerzas de reacción al piso medio-laterales en niños sanos mediante la plataforma de fuerza del Laboratorio de análisis de marcha y movimiento.

7. Valorar las fuerzas de reacción al piso antero-posteriores en niños sanos mediante la plataforma de fuerza del laboratorio de análisis de marcha y movimiento.
8. Calcular las fuerzas de reacción al piso verticales en niños sanos mediante la plataforma de fuerza del laboratorio de análisis de marcha y movimiento.
9. Comparar los resultados obtenidos



**Hipótesis de investigación:**

**HIPÓTESIS ALTERNA (H1):**

Existen diferencias de las fuerzas de reacción al piso y estabilidad del retropié en niños con Trisomía 21 comparados con niños sanos

**HIPÓTESIS NULA (H0):**

No existen diferencias de las fuerzas de reacción al piso y estabilidad del retropié en niños con Trisomía 21 comparados con niños sanos

## METODOLOGÍA

### VARIABLES:

Variable	Definición	Tipo	Operalización
Dependiente			
Fuerza de reacción medio-lateral	Fuerza que actúa en sentido medial durante la fase de apoyo unipodal y lateralmente durante el doble apoyo.	Cuantitativa	Newton/ kg
Fuerza de reacción antero-posterior	Fuerza paralela a la superficie de marcha que actúa en la línea de progresión de los sujetos.	Cuantitativa	Newton/ kg
Fuerza de reacción vertical	Fuerzas dirigidas perpendicular a la superficie de apoyo.	Cuantitativa	Newton/ kg
Independientes			
Ángulo tibio-astragalino	Formado por la intersección de los ejes longitudinales de la tibia y del astrágalo. Debe medirse con flexión dorsal y plantar máximas.	Cualitativa nominal	Normal = 90°-120°  Aumentado = >120°  Disminuido = <90°
Ángulo astrágalo-calcáneo (lateral)	Ángulo entre el eje de inclinación del eje medial del astrágalo y calcáneo.	Cualitativa nominal	Normal = 35°-50°  Aumentado = >50°

			Disminuido = <35°
Ángulo astrágalo-calcáneo (AP)	Formado por el eje longitudinal del astrágalo y calcáneo. El eje del astrágalo se continúa con el del primer metatarsiano. El eje del calcáneo pasa por dentro del cuarto metatarsiano o entre el cuarto y el quinto; también biseca al escafoides. El astrágalo y el calcáneo se superponen entre sí en la mitad o en un tercio.	Cualitativa nominal	Normal = 30-55°  Aumentado = >55°  Disminuido = <30°
Ángulo bimalleolar	Formado por la intersección de la línea que une el vértice de ambos maléolos con el eje diafisiario de la tibia. También recibe el nombre de ángulo talocrural.	Cuanlitativa nominal	Normal = 78-86°  Aumentado = >86°  Disminuido = <78°
Angulo Talo-crural	Formado por una línea paralela a la superficie articular de la tibia distal y una línea que conecta puntas de ambos maléolos	Cuanlitativa nominal	Normal = 8-15°  Aumentado = >15°

			Disminuido = < 8°
--	--	--	----------------------

### **Características del lugar donde se realizó el estudio**

Centro de Rehabilitación Infantil Teletón Estado de México. Niños que ingresaron al Centro previa valoración con cumplimiento de criterios de ingreso a la institución.

### **Diseño Metodológico**

Observacional, Prospectivo, Transversal y Comparativo.

### **Población:**

- Pacientes (grupo experimental): niños portadores de Trisomía 21 del CRIT Estado de México.
- Niños sanos (grupo control): niños menores de 7 años de Escuelas pertenecientes al municipio de Naucalpan de Juárez, Estado de México
- Muestra: es una muestra a conveniencia en la que se incluyeron 9 pacientes con Trisomía 21 y 9 niños sanos
- Comparación de muestras independientes: de acuerdo a edad y adquisición de madurez de la marcha.

## **Criterios de Selección casos:**

### **Criterios de inclusión**

- Pacientes con diagnóstico de Trisomía 21
- Pacientes que realicen marcha independiente
- Pacientes cuyos padres o tutores acepten participar en el protocolo y firmen el consentimiento informado
- Pacientes que tengan expediente activo en el CRIT
- Pacientes que sigan órdenes sencillas
- Pacientes menores de 7 años

### **Criterios de exclusión**

- Pacientes portadores de crisis convulsivas no controladas
- Pacientes con antecedentes de cirugías ortopédicas a nivel de los pies
- Pacientes con que presenten dificultades para realizar marcha independiente
- Pacientes con padecimientos cardiopulmonares descompensados
- Pacientes con patología grave asociada del aparato locomotor

### **Criterios de eliminación**

- Pacientes que abandonen el estudio
- Pacientes que no acudan a citas programadas
- Pacientes que sean dados de baja del CRIT durante la realización del protocolo

## **Criterios de Selección grupo control:**

### **Criterios de inclusión**

- Niños que realicen marcha independiente
- Niños cuyos padres o tutores acepten participar en el protocolo y firmen el consentimiento informado
- Niños que sigan órdenes sencillas
- Niños menores de 7 años

### **Criterios de exclusión**

- Niños con diagnóstico de Trisomía 21
- Niños portadores de crisis convulsivas no controladas
- Niños con antecedentes de cirugías ortopédicas a nivel de los pies
- Niños que presenten dificultades para realizar marcha independiente
- Niños con padecimientos cardiopulmonares descompensados
- Niños con patología grave asociada del aparato locomotor

### **Criterios de eliminación**

- Niños que deciden retirarse del estudio
- Niños que no acudan a las citas programadas

Previa autorización del Comité Local de Investigación y Ética; se estudiaron pacientes derechohabientes que cumplieron con los criterios de selección.

Se identificaron a los pacientes que cumplieron los criterios de inclusión por interrogatorio clínico y análisis de expediente clínico realizado por el médico.

El médico residente obtuvo de la base de datos, los teléfonos de los pacientes con diagnóstico de Trisomía 21 (grupo experimental) para invitarles a participar en el estudio mediante llamada telefónica, o bien mediante la localización de los pacientes en el centro y se les realizó la invitación de manera personal. Una vez que los padres o tutores aceptaron y autorizaron la participación de los pacientes así como la revisión del expediente clínico electrónico y que cumplieron con los criterios de selección, se les citó para entrevistarlos y pedirles que firmaran la carta de consentimiento informado (Anexo 3); haciendo mención que podían retirarse del mismo en cualquier momento que lo decidieran, y se le explicó la confidencialidad de la información personal, la cual fue protegida para no ser divulgada sin su consentimiento.

