



**Universidad Católica de la Santísima Concepción**  
**Facultad de Medicina**  
**Carrera de Kinesiología**

**ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA CINEMÁTICA TRIDIMENSIONAL DEL TOBILLO  
DURANTE LA MARCHA EN LA POBLACIÓN PEDIÁTRICA CON SOBREPESO U  
OBESIDAD. ESTUDIO TRANSVERSAL**

**Tesis presentada a la Facultad de Medicina de la Universidad Católica de la  
Santísima Concepción para optar al grado académico de Licenciado en  
Kinesiología.**

**AUTORES: Sr. Simón Ignacio Mayorinca Gandares  
Srta. Javiera Constanza Moscoso Vásquez  
Srta. Javiera Damaris Plaza Olave**

**PROFESOR GUÍA: Sra. Sonia Sepúlveda Martín**

**PROFESOR COLABORADOR: Sr. Raúl Alberto Aguilera Eguía**

**CONCEPCIÓN, CHILE**

**DICIEMBRE, 2018**

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDOS	PÁGINA
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.	2
1.1. OBESIDAD	2
1.2. MARCHA HUMANA	2
1.2.1 CICLO DE LA MARCHA	3
1.3 MARCHA Y OBESIDAD	5
1.4 DESARROLLO DEL PIE	6
1.5. ANATOMÍA Y BIOMECÁNICA DEL PIE	6
1.6. ARTICULACIÓN DEL TOBILLO	7
CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	8
2.1. BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA	8
2.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	9
2.3 JUSTIFICACIÓN	10
2.4 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	10
2.5 OBJETIVO GENERAL	10
2.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.	11
3.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	11
3.2 CONTEXTO	11
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA	11

3.4 TIPO DE MUESTREO	11
3.5 TAMAÑO DE LA MUESTRA	12
3.6 CRITERIOS DE INCLUSIÓN	12
3.7 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	12
3.8 INSTRUMENTOS DE OBTENCIÓN DE DATOS	12
CAPÍTULO IV: CONSIDERACIONES ÉTICAS DE LA INVESTIGACIÓN	15
CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE DATOS	15
CAPÍTULO VI: RESULTADOS	16
CAPÍTULO VII: DISCUSIÓN	21
CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES	22
CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

	PÁGINA
TABLA 1 Instrumentos de Obtención de Datos y Variables de estudio	14
TABLA 2 Variables antropométricas de la muestra	16
TABLA 3 Prevalencia de sobrepeso según sexo	17
TABLA 4 Prevalencia de obesidad según sexo	17
TABLA 5 Eventos plano frontal	17
Figura 1 Gráfico del ciclo de la marcha en plano frontal	18
TABLA 6 Evento plano sagital	19
Figura 2 Gráfico del ciclo de la marcha en el plano sagital	19
TABLA 7 Evento plano transversal	20
Figura 3 Gráfico del ciclo de la marcha en el plano transversal	20
ANEXO 1 Búsqueda Bibliográfica ScienceDirect	27
ANEXO 2 Búsqueda Bibliográfica PubMed	29
ANEXO 3 Extracción Bibliografía Investigación Mahaffey	30

## INTRODUCCIÓN

La obesidad es considerada una enfermedad de alta prevalencia, tanto en Chile como en países más desarrollados. Datos entregados por la OCDE en el año 2011, señalan que Chile es el sexto país con los más altos índices de obesidad infantil en relación a los países que la componen y el primero en latinoamérica (1). El incremento de la obesidad en la población escolar es alarmante, ya que, se estima que el 30% de los pre escolares obesos y el 50% de los escolares obesos, presentaran esta misma condición en el periodo de adultez (2). Los que se ven más vulnerables a esta situación son los niños escolares, ya que es en esta edad precisamente donde se adquieren los hábitos alimenticios.

El incremento de peso provoca alteraciones biomecánicas en las articulaciones, sobre todo en las extremidades inferiores, en las cuales aumenta el riesgo de desarrollar patologías articulares. El incremento de niños obesos se ha relacionado directamente con la disminución en la participación de actividades físicas, ocasionado comorbilidades en la salud. En niños y adolescentes normopeso, la marcha exige el consumo de energía comparado a mirar televisión o jugar videojuegos. En los niños con obesidad, la marcha es lenta y con gran gasto energético que pueden relacionarse con factores fisiológicos y biomecánicos.

Mahaffey y cols., (3) estudiaron la cinemática tridimensional del pie durante la marcha en niños de 7 a 11 años, estableciendo que la grasa corporal se asocia con la alteración de los movimientos angulares de pie durante el ciclo de la marcha. Sin embargo, el estudio estuvo limitado por la participación única de sujetos de sexo masculino. En enero del presente año, estos mismos autores realizaron un estudio descriptivo de la misma población, y al igual que su estudio anterior, no se incluye el sexo femenino (4). El objetivo de este estudio es evaluar la cinemática del tobillo durante la marcha en los tres planos de movimiento, es decir, plano coronal, plano sagital y plano transversal, en niños y niñas que presenten un IMC que los condicione como sobrepeso y obesos, para realizar un análisis descriptivo de la marcha de este grupo en cuestión.

## **CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.**

### **1.1. OBESIDAD**

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define a la obesidad como una acumulación anormal o excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud y certifica en el año 2016 que la prevalencia de sobrepeso y obesidad en niños y adolescentes, ha ido en aumento a más del 18%, de forma similar en ambos sexos (5). La obesidad se relaciona en gran medida con la calidad de vida y está establecida como factor de riesgo para el desarrollo de diversas enfermedades metabólicas, cardiovasculares y óseas.

Resulta difícil determinar el sobrepeso y la obesidad, tanto en niños como en adolescentes, puesto que su organismo transcurre por una variedad de cambios fisiológicos y estructurales a medida que van creciendo. En el año 2013, la OMS publica el documento de “Tablas de IMC para la edad, de niños(as) y adolescentes de 5 a 18 años de edad”, desde donde se obtiene la clasificación del estado nutricional de niños y niñas según edad, peso y estatura (6).

El incremento de niños obesos se ha relacionado directamente con la disminución en la participación de actividades físicas, ocasionado comorbilidades en la salud. Gran parte de la actividad física diaria realizada por un niño es la marcha, la que se ha establecido como una actividad ideal para aumentar el gasto de energía (7). El incremento de peso provoca alteraciones biomecánicas en las articulaciones, sobre todo en las extremidades inferiores, en las cuales aumenta el riesgo de desarrollar patologías articulares. Esta condición establece una mecánica de los movimientos corporales anormal, llevando al organismo a trabajar fuera de los rangos de movimiento fisiológicos imponiendo sobrecarga a nivel músculo-esquelético.

### **1.2. MARCHA HUMANA**

La marcha humana involucra una serie de movimientos dirigidos a un objetivo. El cuerpo mantiene una posición erguida favoreciendo el mínimo gasto energético. Es una serie de movimientos alternantes y rítmicos tanto de las extremidades como del tronco que determinan un desplazamiento del centro de gravedad hacia adelante. La

marcha se distingue de la carrera por el contacto permanente del individuo con el suelo.

En el aprendizaje de la marcha independiente alrededor de los 12-15 meses de edad, se observan pasos inestables y cortos con una gran base de sustentación y una velocidad reducida. A medida que madura este patrón, aumenta la velocidad de ejecución y el tiempo en la fase de balanceo, disminuyendo así, el tiempo en la fase de apoyo, logrando mayor estabilidad y control postural (8). Durante su desarrollo, el niño adquiere mayor fuerza para soportar el peso de su cuerpo al caminar, y disminuye el gasto energético, además de controlar sus extremidades inferiores logrando reducir el impacto del talón contra el suelo (9). Los patrones cinemáticos se observan maduros a los 4 años para la articulación del tobillo, a los 6-7 años para la rodilla y a los 6 años para la cadera. La marcha infantil logra asemejarse a la del adulto recién a los 5-7 años de edad (10).

### **1.2.1 CICLO DE LA MARCHA**

El ciclo de la marcha, comienza cuando se apoya el talón en el suelo y termina con el siguiente contacto de talón del mismo pie en el suelo. Un ciclo de la marcha consta de una fase de apoyo en la que siempre hay por lo menos un pie en contacto con el suelo y constituye el 60% del ciclo, y una fase de oscilación en la que un pie se desplaza en el aire, la cual constituye el 40% restante (11). Un ciclo está compuesto de dos pasos y dos pasos forman una zancada, por tanto, en una zancada cada pie pasa por una fase de apoyo y una fase de oscilación.