Se seleccionaron niños sanos (grupo control) de acuerdo a criterios de inclusión. Se obtuvieron los teléfonos para invitar a los padres o tutores a participar en el estudio. Una vez que los padres o tutores aceptaron y autorizaron la participación de los niños y que cumplieron con los criterios de selección, se les citó para entrevistarlos y pedirles que firmaran la carta de consentimiento informado (Anexo 3), haciendo mención que podían retirarse del mismo en cualquier momento que lo decidieran, así mismo, y se le explicó la confidencialidad de la información personal, la cual fue protegida para no ser divulgada sin su consentimiento.

Se agendó una cita para análisis de movimiento en el CRIT Estado de México en donde se evaluaron los siguientes datos (Anexo 1):

- En un inicio pasaron al servicio de enfermería en donde se les pidió a los padres de los pacientes que les retiraran la ropa exterior y les colocaran la bata de exploración. Se realizó toma de peso en báscula de silla marca SECA. Posteriormente se les pidió

a los pacientes que se recostaran en la camilla de exploración para la toma de talla mediante cinta métrica.

- Se les pidió a los pacientes que pasaran al laboratorio de marcha, en donde se les realizó la medición de longitud de los miembros pélvicos mediante cinta métrica y evaluación podoscópica mediante podoscopio convencional.
- Se les pidió que realizaran marcha independiente, la cual realizaron descalzos, caminando a su velocidad preferida, hasta la obtención de al menos 2 capturas válidas de la marcha, pasando por la plataforma de fuerza.

Posteriormente, se agendó nueva cita para acudir con el gestor administrativo quien realizó hoja de autorización para asistir a Laboratorio Chopo Arboledas para la realización de proyecciones radiográficas, en donde se realizaron radiografías en proyección antero-posterior y lateral de ambos pies y antero-posterior de tobillo en bipedestación.

El médico residente se encargó de recabar la totalidad de las placas de radiografías y junto con la Dra. Especialista en Radiología, adscrito al Centro de Rehabilitación Infantil Teletón se encargaron de la medición de las mismas y captura de datos; evaluando los siguientes datos (Anexo 2):

- Ángulo tibio-astragalino (lateral)
- Ángulo astrágalo-calcáneo (AP y lateral)
- Ángulo bimalleolar
- Ángulo talo crural

Posteriormente se obtuvieron los datos, se colocaron en un documento de Excel para su análisis e interpretación.

Se obtuvieron los datos con el software smart analyser y se realizó el análisis estadístico con el paquete GraphPad Prism 4 para la comparación de medias de acuerdo a medición de las variables.



## Resultados:

Se incluyeron 9 niños con diagnóstico de Trisomía 21 (grupo experimental) con una edad promedio de  $3.7 \pm 0.76$  años y 9 niños sanos (grupo control) con una edad promedio de  $5.5 \pm 1.85$  años, ambos géneros. Se utilizó el paquete estadístico GraphPad Prism 4 para la comparación de medias y análisis de variables descriptivas, entre ambos grupos, mediante la prueba de Wilcoxon.

Se realizó comparación de medias entre el grupo experimental (GE) y el grupo control (GC) de los siguientes ángulos: tibio-astragalino-lateral, astrágalo-calcáneo antero-posterior, astrágalo-calcáneo lateral, bimalleolar y talo-crural.

Se identificó que el ángulo tibio-astragalino lateral fue normal en el 100% del GC, mientras que en el GE se encontró: normal en el 56% y aumentado en 44%. (Cuadro 1).

El ángulo astrágalo-calcáneo lateral se encontró aumentado en el 100% del GE, mientras que en el GC se encontró aumentado en el 78% y normal en 22% ( $P = 0.0117$ ). (Cuadro 1).

El ángulo bimalleolar se encontró disminuido en el 100% del GC, en comparación con el GE en el cual se encontró normal en el 67%, disminuido en el 22% y aumentado en el 11% ( $P = 0.0039$ ). (Cuadro 1).

El ángulo talo crural, se encontró aumentado en el 88% y normal en el 11% del GC, mientras que en el GE se encontró normal en el 78% y aumentado en el 22% ( $P = 0.0078$ ). (Cuadro 1).

El ángulo astrágalo calcáneo antero-posterior en el GC se encontró disminuido en el 67% y normal en 33%, mientras que en el GE se encontró: disminuido en 89% y normal en 11%. (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ángulos radiográficos

	TIBIO ASTRAGALINO		ASTRAGALO CALCANEOS LATERAL		BIMALEOLAR		TALOCRURAL		ASTRAGALO CALCANEOS ANTEROPOSTERIOR	
	GE	GC	GE	GC	GE	GC	GE	GC	GE	GC
Media	118° (±12.78)	111° (±3.10)	57° (±3.64)	52° (±5.54)	80° (±4.89)	71° (±2.12)	14° (±2.69)	22° (±3.21)	27° (±4.26)	21° (±5.66)
P	0.25		0.0117**		0.0039**		0.0078**		0.1641	

\*\*P<0.05 \* GE: grupo experimental \* GC: grupo control

Se realizó comparación de medias entre el grupo experimental (GE) y el grupo control (GC) de las siguientes fuerzas de reacción al piso (FRP): vertical, medio-lateral y antero-posterior.

En relación a la FRP medio-lateral se presentó un pico máximo que llamamos P1 asociado a la supinación del pie, un valor mínimo llamado P2 asociado a la pronación del pie, y otro pico máximo llamado P3 asociado al regreso a la supinación del pie.

En el P1 de la FRP medio lateral (Fig. 1), se obtuvo una media en el GE de 10.94 (±3.68) N/kg y en el GC de 6.78 (±2.44) N/kg (P = 0.031). (Cuadro 2).

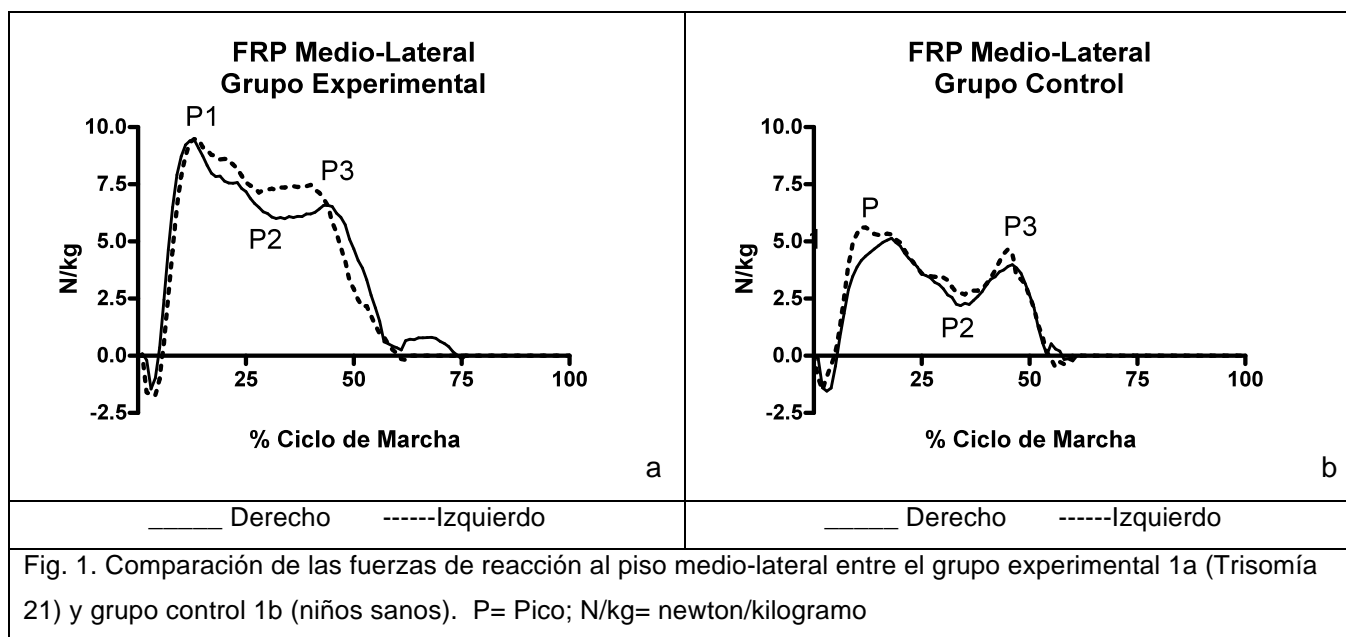
En el P2 de la FRP medio-lateral (Fig. 1), se obtuvo una media en el GE de 7.25 (±3.34) N/kg y en el GC de 1.7 (± 2.12) N/kg (P = 0.04). (Cuadro 2).

En el P3 de la FRP medio-lateral (Fig. 1), se obtuvo una media en el GE de 8.96 (±3.38) N/kg y en el GC de 4.22 (± 2.17) N/kg (P = 0.04). (Cuadro 2).

Cuadro 2. Fuerzas de reacción al piso Medio-lateral

	ML P1		ML P2		ML P3	
	GE	GC	GE	GC	GE	GC
Media	10.94 ( $\pm 3.68$ )	6.78 ( $\pm 2.44$ )	7.25 ( $\pm 3.34$ )	1.7 ( $\pm 2.12$ )	8.96 ( $\pm 3.38$ )	4.22 ( $\pm 2.17$ )
P	0.031**		0.04**		0.04**	

\*\*P=<0.05 \* GE: grupo experimental \* GC: grupo control \*ML: medio-lateral



En relación a la FRP vertical, se obtuvo un pico máximo que llamamos P1 asociado a la absorción, un valor mínimo llamado P2 asociado a la progresión, y otro pico máximo llamado P3 asociado a la propulsión.

En la FRP vertical en el P1 (Fig. 2), se obtuvo una media en el GE de 96.71 ( $\pm 4.87$ ) N/kg y en el GC de 103.7 ( $\pm 5$ ) N/kg (P = 0.0078). (Cuadro 3).

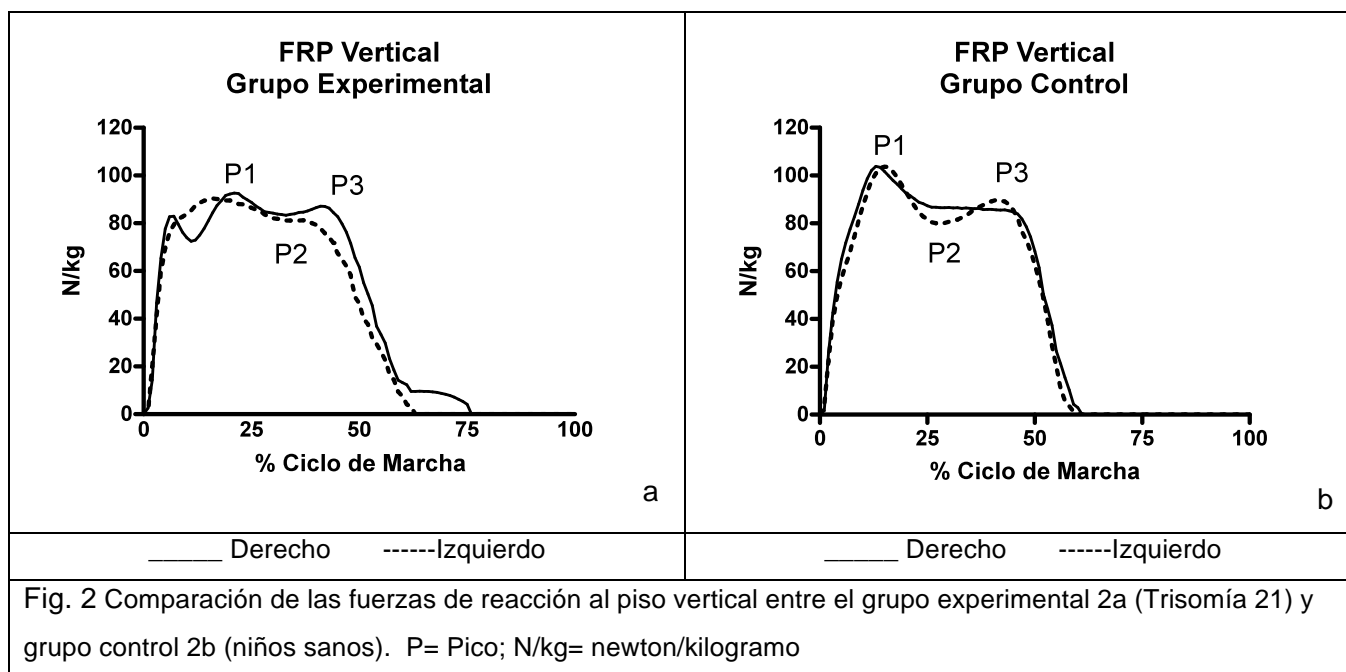
En la FRP vertical en el P2 (Fig. 2), se obtuvo una media en el GE de 80.03 ( $\pm 3.1$ ) N/kg y en el GC de 78.28 ( $\pm 7.53$ ) N/kg. (Cuadro 3).