La primera etapa de la fase de apoyo es el contacto del talón. Se presenta del intervalo del 0% al 2% de la marcha. Es el instante en que el pie entra en contacto con el suelo para iniciar el apoyo a través del talón produciendo así la rodadura del pie hacia abajo apoyado en el talón. La cadera está flexionada, la rodilla en extensión y el tobillo está en posición neutra. Los músculos que participan, en la cadera son los extensores y abductores, en la rodilla semitendinoso, sartorio y recto interno, y en el tobillo flexores dorsales, tibial anterior (12) (13).

La segunda etapa es el apoyo del antepié. Abarca del 0% al 10% del ciclo de la marcha. En esta fase entra en contacto la parte anterior del pie con el suelo. Se produce una desaceleración de la masa corporal controlada por la flexión de la rodilla y la flexión plantar del tobillo. La musculatura que interviene en el tobillo son

los flexores dorsales, tibial anterior principalmente, en la rodilla hay actividad muscular del cuádriceps e isquiotibiales y en la cadera se produce una contracción de los extensores, glúteo mayor y medio (12).

La tercera etapa es el adelantamiento de la tibia. Se presenta en el intervalo comprendido entre el 10% y el 30% de la marcha. En esta fase el cuerpo avanza sobre un pie estacionario, efectuándose en el tobillo una dorsiflexión, para rotar en torno a él como si fuera un rodillo, manteniendo la estabilidad de la cadera y rodilla. De forma simultánea el miembro opuesto comienza su fase de oscilación y el cuerpo se encuentra en apoyo monopodal. Hay actividad muscular del sóleo ya que es el músculo que estabiliza las tres articulaciones. A nivel de la cadera participan los músculos abductores, tensor de la fascia lata y la banda iliotibial. Finalmente en el tobillo el tibial posterior y los fibulares mantienen la estabilidad del pie (12) (13).

La cuarta etapa es la fase final de apoyo. Está comprendida en el intervalo del 30% - 50% del ciclo de la marcha. Esta fase comienza con el despegue de talón y finaliza con el contacto de talón del miembro contralateral, se despegan el talón y se comienza a rotar sobre el antepié y el cuerpo sobrepasa al pie de soporte y la rodilla termina su extensión y comienza a flexionar, la cadera continúa extendiéndose y finalmente el miembro contralateral contacta con el suelo. Existe actividad en los músculos gastrocnemios, soleo y tríceps sural (12) (13).

La quinta y última etapa de la fase de apoyo es el momento previo a la oscilación. En esta fase se inicia el segundo periodo de doble apoyo, el miembro se prepara para la oscilación o balanceo, se produce una flexión de cadera, rodilla y tobillo siendo el miembro inferior contralateral el que sostiene la totalidad del peso. se presenta en el 50% al 60% de la marcha. Participan los músculos flexores de la cadera, flexores plantares, recto anterior, recto interno y aductor mayor (12) (13).

En cuanto a la fase de oscilación, se inicia inmediatamente después del despegue de los dedos en la fase de apoyo, lo que se denomina fase inicial de la oscilación. Esta fase está comprendida entre el intervalo del 60% al 73% del ciclo de la marcha. Comienza con el despegue del antepié, el pie está en el aire y el avance del pie se produce por la flexión de cadera y rodilla, para lograr una cadencia adecuada y finaliza cuando el pie que oscila alcanza al miembro contralateral que se encuentra

en fase media de apoyo. Hay actividad muscular de los flexores de la cadera, psoas iliaco, recto anterior, bíceps crural, los gemelos y el aductor mayor del muslo (12) (13).

La fase media de la oscilación, comprendida entre el 75% al 85% del ciclo. Se inicia cuando los dos miembros se cruzan y finaliza con la posición vertical de la tibia oscilante, una vez sobrepasado el miembro de apoyo. Al final de esta fase, la cadera alcanza su flexión máxima y la posición de la pierna es casi vertical y la extensión de la rodilla continúa. Mantener la separación entre el pie y el suelo es la finalidad de esta fase. Actúa la musculatura tibial anterior (12) (13).

Por último, la fase final de oscilación inicia con la posición vertical de la tibia, la rodilla se extiende completamente y la extremidad se prepara para aceptar la carga durante el contacto inicial. La flexión de rodilla y cadera se frenan, para así cumplir con los objetivos de decelerar la pierna y preposicionar correctamente el pie para contactar con el suelo. Presentan actividad los músculos isquiotibiales, los extensores de la cadera, el cuádriceps, tibial anterior y los abductores de la cadera (12) (13).

### **1.3 MARCHA Y OBESIDAD**

En los niños con obesidad, la marcha es lenta y con gran gasto energético. En niños y adolescentes normopeso, la marcha exige el consumo de energía comparado a mirar televisión o jugar videojuegos. En los niños con obesidad, la marcha es lenta y con gran gasto energético que pueden relacionarse con factores fisiológicos y biomecánicos. Proyectando esta condición hacia el adulto obeso, se estima que la marcha se ve alterada con una extensión mayor de la extremidad y ancho del paso, realizando adaptaciones de los músculos de la extremidad inferior y de la pelvis para lograr el soporte, la estabilización y la propulsión del centro de gravedad (14). En general, la marcha del adulto obeso se vincula con la disminución de la velocidad, aumento del ancho de los pasos y del tiempo de doble apoyo, incremento de la rotación de cadera y disminución del momento anteroposterior de la articulación del tobillo.

## **1.4 DESARROLLO DEL PIE**

El pie está constituido por un conjunto de piezas cartilaginosas que se osifican de forma progresiva. La osificación de los huesos del pie, no concluye sino hasta los 10-15 años aproximadamente y varía según el sexo. (15) (16)

Desde el nacimiento y hasta los 8 meses de edad, el pie tiene una alta sensibilidad exteroceptiva. Cuando el niño se inicia en la marcha, en la región medial del pie no hay presencia de arco, sino que se encuentra una capa de tejido adiposo, más notorio en niñas que en niños. El arco longitudinal interno inicia su formación entre los 2 y 3 años de edad, y ocurre una distribución del tejido adiposo plantar.

En cuanto a la marcha, a la edad de 5 a 7 años, el niño refleja un patrón semejante al del adulto, logrando la posición bípeda estable en la cual carga el 61% de su peso corporal en los talones, el 4% en el borde lateral del pie y aproximadamente el 35% en el antepié (10).

## **1.5. ANATOMÍA Y BIOMECÁNICA DEL PIE**

El pie humano está compuesto por 28 huesos, los cuales forman entre sí 55 articulaciones que se estabilizan con múltiples ligamentos y músculos. Esta estructura está perfectamente adaptada para cumplir con las tareas de apoyo y movimiento del cuerpo humano. El conjunto de articulaciones que componen el pie le permiten el movimiento en los tres planos, logrando la flexo - extensión, aducción - abducción y pronosupinación (17).

Posee 3 funciones principales: motora, de equilibrio y amortiguadora de carga. La función motora cumple el rol esencial de entregar el impulso necesario para caminar, correr y saltar. La función de equilibrio se logra mediante la acción conjunta de la articulación del tobillo, los huesos del metatarso y los ligamentos laterales. La función amortiguadora de carga es la responsable de la correcta distribución de las cargas, ya sean, internas o externas.

Anatómicamente el pie se divide en 3 unidades funcionales. El retropié, formado por la articulación subastragalina que cumple la función de apoyo posterior. El mediopié, formado por el escafoide en articulación con la cabeza del astrágalo, el cuboide

que articula con el escafoides y las bases de los metatarsianos. Finalmente, el antepié, formado por los metatarsianos y las falanges proximales, medias y distales.

La correcta disposición de los huesos del pie da lugar a la bóveda plantar en la zona media del pie, la cual posee una alta resistencia a la carga y al esfuerzo. La bóveda plantar posee tres puntos de apoyo, la cabeza del primer metatarsiano, la cabeza del quinto metatarsiano y la apófisis del calcáneo, los cuales a su vez desprenden la formación de tres arcos, el arco externo, el arco transversal o anterior y el arco interno o longitudinal, siendo este último el más importante al ser largo y alto, lo que lo transforma en el único visible clínicamente. El arco interno mantiene su concavidad gracias a la acción tensora de los ligamentos y músculos, principalmente el tibial posterior, fibular largo, flexor del hallux y aductor del hallux. La distribución de las cargas en los puntos de apoyo es desigual. En posición bípeda el peso se distribuye en un 50% hacia el calcáneo y el otro 50% se divide: un tercio sobre el apoyo anteroexterno y los dos tercios restantes sobre el apoyo anterointerno. La sobrecarga afecta principalmente al arco longitudinal interno que en la infancia origina el pie plano valgo elástico. (18)

## **1.6. ARTICULACIÓN DEL TOBILLO**

La articulación del tobillo es el puente que conecta la extremidad inferior con el pie. Está formada por la tróclea astragalina y la mortaja tibioperonea. Gracias a su configuración anatómica es una de las articulaciones más congruentes y, por tanto, de las más estables de la extremidad inferior (17). Es una articulación de gran relevancia para el apoyo del pie en el suelo y por tanto para la correcta mecánica de la marcha. Es una estructura móvil que requiere de gran estabilidad, puesto que soporta mucha más carga que cualquier otra articulación del cuerpo humano. Sus rangos de movilidad primarios se dan en el plano sagital, donde ocurren la dorsiflexión y la plantiflexión. También presenta movilidad en el plano transversal gracias a la rotación del astrágalo dentro de la mortaja del tobillo, permitiendo los movimientos de inversión y eversión, convirtiendo así al tobillo en una articulación biplanar. La estabilidad del tobillo se logra por la acción conjunta de las carillas articulares, el sistema ligamentario medial y lateral, la cápsula articular y los ligamentos interóseos (19).

## **CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

### **2.1. BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA**

Se realizó una búsqueda bibliográfica en base de datos ScienceDirect, utilizando las palabras claves pediatric obesity and kinematic, esta última en Abstract, Title, Keywords, arrojando 6 resultados, de los cuales 4 fueron de nuestro interés, Shultz y cols 2014 (duplicado), Shultz y cols 2009 (duplicado), Strutzenberger y cols 2011, Mahaffey y cols 2018(duplicado), el resto no fue incluido en el trabajo debido a que el título o abstract no se relacionaba con nuestro estudio. **Ver anexo 1.** Base de datos PubMed, utilizando las palabras claves biomechanical phenomena and pediatric obesity, arrojando 21 resultados, de los cuales 2 fueron de nuestro interés para el estudio, Mahaffey y cols 2016, Shultz y cols 2014 (duplicado), el resto no fue incluido en el trabajo debido a que el título o abstract no se relacionaba con nuestro estudio. **Ver anexo 2.** Base de datos Lilacs, utilizando las palabras claves kinematic and obesity children, arrojando 20 resultados, de los cuales 3 fueron de nuestro interés, Shultz y cols 2014 (duplicado), Shultz y cols 2009 (duplicado), Mahaffey y cols 2018 (duplicado), el resto no fue incluido en el trabajo debido a que el título o abstract no se relacionaba con nuestro estudio. No se encontraron resultados de interés en Tesis chile ni SIBUCSC, utilizando las palabras claves pediatric obesity, kinematic, biomechanics, gait. Además, se extrajo bibliografía de relevancia para nuestro estudio, del estudio de Mahaffey y cols “Biomechanical characteristics of lower limb gait waveforms: Associations with body fat in children”. **Ver anexo 3.**

## 2.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Shultz P. y cols., mencionan en su estudio *Effects of Pediatric Obesity on Joint Kinematics and Kinetics During 2 Walking Cadences* que existen pocas investigaciones publicadas sobre la biomecánica de la marcha en la población pediátrica con sobrepeso y los efectos que esto produce (27).

El pie en el humano, es una estructura anatómicamente compleja, que posee una mecánica poliarticular y es el único segmento del cuerpo que interactúa directamente y la mayor parte del tiempo con una superficie externa. En la posición bípeda, el pie entrega soporte y equilibrio, de igual forma que en la marcha y es el encargado de distribuir y disipar las fuerzas que interactúan en la extremidad inferior. Una inadecuada distribución de la carga genera movimientos anormales y compensatorios que producen estrés en toda la extremidad (28).

El aumento de la grasa corporal origina alteraciones en el aparato locomotor, generando dolor, fracturas por estrés e inflamaciones. El aumento de las cargas en el segmento de pie, afecta directamente la funcionalidad del arco longitudinal interno del pie, el cual se encuentra en desarrollo hasta aproximadamente los 5 años. En los niños con obesidad entre los 7 y 8 años existe mayor riesgo de desarrollar pie plano por la sobrecarga del arco longitudinal (29).

Los niños obesos pasan más tiempo en actividades sedentarias que los niños no obesos (6), por lo que no realizan mayor gasto energético. En cuanto a la marcha, los niños obesos gastan una gran cantidad de energía debido a su composición corporal, por lo que realizan la marcha de forma más lenta. La actividad física reducida conlleva a una menor resistencia, tanto muscular como del sistema cardiorrespiratorio, llevando a los niños obesos a la fatiga de forma acelerada e influyendo en la motivación de realizar ejercicio.

El estudio realizado por Mahaffey y cols., (3) determina que el aumento de la grasa corporal en los niños tiene relación con el movimiento angular del pie durante el ciclo de la marcha. Plantean que los niños con obesidad presentan una mayor flexión plantar, disminución en la aducción del pie posicionándolo en rotación externa, aumento de la dorsiflexión del medio pie que se relaciona con la pronación de los

mismos y eversión del medio pie como consecuencia de la disminución del arco longitudinal interno. La pronación del pie tiene relación con la aparición de dolor en el segmento e incomodidad al momento de realizar actividades de carga de peso, lo que contribuye aún más a la disminución de la práctica de actividad física, lo que impide el gasto energético y encierra al niño en la obesidad.

### **2.3 JUSTIFICACIÓN**

Tal como se observa en las tablas de revisión bibliográfica (Tabla 1, Tabla 2, Tabla 3), no existen documentos que estudien la cinemática del pie en la marcha de los niños y niñas de 6 a 12 años con sobrepeso y obesidad en los tres planos de movimiento. El estudio más cercano a estas características es el realizado por Mahaffey y cols., (3) en el año 2018 quienes se limitaron al estudio de la cinemática del pie durante la marcha en niños de sexo masculino, sin integrar al sexo femenino. Es por ello que nuestra investigación busca actualizar los resultados de aquel estudio, incluyendo poblaciones de ambos sexos. Por otro lado, datos estadísticos en el año 2006, por JUNAEB, reflejan mayor prevalencia de obesidad en menores de 8 años y en los residentes de la comuna de Hualpén con respecto a otras comunas como Coronel y Concepción (30).

### **2.4 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

Según la información recolectada, se ha planteado la siguiente pregunta de investigación, ¿Cuál es el patrón cinemático tridimensional del tobillo que describen niños y niñas que presentan sobrepeso u obesidad entre los 6 y 12 años de edad?

### **2.5 OBJETIVO GENERAL**

- Describir el patrón cinemático tridimensional del tobillo durante la marcha resultante al evaluar niños (as) entre 6-12 años de edad que presentan sobrepeso u obesidad.

### **2.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir las medidas antropométricas básicas de la muestra según sexo.
- Establecer prevalencia de sobrepeso u obesidad de la muestra según sexo.
- Analizar el patrón cinemático del tobillo durante la marcha en niños y niñas con sobrepeso u obesidad.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.**

### **3.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

Para describir el análisis cinemático del tobillo pediátrico durante la marcha se utilizó un enfoque cuantitativo debido a que considera las variables de peso (kg), talla (cm), IMC ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ), amplitud de movimiento en grados de MMII; con análisis estadístico y medición numérica. El diseño será transversal, busca describir las variables de composición corporal (IMC) y amplitud del movimiento, que permitirá estimar la prevalencia de alteraciones cinemáticas en niños y niñas de manera observacional y descriptiva. No tiene seguimiento, es decir que el estudio se efectúa en un momento determinado de la evolución de la enfermedad o evento de interés. Tipo de estudio descriptivo ya que tiene como finalidad conocer el patrón de movimiento que describe la articulación del tobillo en la muestra estudiada (31).

### **3.2 CONTEXTO**

La recolección de datos se llevó a cabo durante el mes de agosto a septiembre del año 2018, en el laboratorio de biomecánica aplicada de la Universidad Católica de la Santísima Concepción campus San Andrés, comuna de Concepción.

### **3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA**

Población compuesta de escolares de ambos sexos, entre un rango etario de 6-12 años de edad, que presenten un estado nutricional de sobrepeso u obesidad pertenecientes a la región del Bio-Bio.