En la FRP vertical en el P3 (Fig. 2), se obtuvo una media en el GE de 88.41 ( $\pm 5.42$ ) N/kg y en el GC de 95.84 ( $\pm 5.31$ ) N/kg. (Cuadro 3).

Cuadro 3. Fuerzas de reacción al piso Vertical

	Vertical P1		Vertical P2		Vertical P3	
	GE	GC	GE	GC	GE	GC
Media	96.71 ( $\pm 4.87$ )	103.7 ( $\pm 5$ )	80.03 ( $\pm 3.1$ )	78.28 ( $\pm 7.53$ )	88.41 ( $\pm 5.42$ )	95.84 ( $\pm 5.31$ )
P	0.0078**		0.6048		0.0625	

\*\*P<0.05 \* GE: grupo experimental \* GC: grupo control



En relación a la FRP antero-posterior se obtuvieron 2 picos. Un pico máximo negativo que llamamos P1 asociado a la absorción, y otro pico máximo positivo llamado P3 asociado a la propulsión.

En la FRP antero-posterior en el P1 (Fig. 3), se obtuvo una media en el GE de -15 ( $\pm 5.44$ ) N/kg y en el GC de -13.67 ( $\pm 3.93$ ) N/kg. (Cuadro 4).

En la FRP antero-posterior en el P3 (Fig. 3), se obtuvo una media en el GE de 11.03 ( $\pm 2.57$ ) N/kg y en el GC de 15.82 ( $\pm 3.23$ ) N/kg ( $P = 0.0028$ ). (Cuadro 4).

Cuadro 4. Fuerzas de reacción al piso antero-posterior

	AP P1		AP P3	
	GE	GC	GE	GC
Media	-15 ( $\pm 5.44$ )	-13.67 ( $\pm 3.93$ )	11.03 ( $\pm 2.57$ )	15.82 ( $\pm 3.23$ )
P	0.2973		0.0028**	

\*\* $P < 0.05$  \* GE: grupo experimental \* GC: grupo control \* AP: antero-posterior

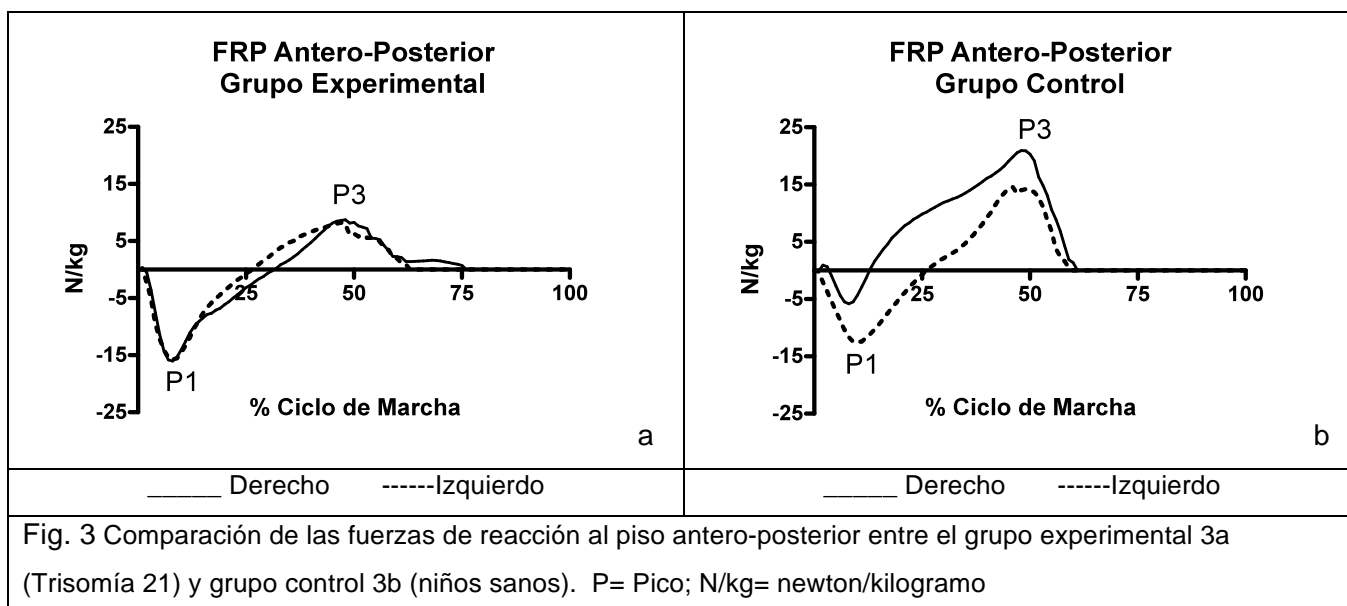


Fig. 3 Comparación de las fuerzas de reacción al piso antero-posterior entre el grupo experimental 3a (Trisomía 21) y grupo control 3b (niños sanos). P= Pico; N/kg= newton/kilogramo

## Discusión:

La medición del retropié mediante el uso de rayos X se utiliza a menudo para evaluar su alineación siendo la vista AP del tobillo en carga de peso la más ampliamente utilizada,<sup>12</sup> sin embargo, se sugiere realizar complementariamente evaluaciones laterales para la visualización del astrágalo y del calcáneo.

Ikoma K., menciona que existe una buena correlación entre la evaluación clínica y las mediciones radiográficas en relación a la alineación del retropié. Sin embargo, los métodos radiográficos no son específicos.<sup>12</sup>

En relación a los ángulos astrágalo calcáneo lateral (articulación subastragalina), bimalleolar (mortaja astragalina) y talocrural (longitud del peroné), nuestro estudio mostró su involucramiento y que en conjunto pueden reflejar datos indirectos de inestabilidad.

Reilingh M. et al. y Buck F. et al., establecen que la proyección axial bilateral y la axial posterior son más fiables para la medición de la alineación del retropié en comparación con otras; sin embargo, éstas no se realizan en nuestro medio.<sup>9, 10</sup>

Recordando, las FRP nos permiten analizar: la absorción e impulso (FRP vertical), el frenado y propulsión (FRP antero-posterior), y la resistencia a la prono-supinación del pie (FRP medio-lateral).