La muestra fue integrada por 30 niños de ambos sexos, pertenecientes a las comunas de Hualpén, Coronel, Lota, Laraquete.

### **3.4 TIPO DE MUESTREO**

La selección de la muestra se llevó a cabo por el investigador, dada a la accesibilidad de los sujetos. Para esto se utilizó un muestreo no probabilístico, por conveniencia (32).

Las técnicas de muestreo de tipo no probabilísticas, la selección de los sujetos a estudio dependerá de ciertas características y criterios que él (los) investigador (es) considere (n) en ese momento.

Al ser por conveniencia se permite seleccionar aquellos casos accesibles que acepten ser incluidos. (33)

### **3.5 TAMAÑO DE LA MUESTRA**

Para la obtención de la muestra se utilizó el teorema del límite central obteniendo un mínimo de 30 sujetos para llevar a cabo el estudio, dado que este teorema afirma que si una muestra es lo bastante grande (generalmente cuando  $n$  supera los 30), sea cual sea la distribución de la media muestral, seguirá una distribución normal. Es decir, dada cualquier variable aleatoria, si extraemos muestras de tamaño  $n \geq 30$  y calculamos los promedios muestrales, dichos promedios seguirán una distribución normal. Además, la media será la misma que la de la variable de interés, y la desviación estándar de la media muestral será aproximadamente el error estándar (34).

### **3.6 CRITERIOS DE INCLUSIÓN**

- Presentar índice nutricional sobrepeso - obesidad según la clasificación presentada en las Tablas de IMC de la OMS (6).
- Se incluirán ambos sexos con un rango etario de 6-12 años.
- Tanto el niño como los padres acepten participar, mediante la acción del consentimiento y asentimiento informado.

### **3.7 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN**

- Padecer patologías neurológicas o trastornos del desarrollo psicomotor (Síndrome de Down, TEA, alteraciones visuales, auditivas o cognitivas).
- Haber presentado afecciones musculoesqueléticas en los últimos 6 meses (esguince en cualquiera de sus grados, fractura de tobillo, luxación de tobillo)
- Presentar alguna alteración de la postura del pie y/o de la marcha (pie cavo, pie equino varo o equino valgo)

### **3.8 INSTRUMENTOS DE OBTENCIÓN DE DATOS**

Para el análisis de la marcha se utilizó un sistema de captura de movimiento VICON NEXUS 2.7.1, con 6 cámaras de alta velocidad y luz infrarroja modelo Bonita

captando 16 marcadores esféricos reflectantes colocados en puntos anatómicos de las extremidades inferiores referenciados por el modelo Plug In Gait Lower Body. El ciclo de la marcha consta a partir del contacto inicial del pie seguido de un segundo contacto inicial del mismo pie. Los movimientos fueron analizados tanto en el plano frontal, sagital y transversal (35) (36).

El peso se evaluó con una balanza de pie con tallímetro marca Detecto, el niño debió permanecer de pie inmóvil en el centro de la balanza con la menor cantidad de ropa posible (37).

Para medir la estatura se ocupó un estadiómetro marca Detecto, utilizando los puntos propuestos por el MINSAL. Este instrumento debe situarse en una superficie firme y plana, perpendicular al suelo. La técnica consta de ubicar al niño de espaldas y en el centro del estadiómetro el cual deberá estar descalzo con el torso recto y la cabeza erguida, las niñas sin pinches en el pelo o gorros que puedan alterar la estatura (37). Para mayor información ver tabla 1.

**TABLA 1 Instrumentos de Obtención de Datos y Variables de estudio**

<b>Variable</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Sub clasificación</b>	<b>Medición</b>		<b>Instrumento</b>
Sexo	Cualitativa	Nominal	Dicotómica	- Hombre - Mujer	
IMC	Cualitativa	Nominal	Dicotómica	- Sobrepeso - Obesidad	
Edad	Cuantitativa	Discreta	Años		Fecha de nacimiento.
Peso	Cuantitativa	Continua	Kilogramos (kg)		Balanza de pie tallímetro.
Talla	Cuantitativa	Continua	Centímetros (cm)		Estadiómetro.
Ángulo de movimiento	Cuantitativa	Continua	Grados de movimiento		VICON NEXUS 2.7.1 modelo Plug In Gait Lower Body.
IMC	Cuantitativa	Continua	Kg/m <sup>2</sup>		Formula de peso (kg) dividido la altura (m) al cuadrado.

## **CAPÍTULO IV: CONSIDERACIONES ÉTICAS DE LA INVESTIGACIÓN**

Este proyecto de investigación respeta los principios básicos para las investigaciones con sujetos humanos, teniendo como principio más importante el respeto a la vida humana y la dignidad (38). Para el uso de los registros, se solicitó la autorización bajo un consentimiento informado para los padres y un asentimiento para cada niño [Anexo 4 y 5], con el único fin de desarrollar la investigación, garantizando la reserva de sus identidades y con el derecho a retirarse del estudio, sin perjuicio alguno.

Como punto importante dentro de las consideraciones éticas en esta investigación, es mantener siempre informados a los padres o representante legal acerca del estado de su hijo(a), esto durante el proceso de toma de datos y luego de tener los resultados finales de la investigación.

Durante la recolección de datos estuvo presente en el lugar la docente guía de esta investigación, la cual posee el grado académico de Kinesióloga y está calificada apropiadamente para llevar a cabo este tipo de estudio (38).

## **CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE DATOS**

Una vez obtenidos los datos, fueron digitalizados en el programa Excel para Office Professional Plus 2016 y se exportó la información al software Stata versión 12.0 para el análisis estadístico.

Con el objetivo de describir el comportamiento de la variable de interés se utilizó un gráfico de líneas que representa los peak o fases principales que describe el tobillo durante la marcha. (Ver figuras)

En cuanto al análisis descriptivo de las variables cuantitativas se utilizaron los estadígrafos de dispersión promedio, desviación estándar, valores mínimos y máximos respectivamente. En relación a las variables cualitativa como el género y el IMC con sus clasificaciones, fueron expresadas en números enteros.

## CAPÍTULO VI: RESULTADOS

Esta investigación, cuyo objetivo fue determinar el análisis descriptivo de la cinemática del tobillo durante la marcha en la población pediátrica con sobrepeso u obesidad. La muestra se constituyó por 30 sujetos, compuestos por 16 niños y 14 niñas, que cumplían con la totalidad de los criterios de selección de los cuales no se realizaron retiros de los datos de los menores por parte de los padres y/o tutores.

La obtención de datos se inició con la lectura y firma del consentimiento y asentimiento informado por parte de los sujetos, seguida de una explicación de la evaluación a realizar. La edad promedio para los niños fue mayor por 0,87 años en comparación con las niñas. La talla promedio presentó una diferencia de 0,5 cm siendo las niñas más altas que los niños. Se observa que el comportamiento del peso para ambos grupos fue similar presentando un promedio de 44 kg aproximadamente. Las características generales de la muestra se observan en la tabla 2.

**TABLA 2 Variables antropométricas de la muestra**

Variable cuantitativa según sexo												
	Niños (n=16)				Niñas (n=14)				Total (n=30)			
	Min	$\bar{x}$	DS	Max	Min	$\bar{x}$	DS	Max	Min	$\bar{x}$	DS	Max
Edad (años)	6	8.87	1.99	12	6	8	1.79	11	6	8.46	1.92	12
Peso (kg)	21	44.91	13.98	82.5	27	44.79	15.51	76	21	44.86	13.98	82.5
Talla (cm)	110.5	135.5	14.17	154	119.5	136.0	11.98	155	110.5	135.7	12.97	155
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	17.2	23.99	4.03	34.8	18.9	23.62	4.1	31.6	17.2	23.82	4	34.8

Variable cuantitativa:  $\bar{x}$ : Media, DS: Desviación estándar, Min: rango mínimo, Max: rango máximo.

En la tabla 3 se observa la clasificación del índice de masa corporal (IMC) según los parámetros que indica la OMS, donde 5 niños y 4 niñas se clasificaron con sobrepeso. Mientras que 2 niños y 4 niñas pertenecen a la clasificación de obesidad. Para más información ver tabla 4.

**TABLA 3 Prevalencia de sobrepeso según sexo**

Subdivisión del IMC según género								
	Niños (n=5)				Niñas (n=4)			
	Min	$\bar{x}$	DS	Max	Min	$\bar{x}$	DS	Max
Sobrepeso (kg/m <sup>2</sup> )	17.2	20.58	1.95	21.9	18.9	19.75	1.24	21.6

Variable cuantitativa:  $\bar{x}$ : Media, DS: Desviación estándar, Min: rango mínimo, Max: rango máximo.