En nuestro grupo experimental, los 3 picos de las FRP mediales mostraron una magnitud mayor en comparación con el grupo control lo que traduce una mayor prono-supinación del pie en los niños con Trisomía 21, coincidiendo por lo referido por Maza V., quien menciona que el aumento en el ancho de paso en los pacientes con Trisomía 21 puede ser la causa de una mayor fricción lateral con la generación de un vector medial de mayor amplitud que se opone a esta progresión.<sup>6</sup>

Greer N., sugiere que un valor más alto de la FRP medial puede reflejar un menor soporte del mediopié durante la carga de peso en la fase de apoyo lo cual puede ser indicativo de un patrón de marcha inmaduro o inestable.<sup>20</sup>

Normalmente, el papel del mediopié en la transmisión de la carga del talón al antepié es mínima; sin embargo en los niños con Trisomía 21 existe una mayor participación del mediopié, ocasionando inestabilidad y por lo tanto mal apoyo.<sup>6</sup>

En la FRP vertical, el estudio mostró una muesca inicial en el grupo experimental, que sugiere una mala regulación del retropié a la absorción durante el contacto inicial, el cual no se observó en el grupo control, y que puede asociarse a la inestabilidad del retropié. Así mismo, se observó que los picos 2 y 3 no muestran diferencias entre ambos grupos.

Greer N., menciona que el pico 1 de la FRP vertical en los niños sanos tienden a presentar una magnitud mayor en relación a la magnitud del pico 3,<sup>20</sup> lo cual fue observado en nuestro estudio en el grupo control. Sin embargo, notamos que los valores del pico 1 en el grupo control no mostraron diferencias significativas en comparación con el grupo experimental. Finalmente, tampoco se observaron diferencias en los picos P2 (desaceleración) y P3 (propulsión) entre ambos grupos.

El pico 3 de las variables que definen la FRP vertical muestran una relación directa con la velocidad de marcha, induciendo un aumento significativo en la fuerza de propulsión,<sup>20</sup> sin embargo, en nuestro estudio la velocidad no varió de forma significativa entre ambos grupos, por lo que, estas diferencias en el P3 entre los grupos control y experimental pueden asociarse mas a una falta de integración del impulso que a la velocidad de desplazamiento. Aunque no se encontraron diferencias significativas en la FRP vertical en niños con Trisomía 21 en comparación con niños sanos, los valores promedio fueron menores en el grupo experimental. Todo esto nos lleva a pensar que el paciente con Trisomía 21 tiene deficientes mecanismos de estabilidad para llevar a cabo una mejor absorción del impacto lo cual puede estar asociado a hipotonía muscular e hiperlaxitud ligamentaria.<sup>6</sup>

El pico 2 de la FRP vertical, fue menor a los esperado en los pacientes del grupo experimental, lo que está relacionado a mecanismos deficientes de desaceleración en los niños con Trisomía 21.

El estudio mostró una mayor magnitud en el P1 de la FRP antero-posterior, relacionado a una mejor propulsión por parte del grupo control en comparación con el grupo experimental. Mientras que el pico máximo negativo (P3), asociado al frenado, fue similar en ambos grupos.

Greer N., refiere que los niños sanos realizan una fuerza de frenado excesiva y una rápida transición del frenado a la propulsión.<sup>20</sup> Los resultados del presente estudio apoyan estas observaciones, sin embargo, los niños con Trisomía 21 mostraron una mayor magnitud del pico 3, posiblemente secundario a su inestabilidad. Los niños sanos sí realizaron una mejor propulsión que el grupo experimental.

Muchas variables de la FRP están relacionadas con la velocidad al caminar y la longitud de paso,<sup>20</sup> lo cual no impactó en las FRP de ambos grupos de nuestro estudio.

En los niños con Trisomía 21 es característica una mayor duración de la fase de apoyo relacionado a la necesidad de una mayor estabilidad, asociado al incremento en el ancho de paso, lo cual se vio reflejado principalmente en la FRP medio-lateral por parte del grupo experimental.<sup>6</sup>



**Conclusión:**

El estudio mostró diferencias de las fuerzas de reacción al piso y radiográficas en niños con Trisomía 21 respecto a los niños sanos, éstas apoyan nuestra hipótesis en relación a la inestabilidad del retropié en niños con Trisomía 21.

El registro de las fuerzas de reacción al piso asociada a métodos radiográficos nos proporcionan herramientas útiles para la evaluación de la inestabilidad de retropié y recomendables en el seguimiento del tratamiento de rehabilitación.

## FACTIBILIDAD Y ASPECTOS ÉTICOS

Se tomaron los lineamientos éticos del Centro de Rehabilitación Infantil Teletón basados en la nueva versión de Helsinki, Finlandia.

Así como la **NORMA Oficial Mexicana NOM-012-SSA3-2012**, Que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos, mencionando como puntos relevantes:

- **5.5** Toda investigación debe garantizar que no expone al sujeto de investigación a riesgos innecesarios y que los beneficios esperados son mayores que los riesgos predecibles, inherentes a la maniobra experimental.
  - En el caso de investigaciones en menores de edad o incapaces, se deberá considerar lo señalado en los artículos 38 y 39 del Reglamento.
- **5.6** Para la autorización de una investigación, conforme al objetivo y campo de aplicación de esta norma, el proyecto o protocolo de investigación debe describir con amplitud los elementos y condiciones que permitan a la Secretaría, evaluar la garantía de seguridad de los sujetos de investigación, en su caso, podrá observar las Buenas Practicas de investigación clínica.
- **5.7** Toda investigación debe garantizar de manera clara, objetiva y explícita, la gratuidad de la maniobra experimental para el sujeto de investigación, lo cual deberá ser considerado en el presupuesto de la investigación.
- **5.8** En todo proyecto o protocolo de investigación, se deberá estimar su duración, por lo que es necesario que se anoten las fechas tentativas de inicio y término, así como el periodo calculado para su desarrollo.
- **5.9** Las condiciones descritas en el proyecto o protocolo de investigación, incluyendo las fechas estimadas de inicio y término, así como el número necesario de sujetos de investigación, serán considerados requisitos indispensables para la autorización de una investigación para la salud en seres humanos.
- **5.10** La justificación de los proyectos o protocolos de investigación que se presente con la solicitud de autorización de una investigación para la salud en seres humanos, debe incluir: la información y elementos técnicos suficientes para suponer, que los conocimientos que se pretenden adquirir, no es posible obtenerlos por otro medio.