**TABLA 4 Prevalencia de obesidad según sexo**

Subdivisión del IMC según género								
	Niños (n=11)				Niñas (n=10)			
	Min	$\bar{x}$	DS	Max	Min	$\bar{x}$	DS	Max
Obesidad (kg/m <sup>2</sup> )	21.3	25.54	3.79	34.8	20.1	25.28	3.8	31.6

Variable cuantitativa:  $\bar{x}$ : Media, DS: Desviación estándar, Min: rango mínimo, Max: rango máximo.

Los datos extraídos del software Nexus de VICON se exportaron a la plataforma Excel, en la cual se desarrollaron diversos gráficos para tobillo derecho en los 3 planos de movimiento (frontal, sagital y transversal), correspondientes a un ciclo de la marcha. El ciclo de la marcha se determinó con el contacto de talón del pie derecho, hasta el próximo contacto de talón del mismo pie.

En la tabla 5 se presenta el comportamiento angular del tobillo en el plano frontal, con los principales eventos (P), donde se aprecia que la ocurrencia de estos para ambos grupos son similares, sin embargo, la mayor diferencia entre niños y niñas se encuentra en el tiempo de ocurrencia de los eventos y el grado de ocurrencia, el cual se aprecia de mejor forma en la figura 1.

**TABLA 5 Eventos plano frontal**

Ángulos de movimiento (°)					
	P1	P2	P3	P4	P5
Niños	-7.3	1.77	-6.25	-0.63	-3.76
Niñas	-11.3	-1.49	-6.4	1.68	-4.74

**Figura 1 Gráfico del ciclo de la marcha en plano frontal**

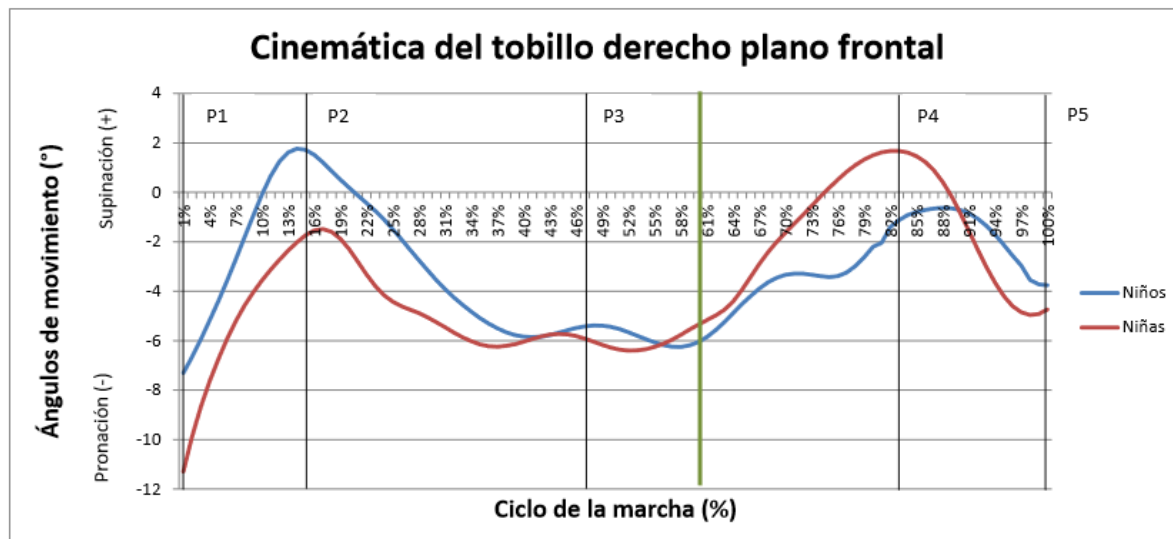


Figura 1. Cinemática para la articulación del tobillo derecho en el plano frontal en un ciclo de la marcha. La variable X representa el tiempo en porcentaje durante el cual transcurre el ciclo. La variable Y representa los grados de movimiento de la articulación del tobillo, positivo para supinación y negativo para pronación.

En el plano frontal ocurren los movimientos de pronación (-) y supinación (+). Se observa que ambas curvas, tanto niños y niñas, presentan el mismo patrón de movimiento. Los niños, inician con aproximadamente 7° de pronación, llegando al primer peak de supinación al 10% del ciclo, teniendo un máximo peak de supinación de aproximadamente 2° al 14% del ciclo. En cuanto a las niñas, inician con aproximadamente 11° de pronación. Se observa claramente que a medida que avanza el ciclo, no ocurre transición a supinación en la fase de apoyo, a diferencia de los niños. Sin embargo en la fase de balanceo esto se invierte llegando a un peak de supinación a diferencia de los niños que no lo logran.

En la tabla 6 se aprecia el comportamiento de la articulación del tobillo en el plano sagital para los diferentes eventos del ciclo de la marcha, donde ocurren los movimientos de flexo-extensión, encontrándose la mayor diferencia entre niños y niñas el tiempo de ocurrencia de los eventos, el cual se puede apreciar en la figura 2.

**TABLA 6 Evento plano sagital**

Ángulo de movimiento (°)					
	P1	P2	P3	P4	P5
Niños	3.6	-6.04	13.34	-5.67	-2.81
Niñas	4.92	-4.33	18.97	-0.32	6.22

**Figura 2 Gráfico del ciclo de la marcha en el plano sagital**

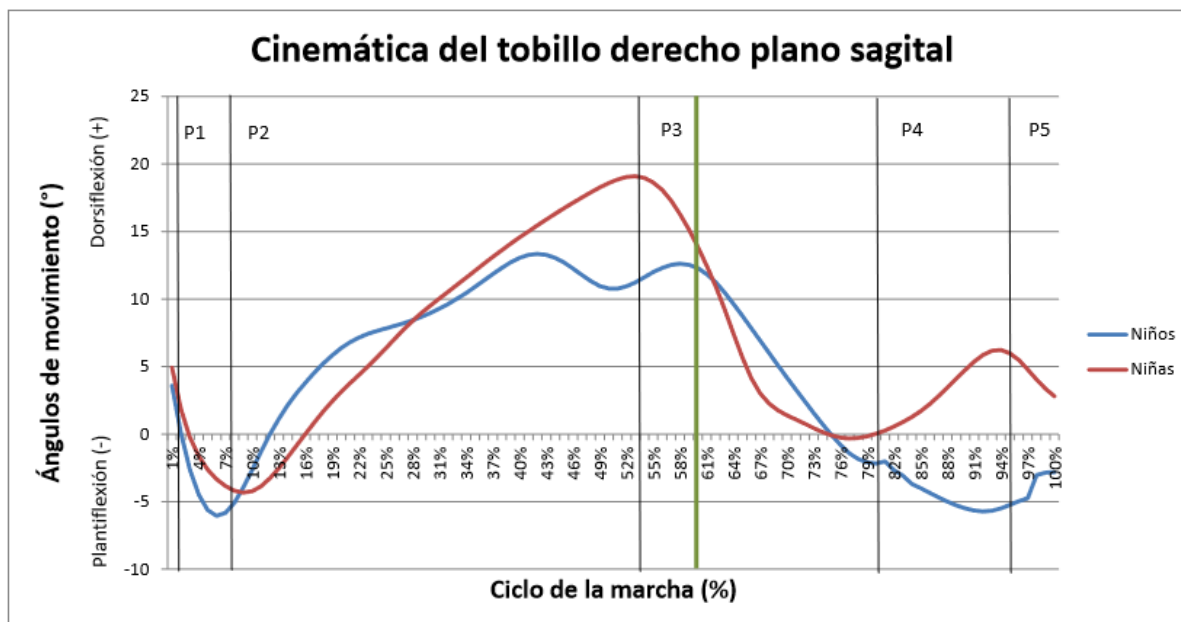


Figura 2. Cinemática para la articulación del tobillo derecho en el plano sagital en un ciclo de la marcha. La variable X representa el tiempo en porcentaje durante el cual transcurre el ciclo. La variable Y representa los grados de movimiento de la articulación del tobillo, positivo para dorsiflexión y negativo para plantiflexión.

En la gráfica de tobillo en plano sagital se representan los movimientos de dorsiflexión (+) y plantiflexión (-). En ambos grupos se observa un mismo patrón de movimiento. Los niños inician con aproximadamente 4° de dorsiflexión, que representan la fase de contacto inicial del talón. En el momento del adelantamiento de la tibia en fase de apoyo presentan un peak de 13°, observándose además un patrón fluctuante en la amplitud de movimiento. En cuanto a las niñas, presentan un contacto inicial con dorsiflexión de 5°. El adelantamiento de la tibia presenta un peak de angulación mayor que los niños de 19°, observándose en este caso que las niñas presentan un patrón más lineal en comparación a la fluctuación de movimiento que presentan los niños.

La fase de balanceo presenta un desfase en ocurrencia comparando los dos grupos. Para los niños inicia al 77% del ciclo evidenciándose con el aumento de la plantiflexión con una angulación de 5°, mientras que para las niñas esta etapa ocurre al 67% del ciclo, antes que los niños, con una angulación prácticamente neutra de 0,3°.

En la tabla 7 se aprecia el comportamiento angular del tobillo en el plano transversal para los diferentes eventos de ocurrencia de abducción o aducción del tobillo, en el cual el patrón cinemático es similar, habiendo diferencias en los grados de movimiento, lo cual se aprecia de mejor forma en la figura 3.

**TABLA 7 Evento plano transversal**

Ángulo de movimiento				
	P1	P2	P3	P4
Niños	20.4	-8.5	16.88	-2
Niñas	18.4	-7.8	10	-10.04

**Figura 3 Gráfico del ciclo de la marcha en el plano transversal**

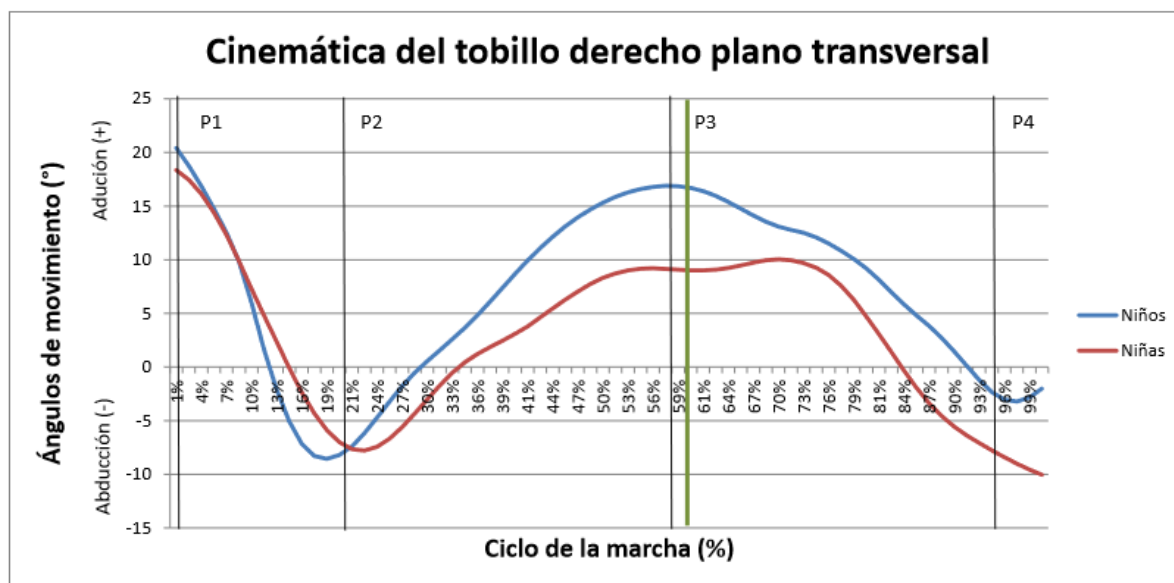


Figura 3. Cinemática para la articulación del tobillo derecho en el plano transversal en un ciclo de la marcha. La variable X representa el tiempo en porcentaje durante el cual transcurre el ciclo. La variable Y representa los grados de movimiento de la articulación del tobillo, positivo para aducción y negativo para abducción.

Para el plano transversal se analizaron los movimientos de aducción (+) y abducción (-) de tobillo. Se observa nuevamente que ambas curvas presentan un mismo patrón

de movimiento. Tanto niños y niñas inician el ciclo con aproximadamente 20° de aducción. En cuanto a los niños, presentan un peak de alrededor de 17° al 56% de ciclo. En cuanto a las niñas, presentan una aducción de 10° la cual ocurre al 32% del ciclo presentando menos grados de aducción en su máximo peak, en comparación a los niños, de aproximadamente 7° a diferencia entre ellos.

## **CAPÍTULO VII: DISCUSIÓN**

El objetivo de esta investigación fue describir la cinemática del tobillo durante la marcha en la población pediátrica de sexo femenino y masculino que presentaran una condición de sobrepeso u obesidad. Los hallazgos de esta investigación demuestran que tanto niñas y niños presentan un patrón de movimiento cinemático de tobillo similar en los 3 planos durante la marcha, existiendo diferencias en amplitud de movimiento y en el tiempo de ocurrencia de los eventos característicos de la marcha.

En el plano frontal se demuestra que los niños y niñas presentan un pie pronado durante la mayor parte del ciclo. Se observa que las niñas describen mayor angulación en pronación en relación a los niños, sobretodo durante la fase de apoyo. Esta información concuerda con la descrita por Mahaffey y cols (2016), quienes plantean que los niños con aumento de la grasa corporal presentan mayor pronación del pie en la fase de apoyo; en este caso se agregaría que la población femenina presenta peaks más elevados que los niños y por tanto la alineación de sus pies en este plano se encuentra mucho más alterada que los varones.

En el plano sagital se observó que los niños presentaban un patrón de movimiento fluctuante y no tan lineal como las niñas. Se rescata que tanto niños y niñas presentan gran angulación de movimiento para la dorsiflexión durante la mayor parte del ciclo y un peak de plantiflexión al inicio de la fase de apoyo, lo que concuerda con el estudio de Mahaffey y cols, quienes también plantean que los niños presentan un aumento de la dorsiflexión del pie durante la marcha.

Finalmente, en el plano transversal ambos grupos presentaron durante la mayor parte del ciclo un pie en aducción, teniendo los niños un mayor peak de angulación que las niñas. Shultz (2014) y Mahaffey (2016, 2018) plantean que existe una abducción prominente del pie durante la marcha de los niños. Los resultados

obtenidos en este estudio arrojaron una curva inversa, para el plano transversal, a las obtenidas por dichos autores, por lo que planteamos que existe un aumento de la aducción del pie durante la mayor parte del ciclo de la marcha lo que se traduce en un pie rotado internamente, y no un aumento de la abducción.

Dentro de las limitaciones que se encontraron en este estudio se destaca el tamaño de la muestra, lo cual no permitió extrapolar los resultados a la población de niños y niñas de la provincia del Biobío. Es por esto que se recomienda realizar estudios más amplios y con un diseño metodológico que permita diferenciar con mayor profundidad las variables en cuestión.

## **CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES**

Según la información recabada en esta investigación y en conjunto con la búsqueda bibliográfica realizada, se concluye que niños y niñas con malnutrición por exceso, presentan un patrón cinemático similar en los tres planos de movimiento. Nuestro hallazgo más relevante es el aumento de la aducción o rotación interna del pie durante el ciclo de la marcha. En concordancia a la revisión bibliográfica relevante para este estudio, se plantea que tanto niños y niñas presentan un aumento de la pronación y de la dorsiflexión del pie durante la marcha.

El posicionamiento adecuado del pie durante la fase de apoyo es fundamental para una progresión efectiva y eficiente de la marcha. La incorrecta alineación del pie es una de las principales causas de dolor e incomodidad en este segmento, que derivan en la disminución de la actividad física, principalmente en los niños.