- **5.11** El investigador principal, así como los demás profesionales y técnicos de la salud que intervengan en una investigación, deberán cumplir en forma ética y profesional las obligaciones que les impongan la Ley General de Salud y el Reglamento, así como esta norma.
- **5.12** En toda investigación, los expedientes de los sujetos de investigación serán considerados expedientes clínicos, por lo que se deberá cumplir con lo señalado en la Norma Oficial Mexicana
- **10.1** La conducción de toda investigación de conformidad con esta norma, estará a cargo del investigador principal, el cual deberá ser un profesional de la salud con la formación académica y experiencia probada en la materia, que le permitan dirigir la investigación que pretenda realizar.
- **10.4.1** Para cada investigador principal o asociado, especificar si está adscrito a la institución o establecimiento, cargo o función, horas/semana que dedicará al proyecto o protocolo de investigación, máximo grado académico, el lugar e institución en que se obtuvo (nacional o extranjera) así como la disciplina; si es el caso, categoría en el Sistema Nacional de Investigadores (investigador nacional o candidato).
- **10.6** Al formular la carta de consentimiento informado en materia de investigación, el investigador debe cerciorarse de que ésta cumpla con los requisitos y supuestos que se indican en el Reglamento, cuidando que se hagan explícitas la gratuidad para el sujeto de investigación.
- **10.8** Es responsabilidad del investigador principal informar al sujeto de investigación, al familiar, tutor o representante legal, durante el desarrollo de la investigación, acerca de las implicaciones de cada maniobra experimental y de las características de su padecimiento.
- **10.9** El investigador debe informar al Comité de Ética en la Investigación de todo efecto adverso probable o directamente relacionado con la investigación.
- **11.2** El sujeto de investigación, sus familiares, tutor o representante legal, tienen el derecho de retirar en cualquier tiempo, su consentimiento para dejar de participar en la investigación de que se trate, en el momento que así se solicite. Cuando esto suceda, el investigador principal debe asegurar que el sujeto de investigación continúe recibiendo el cuidado y tratamiento sin costo alguno, hasta que se tenga la certeza de que no hubo daños directamente relacionados con la investigación.

- **11.2.1** En su caso, el investigador principal también podrá retirar al sujeto de investigación para que deje de participar en ella, si considera que durante el desarrollo de dicha investigación, el riesgo es mayor que el beneficio y que por tal motivo obligue a su retiro.
- **11.3** La carta de consentimiento informado es requisito indispensable para solicitar la autorización de un proyecto o protocolo de investigación, por lo que deberá cumplir con las especificaciones que se establecen en los artículos 20, 21 y 22 del Reglamento.
  - En los casos de investigaciones sin riesgo o con riesgo mínimo, la carta de consentimiento informado no será un requisito para solicitar la autorización del proyecto o protocolo de investigación.
- **11.5** En la investigación, queda prohibido cobrar cuotas de recuperación a los sujetos de investigación, sus familiares o representante legal, por participar en ella.
- **11.7** Todo sujeto de investigación tiene derecho a la protección de sus datos personales al acceso, rectificación y cancelación de los mismos, así como a manifestar su oposición, en los términos que fijen la ley, la cual establecerá los supuestos de excepción a los principios que fijen el tratamiento de datos, por razones de seguridad nacional, disposiciones de orden público, seguridad y salud pública para proteger los derechos de terceros.
- **12.3** El investigador principal y los Comités en materia de investigación para la salud de la institución o establecimiento, deben proteger la identidad y los datos personales de los sujetos de investigación, ya sea durante el desarrollo de una investigación, como en las fases de publicación o divulgación de los resultados de la misma, apegándose a la legislación aplicable específica en la materia.

Y la **NORMA Oficial Mexicana NOM-004-SSA3-2012**, Del expediente clínico, mencionando como puntos relevantes:

- **5.5** Para efectos de manejo de información, bajo los principios señalados en el numeral anterior, dentro del expediente clínico se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- Los datos personales contenidos en el expediente clínico, que posibiliten la identificación del paciente, en términos de los principios científicos y éticos que orientan la práctica médica, no deberán ser divulgados o dados a conocer.
- Cuando se trate de la publicación o divulgación de datos personales contenidos en el expediente clínico, para efectos de literatura médica, docencia, investigación o fotografías, que posibiliten la identificación del paciente, se requerirá la autorización escrita del mismo, en cuyo caso, se adoptarán las medidas necesarias para que éste no pueda ser identificado.
- **5.5.1** Datos proporcionados al personal de salud, por el paciente o por terceros, mismos que, debido a que son datos personales son motivo de confidencialidad, en términos del secreto médico profesional y demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables. Únicamente podrán ser proporcionados a terceros cuando medie la solicitud escrita del paciente, el tutor, representante legal o de un médico debidamente autorizado por el paciente, el tutor o representante legal
- **5.6** Los profesionales de la salud están obligados a proporcionar información verbal al paciente, a quién ejerza la patria potestad, la tutela, representante legal, familiares o autoridades competentes.
- **10** Otros documentos
- Además de los documentos mencionados, debido a que sobresalen por su frecuencia, pueden existir otros del ámbito ambulatorio u hospitalario que por ser elaborados por personal médico, técnico o administrativo, obligatoriamente deben formar parte del expediente clínico:
- **10.1** Cartas de consentimiento informado.
  - **10.1.1** Deberán contener como mínimo:
    - **10.1.1.1** Nombre de la institución a la que pertenezca el establecimiento, en su caso;
    - **10.1.1.2** Nombre, razón o denominación social del establecimiento;
    - **10.1.1.3** Título del documento;
    - **10.1.1.4** Lugar y fecha en que se emite;
    - **10.1.1.5** Acto autorizado;

- **10.1.1.6** Señalamiento de los riesgos y beneficios esperados del acto médico autorizado;
- **10.1.1.7** Autorización al personal de salud para la atención de contingencias y urgencias derivadas del acto autorizado, atendiendo al principio de libertad prescriptiva; y
- **10.1.1.8** Nombre completo y firma del paciente, si su estado de salud lo permite, en caso de que su estado de salud no le permita firmar y emitir su consentimiento, deberá asentarse el nombre completo y firma del familiar más cercano en vínculo que se encuentre presente, del tutor o del representante legal;
- **10.1.1.9** Nombre completo y firma del médico que proporciona la información y recaba el consentimiento para el acto específico que fue otorgado, en su caso, se asentarán los datos del médico tratante.
- **10.1.1.10** Nombre completo y firma de dos testigos.
- **10.1.2** Los eventos mínimos que requieren de cartas de consentimiento informado serán:
  - **10.1.2.6** Investigación clínica en seres humanos.
  - **10.1.2.8** Procedimientos diagnósticos y terapéuticos considerados por el médico como de alto riesgo.
- **10.1.3** El personal de salud podrá obtener cartas de consentimiento informado adicionales a las previstas en el numeral 10.1.2, cuando lo estime pertinente, sin que, para ello sea obligatorio el empleo de formatos impresos.

Se incluyó hoja de consentimiento informado a los participantes del estudio donde se especificaron los objetivos del estudio, manteniéndose la confidencialidad de los datos y manteniéndose en resguardo únicamente del investigador principal.

La Ley General de Salud en materia de investigación para la salud en México en el TÍTULO SEGUNDO de los aspectos éticos de la investigación en seres humanos CAPÍTULO I Disposiciones comunes ARTÍCULO 14 La investigación en seres humanos deb desarrollarse conforme a las siguientes bases: I. ARTICULO 17.- Se considera como riesgo de la investigación a la probabilidad de que el sujeto de investigación sufra algún daño como

consecuencia inmediata o tardía del estudio. Para efectos de este Reglamento, esta investigación se clasifica en la siguiente categoría:

- I. Investigación con riesgo mínimo: Estudios prospectivos que emplean el riesgo de datos a través de procedimientos comunes en exámenes físicos o psicológicos de diagnósticos o tratamiento rutinarios, entre los que se consideran: pesar al sujeto, pruebas de agudeza auditiva; electrocardiograma, termografía, colección de excretas y secreciones externas, obtención de placenta durante el parto, colección de líquido amniótico al romperse las membranas, obtención de saliva, dientes deciduales y dientes permanentes extraídos por indicación terapéutica, placa dental y cálculos removidos por procedimiento profilácticos no invasores, corte de pelo y uñas sin causar desfiguración, extracción de sangre por punción venosa en adultos en buen estado de salud, con frecuencia máxima de dos veces a la semana y volumen máximo de 450 MI. en dos meses, excepto durante el embarazo, ejercicio moderado en voluntarios sanos, pruebas psicológicas a individuos o grupos en los que no se manipulará la conducta del sujeto, investigación con medicamentos de uso común, amplio margen terapéutico, autorizados para su venta, empleando las indicaciones, dosis y vías de administración establecidas y que no sean los medicamentos de investigación que se definen en el artículo 65 de este Reglamento, entre otros, y la información será manejada confidencialmente.

## **Recursos humanos, físicos y materiales**

### **Humanos**

1. Médico residente de 4º año de la especialidad en Medicina de Rehabilitación del Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Estado de México.
2. Médico especialista en Medicina de Rehabilitación con posgrado en Rehabilitación Pediátrica. Adscrito al Laboratorio de Movimiento del Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Estado de México.
3. Ingeniero Industrial con especialidad en Electrónica; Maestro y Doctor en Ciencias, Adscrito al Laboratorio de Movimiento Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Estado de México.
4. Médico especialista en Radiología. Adscrito al Centro de Rehabilitación Infantil Teletón, Estado de México.

### **Físicos**

1. Equipo de computación con programa de software para recolección de datos del expediente clínico (SCRIT)
2. Computadora portátil marca MacBook Air para recopilación de datos
3. Hojas blancas donde se imprimirán los anexos para la recolección de datos

### **Materiales**

1. Laboratorio de análisis de movimiento
2. Equipo de marcha BTS smart-D, con software smart analyser
3. Proyecciones radiográficas antero-posterior y lateral de ambos pies y antero-posterior de tobillo en bipedestación



4. Mesa de exploración
5. Báscula de silla marca SECO
6. Cinta métrica
7. Podoscopio convencional

## Referencias:

- 1) Marco C. Cinesiología de la Marcha Humana Normal. 1-14
- 2) Vázquez M, Rodríguez A, Arroyo A, Benjumea A. Desalineaciones de los miembros inferiores en niños con síndrome de Down. *Fisioterapia* 2012; 10:140-145.
- 3) Lacuesta J. Biomecánica de la marcha humana normal y patológica. España: Instituto de Biomecánica de Valencia; 2005.
- 4) Wade C, Redfern, M. Ground Reaction Forces During Human Locomotion on Railroad Ballast. *Journal of Applied Biomechanics* 2007; 23:322-329.
- 5) Winiarski S, Rutkowska A. Estimated ground reaction force in normal and pathological gait. *Acta of Bioengineering and Biomechanics* 2009; 11:53-60.
- 6) Maza V, Villarroya M, Moros T, Meléndez C, Casajús J. Apoyos plantares durante la marcha de niños/ adolescentes con síndrome de Down. *Biomecánica* 2009; 17:52-59.
- 7) Alarcón A, Salcedo C. Trastornos ortopédicos en niños con síndrome de Down. *Rev Esp Pediatr* 2012; 68:424-428.
- 8) Gutierrez J. Atlas de mediciones radiográficas en ortopedia y traumatología. 1ª ed. México, D.F: McGraw-Hill Interamericana; 1999.

- 9) Reilingh M, Beimers L, Tuijthof G, Stufkens S, Maas M, Dijk C. Measuring hindfoot alignment radiographically: The long axial view is more reliable than the hindfoot alignment view. *Skeletal Radiol*, 2010; 39:1103-1108.
- 10) Buck F, Hoffmann A, Mamisch-Saupe N, Espinosa N, Resnick D, Hodler J. Hindfoot Alignment Measurements: Rotation-Stability of Measurement Techniques on Hindfoot Alignment View and Long Axial View Radiographs. *AJR*, 2011; 197: 578-582.
- 11) Keats T, Siström C. *Atlas de medidas radiológicas*. 7a ed. Madrid: Harcourt; 2002.
- 12) Ikoma K, Noguchi M, Nagasawa K, Maki M, Kido M, Hara Y, Kubo T. A new radiographic view of the hindfoot. *Journal of Foot and Ankle Research*. 2013; 48: 46-48.
- 13) Neumann D, Rowan E. *Cinesiología del sistema musculoesquelético: Fundamentos de la rehabilitación física*. 1a ed. Badalona, España: Paidotribo; 2007.
- 14) Liu T, Inoue Y, Shibata K. A Wearable Ground Reaction Force Sensor System and Its Application to the Measurement of Extrinsic Gait Variability. *Sensors* 2010; 10:10240-10255.
- 15) Villa A, Gutiérrez E, Pérez J. Consideraciones para el análisis de la marcha humana. *Técnicas de videogrametría, electromiografía y dinamometría*. *Revista Ingeniería Biomédica* 2008; 2:16-26.
- 16) Wu J, Looper J, Ulrich D, Angulo-Barroso R. Effects Of Various Treadmill Interventions On The Development Of Joint Kinematics In Infants With Down Syndrome. *Physical Therapy* 2010; 90:1265-1276.