## **CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- (1) Fisher H, Sassi F, Devaux M. Global Childhood Obesity Update. *Childhood Obesity*. 2012 ;8(2):169-172.
- (2) JUNTA NACIONAL DE AUXILIO ESCOLAR Y BECAS. Informe Mapa Nutricional 2015 [Internet]. Santiago; 2015. [cited 8 November 2017].
- (3) Mahaffey R, Morrison S, Bassett P, Drechsler W, Cramp M. The impact of body fat on three dimensional motion of the paediatric foot during walking. *Gait & Posture*. 2016;44:155-60.
- (4) Mahaffey R, Morrison S, Bassett P, Drechsler W, Cramp M. Biomechanical characteristics of lower limb gait waveforms: Associations with body fat in children. *Gait & Posture*. 2018;61:220-225.
- (5) Organización Mundial de la Salud. Obesidad y sobrepeso [Internet]. 2017 [cited 8 November 2017].
- (6) OMS. Tablas de IMC y tablas de IMC para la edad, de niños(as) y adolescentes de 5 a 18 años de edad y tablas de IMC para adultos(as) no embarazadas, no lactantes  $\geq$  19 años de edad. (2013)
- (7) Shultz S, Browning R, Schutz Y, Maffeis C, Hills A. Childhood obesity and walking: guidelines and challenges. *International Journal of Pediatric Obesity*. 2011;6(5-6):332-341.
- (8) Arujo P, Krkwoodi R, Figueiredo M. Validity and intra- and inter-rater reliability of the Observational Gait Scale for children with spastic cerebral palsy. *Bras Fisioter*. 2009;13(3):267-273.
- (9) Morais M, Albertin. R, Myuki K. Evaluation of ankle and knee movement pattern during maturation of normal gait. *Acta Ortop Brasil*. 2010;18(1):23-25.
- (10) Vásquez, S. C. Desarrollo de la marcha. *Rev Fac Cienc Sald*. 2005;(3):1-15.
- (11) Villalobos J, Parodi A, Díaz R. Estandarización de valores cinemáticos en niños sanos. *Rev Mex Med Fís Rehab* 2005;(17):47-53.
- (12) Noguerras A, Calvo JL, Orejuela J, Barbero FJ, Sánchez C. Fases de la marcha humana. *Rev Iberoam Fisio y Kine*. 1999;2 (1).
- (13) Viladot Perice A, Viladot Voegeli A. La marcha humana. *Revista de Ortopedia y Traumatología* 1990; 34 (1):99-108.

- (14) Hernández O. Repercusiones en el pie del patrón de marcha del adulto con obesidad. Universidad de Barcelona. 2013; 1-28.
- (15) Franch Manrique M, Infante García M, Albiol Ferrer J.M. Cronología de osificación del pie. Radiogoniometría. El Peu. 2004;24(3):148-158.
- (16) Mainard-Simard L. Radiología y ecografía del pie en el niño. EMC-Podología 2016;18(4):1-9.
- (17) Viladot, A. Anatomía funcional y biomecánica del tobillo y el pie. Rev Esp Reum, 2003; 30(9):469-477.
- (18) Álvarez C, Palma W. Desarrollo y biomecánica del arco plantar. Ortho-tips. 2010;6(4):215-222.
- (19) Sous J, Navarro R., Navarro R., Brito E, Ruiz J.A. Bases Biomecánicas del Tobillo. Canar. méd. Quir. 2011;8(24):13-20.
- (20) Shultz S, Sitler R, Tierney T, Hillstrom J, Song J. Effects of Pediatric Obesity on Joint Kinematics and Kinetics During 2 Walking Cadences. PM & R. 2009;(90):2146-2154.
- (21) Strutzenberger G, Richter A, Schneider M, Mündermann A, Schwameder H. Effects of obesity on the biomechanics of stair-walking in children. Gait & Posture. 2011;(34):119–125.
- (22) Lerner F, Browning C. Compressive and shear hip joint contact forces are affected by pediatric obesity during walking. Journal of Biomechanics 2017;49(9):1547-1553.
- (23) Shultz S, D'Hondt E, Fink P, Lenoir M, Hills A. The effects of pediatric obesity on dynamic joint malalignment during gait. Clinical Biomechanics. 2014;29(7):835-838.
- (24) McMillan G, Pulver E, Collier N, Williams B. Sagittal and frontal plane joint mechanics throughout the stance phase of walking in adolescents who are obese. Gait & Posture. 2010;(32):263–268.
- (25) McMillan A, Auman N, Collier D, Blaise Williams D. Frontal Plane Lower Extremity Biomechanics During Walking in Boys Who Are Overweight Versus Healthy Weight. Pediatric Physical Therapy. 2009;21(2):187-193.

- (26) Chester L, Wrigley T. The identification of age-related differences in kinetic gait parameters using principal component analysis. *Clinic Biomec.* 2008;(23):212-220.
- (27) Shultz P, Michael R, Ryan T, Howard J, Jinsup S. Effects of Pediatric Obesity on Joint Kinematics and Kinetics During 2 Walking Cadences. *PM & R.* 2009; (90):2146-2154.
- (28) Dawe E, Davis J. Anatomy and biomechanics of the foot and ankle. *Orthop and Trau.* 2011;25(4):279-286.
- (29) karapetyan A. pie plano en la obesidad infantil [Internet]. Dspace.umh.es. 2017 [cited 22 June 2018]. Available from: <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/3892/1/KARAPETYAN%20SHAKHPOZYAN%20ANGELINA.pdf>
- (30) Ulloa N, Sapunar J, Taibo M, Bustos P. Epidemiología del sobrepeso y obesidad infanto-juvenil en las comunas de Concepción, Coronel y Hualpén, VIII Región de Chile. *Med Chile.* 2010;138(11):1365-1372.
- (31) Hernández R, Fernández C, Baptista P. Metodología de la Investigación. 5ta edición. Mc graw hill. 2010.
- (32) Seoane T, Martín JLR, Martín-Sánchez E, Lurueña-Segovia S, Moreno FJ. Curso de introducción a la investigación clínica. Capítulo 5: Selección de la muestra: técnicas de muestreo y tamaño muestral. *Curso de introducción.* 2007;33(7):356-61.
- (33) Otzen T, Manterola C. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *Int. J. Morphol.* 2017;35(1): 227-232.
- (34) Martínez M, Benlloch M. Utilización práctica del teorema central del límite [internet]. 2014. [cited 20 September 2017]. Available from: [https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2009/2/MA3401/1/material\\_docente/bajar?id\\_material=260765](https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2009/2/MA3401/1/material_docente/bajar?id_material=260765)
- (35) Oxford Foot Model 1.4 Release Notes for Gait Analysis [Internet]. VICON. 2012 [cited 20 June 2018]. Available from: <https://www.vicon.com/products/software/oxford-foot-model>
- (36) Jáuregui P. Modelos Segmentarios para el Pie y Tobillo - Instituto de Investigaciones & Soluciones Biomecánicas [Internet]. Grupo Sobre Entrenamiento (G-SE). 2018 [cited 10 September 2018]. Available from: <https://g-se.com/modelos-segmentarios-para-el-pie-y-tobillo-bp-O57cfb26d352d2>

(37) MINSAL. Norma Técnica para la supervisión de niños y niñas de 0 a 9 años en la Atención Primaria de Salud. [En línea]. 2014.

(38) Mazzanti M. Declaración de Helsinki, principios y valores bioéticos en juego en la investigación médica con seres humanos. Rev de Bioét. 2011; (6):125-144.

## ANEXO 1 Búsqueda Bibliográfica ScienceDirect

ScienceDirect				
ESTUDIO	MUESTRA	TIPO DE ESTUDIO	RESULTADOS	CONCLUSIONES
Shultz y cols 2009 (20) “Effects of Pediatric Obesity on Joint Kinematics and Kinetics During 2 Walking Cadences” *Duplicado	20 niños entre 8- 12 años divididos en 2 grupos, sobrepeso 10 y normopeso 10.	Estudio del movimiento en 3D durante la marcha sin referencia a la velocidad.	El grupo con sobrepeso presentó mayor flexión de rodilla y cadera y una mayor flexión plantar de tobillo.	El aumento de las fuerzas de la articulación puede tener implicaciones ortopédicas a largo plazo y sugerir la necesidad de más actividades que no requieren peso dentro de la prescripción de ejercicio.
Strutzenberger y cols 2011 (21) “Effects of obesity on the biomechanics of stair-walking in children”	Dieciocho niños obesos y diecisiete niños normopeso de 8-12 años	Estudio del movimiento en 3D durante la marcha subiendo y bajando escaleras, descalzo y a una velocidad cómoda.	Los niños obesos pasan menos tiempo en apoyo con 1 solo pie durante el ascenso en escalera y más tiempo en soporte doble. Los niños con obesidad aumentan el valgo de rodilla durante el ascenso de escaleras.	La obesidad infantil puede contribuir a una sobrecarga acumulativa de las articulaciones hasta la edad adulta y a un mayor riesgo de osteoartritis de rodilla y cadera.
Shultz y cols 2014 (23) “The effects of pediatric	Cuarenta niños de 8-12 años, divididos en	Estudio del movimiento en 3D durante la marcha.	Los niños obesos pasan más tiempo con las caderas	La postura estática puede influir en el movimiento funcional, causando

<p>obesity on dynamic joint Malalignment during gait” *Duplicado</p>	<p>2 grupos, obesos 20 y no obesos 20.</p>		<p>aducidas, además presentan mayor rotación interna de cadera y abducción de pie.</p>	<p>en niños obesos alteraciones musculoesqueléticas que, junto al exceso de masa, genera un mayor riesgo de generar osteoartritis temprana.</p>
<p>Mahaffey y cols 2018 (4) “Biomechanical characteristics of lower limb gait waveforms: Associations with body fat in children” *Duplicado</p>	<p>Cincuenta y cinco niños de 7 a 11 años, 8 se clasificaron como obesos, 12 con sobrepeso, 29 peso ideal y 6 bajo peso.</p>	<p>Estudio del movimiento tridimensional durante la marcha.</p>	<p>La articulación del tobillo de los niños con mayor grasa corporal se rotó más externamente y demostró mayores momentos de rotación interna al final del swing y al principio de la postura.</p>	<p>Los hallazgos sugieren cinemática y cinética de la articulación de la extremidad inferior alterada con alta grasa corporal en niños pequeños. Los hallazgos pueden ayudar a informar la investigación para prevenir las comorbilidades musculoesqueléticas y promover el control del peso.</p>

## ANEXO 2 Búsqueda Bibliográfica PubMed

PubMed				
ESTUDIO	MUESTRA	TIPO DE ESTUDIO	RESULTADOS	CONCLUSIONES
Mahaffey y cols 2016 (3) "The impact of body fat on three-dimensional motion of the pediatric foot during walking"	Cincuenta y cinco niños, de 7-11 años, 8 con obesidad, 12 sobrepeso, 29 ideal y 6 bajo peso.	Estudio del movimiento en 3D durante la marcha descalzo a una velocidad autoseleccionada.	Los niños con obesidad presentan una mayor duración en la fase de postura, flexión plantar, abducción del calcáneo, dorsiflexión y eversión del pie.	La obesidad modifica la biomecánica del pie, llevándolo a pronación, el cual puede tener implicaciones para el inicio del dolor y la incomodidad durante las actividades de soporte de peso.

### ANEXO 3 Extracción Bibliografía Investigación Mahaffey

Bibliografía recuperada de Mahaffey y cols 2018.				
"Biomechanical characteristics of lower limb gait waveforms: Associations with body fat in children"				
ESTUDIO	MUESTRA	TIPO DE ESTUDIO	RESULTADOS	CONCLUSIONES
McMillan y cols 2010 (24) "Sagittal and frontal plane joint mechanics throughout the stance phase of walking in adolescents who are obese"	36 adolescentes de 12-17 años divididos en 2 grupos, obesos 18 y normopeso 18.	Estudio del movimiento en 3D durante la marcha.	Los sujetos obesos presentaban menor flexión plantar, menor flexión de rodilla, mayor flexión de cadera y menor extensión de cadera en comparación a sujetos normopeso, además de menor inversión de pie y alteración de la postura de rodilla, llevándola a mayor abducción.	Las consecuencias a largo plazo de los patrones de marcha atípicos en adolescentes obesos aún no se han identificado.
McMillan y cols 2009 (25) "Frontal Plane Lower Extremity Biomechanics During Walking in Boys"	14 sujetos masculinos entre 10-12 años divididos en 2	Estudio del movimiento en 3D durante la marcha.	Los varones obesos mantuvieron una inversión del retropié y abducción de rodillas,	Los niños con obesidad deben recibir un examen de fisioterapia completo antes de continuar con un programa de actividad física,

Who Are Overweight Versus Healthy Weight”	grupos, obesos 7 y normopeso 7.		además de una aducción de cadera.	para disminuir el riesgo de lesión de los tejidos blandos de las extremidades inferiores y / o huesos.
Chester y col. 2008 (26) “The identification of age-related differences in kinetic gait parameters using principal component analysis”	47 niños entre 3-13 años divididos en grupos por edad, 3-4 años 13, 5-6 años 10, 7-8 años 12, 9 13 años 12.	Estudio del movimiento en 3D durante la marcha.	La velocidad de la marcha incrementa con la edad y disminuye la cadencia.	La cinética de la marcha cambia en relación a la edad.

## ANEXO 4

### CONSENTIMIENTO INFORMADO

Estimado(a): Apoderado o representante legal:

Mediante el presente, el menor de edad que usted representa ha sido invitado a participar de un Proyecto de investigación “Análisis descriptivo de la cinemática tridimensional del pie durante la marcha en la población pediátrica con sobrepeso u obesidad”, cuyo investigador responsable es Sonia Sepúlveda, Académico de la Facultad de Medicina de la Universidad Católica de la Santísima Concepción.

Esta investigación tiene por objetivo describir la cinemática del pie durante la marcha entre niños y niñas de 6-12 años de edad que presentan sobrepeso u obesidad. Su participación consistirá en la obtención de datos básicos (sexo, edad), medición antropométrica (peso, talla).

La participación en la investigación no lleva riesgos para su hijo(a), debido a que los instrumentos utilizados para la toma de datos no son nocivos ni poseen contraindicaciones. De todas maneras, se garantiza la posibilidad de detener su participación si se sintiera afectado(a) o decidiera sin mediar explicación alguna retirarse.

Por otra parte, toda la información que se genere a partir del trabajo compartido será tratada confidencialmente y el investigador responsable actuará en calidad de custodio de los datos de la investigación. Toda la información obtenida será mantenida en archivos por el periodo que dure la investigación, luego serán eliminados. Al respecto, su nombre no aparecerá en el trabajo final, ni en los informes parciales, ya que solo se utilizarán los datos o nombres ficticios si fuera necesario. Si ha leído y firmado este documento está señalando su voluntad y decisión de participar de esta investigación. Sin embargo, podrá poner fin a ésta cuando lo desee sin ningún tipo de perjuicio en su contra.

Si estima que no se ha respetado este acuerdo, podrá presentar una queja formal al investigador responsable, Sra. Sonia Sepúlveda (email: ssepulvedam@ucsc.cl) y/o al Decano de la Facultad de Medicina, Sr. Marcelo Lagos S. (email:

mلاغoss@ucsc.cl, fono: 412345444) y/o a la Presidenta del Comité de Ética de la Universidad Católica de la Santísima Concepción, Sra. Mónica Tapia Ladino, Vicerrectora Académica al fono: 412345012 o email: [mtapia@ucsc.cl](mailto:mtapia@ucsc.cl). Este documento se firma en dos originales, uno para el Investigador Responsable y el otro para el participante.

Agradeciendo de antemano su disponibilidad y futura colaboración en este proyecto, le saluda el equipo de investigación.

---

Nombre del apoderado o  
representante legal

Firma

Fecha

---

Firma Profesor Guía  
Sonia Sepúlveda Martin

Simón Mayorinca G.  
19.373.508-8

[Smayorinca@kinesiologia.  
ucsc.cl](mailto:Smayorinca@kinesiologia.ucsc.cl)

Javiera Moscoso V.  
19.532.702-5

[Jmoscoso@kinesiologia.uc  
sc.cl](mailto:Jmoscoso@kinesiologia.ucsc.cl)

Javiera Plaza O.  
19.321.695-1

[Jplaza@kinesiologia.ucsc.  
cl](mailto:Jplaza@kinesiologia.ucsc.cl)

## ANEXO 5

### ASENTIMIENTO

Queremos conocer si quieres participar el día \_\_\_\_\_ desde las \_\_\_\_\_ hasta las \_\_\_\_\_ horas en unas actividades que vamos a realizar en el laboratorio de biomecánica de la Universidad Católica de la Santísima Concepción. No tienes que traer nada, los materiales estarán en la Universidad.

Primero mediremos tu peso, estatura y luego caminaras como lo haces de costumbre por una zona establecida en el laboratorio, con unos sensores colocados en ambas piernas.

¿Quieres participar? Marca con una X tu respuesta y escribe tu nombre.

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

Si no quieres participar no hay ningún problema.

---

Firma Profesor Guía  
Sonia Sepúlveda Martin

Simón Mayorinca G.  
19.373.508-8

Smayorinca@kinesiologia.  
ucsc.cl

Javiera Moscoso V.  
19.532.702-5

Jmoscoso@kinesiologia.uc  
sc.cl

Javiera Plaza O.  
19.321.695-1

Jplaza@kinesiologia.ucsc.  
cl