- 17) Preis S, Klemms A, Müller K. Gait analysis by measuring ground reaction forces in children: Changes to an adaptive gait pattern between the ages of one and five years. *Developmental Medicine & Child Neurology* 1997; 39:228-233.
- 18) Diop M, Rahmani A, Belli A, Gautheron V, Geysant A, Cottalorda J. Influence of speed variation and age on the asymmetry of ground reaction forces and stride parameters of normal gait in children. *Journal of Pediatric Orthopaedics* 2004; 13:308-314.
- 19) Neugebauer J, Hawkins D, Beckett L. Estimating youth locomotion ground reaction forces using an accelerometer-based activity monitor. *PLoS ONE* 2012; 7:1-7.
- 20) Greer N, Hamill J, Campbell K. Ground Reaction Forces in Children's Gait. *Pediatric Exercise Science* 1989; 1:45-53.
- 21) Janz K, Rao S, Baumann H, Schultz J. Measuring children's vertical ground reaction forces with accelerometry during walking, running, and jumping: The Iowa bone development study. *Pediatric Exercise Science* 2003; 15:34-43.

## Calendarización

### Cronograma de actividades

Actividad	Mes							
		JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
Elección del tema	Programado	X						
	Realizado	X						
Búsqueda de información	Programado		X					
	Realizado		X					
Inicio del protocolo de investigación (marco teórico)	Programado			X				
	Realizado			X				
Continuación con el protocolo de investigación	Programado				X			
	Realizado				X			
Presentación y autorización por el comité	Programado				X			
	Realizado				X			
Inicio de la investigación	Programado					X		
	Realizado					X		
Análisis de datos	Programado						X	
	Realizado						X	
Resultados y conclusiones	Programado						X	
	Realizado						X	

## **ANEXO 1**

### **HOJA DE CAPTURA DE DATOS**

Número de registro:

Número de expediente:

Fecha de realización laboratorio de marcha:

#### A. Datos del paciente

Edad:

Fecha de nacimiento:

Sexo:

Diagnóstico de base:

Peso:

Talla:

Longitud de miembros pélvicos:

Contractura de Flexores de cadera:

Contractura de Isquiotibiales:

Contractura de Tríceps sural:

Tracks:

## ANEXO 2

### HOJA DE CAPTURA DE DATOS

Número de registro:

Número de expediente:

Fecha de realización proyecciones radiográficas:

#### A. Datos del paciente

Edad:

Sexo:

Diagnóstico de base:

<b>Medición</b>	<b>Derecho</b>	<b>Izquierdo</b>	<b>Normalidad</b>
Ángulo tibio-astragalino (lateral)			
Ángulo astrágalo-calcáneo (AP)			
Ángulo talo-crural			
Ángulo bimalleolar			
Ángulo astrágalo-calcáneo (lateral)			

### ANEXO 3

#### **CARTA CONSENTIMIENTO BAJO INFORMACIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En la ciudad de Tlalnepantla, Estado de México a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ y con fundamento en los artículos 80 y 81 del Reglamento de la Ley General de Salud en materia de Prestación de Servicios de Atención Médica en las normas y procedimientos de la medicina en general y en los lineamientos y políticas propias de la Fundación Teletón México AC. Se otorga la presente:

Autorización y consentimiento informado para la realización del proyecto de investigación, que otorgan, como el “paciente”, el (la) menor \_\_\_\_\_ con número de expediente \_\_\_\_\_ y con diagnóstico de \_\_\_\_\_ y como responsable de “el paciente”; el (la) señor (a) \_\_\_\_\_ expresamente a Fundación Teletón México A.C (en lo sucesivo “la fundación”), y al profesional del área médica \_\_\_\_\_, en los siguientes términos:

- I. Título del proyecto de investigación: Análisis de las fuerzas de reacción al piso y estabilidad del retropié en niños con Trisomía 21 comparado con niños sanos.
- II. Aceptamos y autorizamos que se lleve a cabo la investigación de “el paciente”, que se hace referencia en el punto anterior.
- III. Manifestamos que el profesional del área médica (investigador nos ha informado veraz y oportunamente del proyecto de investigación lo siguiente:
  - a) La explicación de lo que supone la experiencia y las posibles consecuencias o riesgos que pueden derivarse de la participación de “El paciente” y su familia en la investigación.



- b) La descripción de los objetivos de investigación: Evaluar las fuerzas de reacción al piso y estabilidad el retropié en niños con Trisomía 21 comparado con niños sanos
  - c) Las características básicas del diseño de investigación: realizar laboratorio de movimiento, proyecciones radiográficas, obtención de datos clínicos.
  - d) Revisión del expediente clínico de “El paciente”.
  - e) Entiendo además los beneficios que el presente estudio posee para el cuidado y tratamiento de “El paciente”.
  - f) Preguntar en cualquier momento de la investigación las dudas que surjan.
- IV. Es de nuestro conocimiento que seremos libres de retirarnos de la presente investigación en el momento en el que así se desee o bien de no contestar algún cuestionamiento sin que se afecte la atención que recibimos de “la fundación” como paciente.
- V. Aceptamos y autorizamos a “la fundación” a usar y explotar los resultados según convenga a los intereses de “la fundación”, y que tenga como objetivo la investigación y avance de la ciencia.
- Por lo anterior en este acto, cedemos a favor de “la fundación” en ningún caso y bajo ningún concepto tendrá la obligación de pagarnos cantidad alguna o regalías u otorgarnos algún apoyo económico.
- VI. Que se nos ha explicado en forma expresa, clara y precisa el contenido del presente documento, así como sus alcances y fines.

### **PACIENTE RESPONSABLE DEL PACIENTE**

Nombre, Firma y/o huella  
de “El paciente”

Nombre y Firma Parentesco

**PROFESIONAL DEL AREA MÉDICA  
INVESTIGADOR**

Nombre

Cedula profesional/ Especialidad

**TESTIGO**

Nombre y firma

**TESTIGO**

Nombre y firma