

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE DEPORTES
“CAMPUS MEXICALI”**



**Manejo de anteversión femoral en niñas de 6 años
con un programa de acondicionamiento físico de 12
semanas para corregir los parámetros espaciales de
flexión de rodilla durante la marcha.
Estudio de caso**

Trabajo terminal

Que para Obtener el Grado de:

MAESTRO EN EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTE ESCOLAR

PRESENTA

C. ALICIA LÓPEZ ORTIZ

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA

SEPTIEMBRE DEL 2019

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE DEPORTES
“CAMPUS MEXICALI”**



**Manejo de anteversión femoral en niñas de 6 años
con un programa de acondicionamiento físico de 12 semanas
para corregir los parámetros espaciales de flexión de rodilla
durante la marcha.
Estudio de caso**

**Trabajo terminal
Que para Obtener el Grado de:**

MAESTRO EN EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTE ESCOLAR

PRESENTA

C. ALICIA LÓPEZ ORTIZ

**DIRECTOR DE TRABAJO TERMINAL:
MAESTRO EMILIO MANUEL ARRAYALES MILLAN**

CODIRECTOR: DOCTOR HERIBERTO ANTONIO PINEDA ESPEJEL

**MEXICALI, BAJA CALIFORNIA
SEPTIEMBRE DEL 2019**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE DEPORTES
“CAMPUS MEXICALI”**

**Manejo de anteversión femoral en niñas de 6 años
con un programa de acondicionamiento físico de 12 semanas
para corregir los parámetros espaciales de flexión de rodilla
durante la marcha.
Estudio de caso**

Trabajo terminal

Que para obtener el Grado de:

MAESTRO EN EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTE ESCOLAR

PRESENTA:

C. ALICIA LÓPEZ ORTIZ

Comité

Mtro. Emilio Manuel Arrayales Millán
Presidente

Dr. Heriberto Antonio Pineda Espejel
Secretario

Mtro. Samuel Nicolás Rodrigue Lucas
Vocal Asesor

Mtra. Karla Raquel Keys González
Vocal

Dra. Mirvana Elizabeth González Macias
Vocal

Examen presentado el 5 de septiembre del 2019.

Copyright © 2019
Alicia López Ortiz
Derechos Reservados

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por ser mi sentido de existir, mi inspiración y mi ejemplo, mi identidad, mi principio y mi fin.

A mi padre, que me enseñó a salir adelante y que cada situación en mi vida se puede resolver. A mi madre, tierna y dulce, que cuando llegaba a verla elevaba sus brazos con tanto amor para abrazarme y nutrirme con sus besos, que mi alma entera lamenta enormemente no haya podido estar presente hasta la culminación de esta etapa. Dios la tenga en su gloria.

A mis hermanos que me ayudaron a sostenerme cada vez que débilmente caía por los golpes de la vida.

A mi esposo, quien ha estado a mi lado los últimos 20 años y me empuja a llegar cada vez más alto. Le agradezco por siempre estar junto a mí.

Al Dr. Israel Miguel Andrés por su asesoría y dirección en el trabajo de redacción y su guía en el análisis de datos.

A la Dra. Mirvana Elizabeth Gonzalez Macias por su apoyo en momentos difíciles durante estos dos años.

A la Maestra Karla Raquel Keys Gonzalez, por todas las horas dedicadas a mis evaluaciones, y por todo su apoyo en el manejo del software y tratamiento de los datos.

Y un agradecimiento especial al Maestro Emilio Manuel Arrayales Millán por la enorme oportunidad que me brindó al confiar en mí siendo mi Director en este proyecto.

RESUMEN

Los rangos espaciales de la marcha se ven alterados cuando existe desviación de los miembros pélvicos. A mayor desviación de los segmentos óseos, mayor será la alteración en el espacio de los rangos de movimiento articular. Analizamos los valores de flexión y extensión de rodilla durante la marcha en 3 niñas de 6 años que presentan anteversión femoral, buscando las alteraciones espaciales en sus parámetros comparados con los valores obtenidos de la evaluación de la marcha de adultos normales.

Los valores espaciales del rango de flexo-extensión de rodillas fueron obtenidos por el sistema optoelectrónico Vicon y analizados por el sistema del software Nexus actualización 2.8.1 del Laboratorio de Biomecánica de la Facultad de Deportes de la Universidad Autónoma de Baja California, campus Mexicali. Se realizó una valoración inicial en el laboratorio seguida por una intervención de acondicionamiento físico con un plan de 12 semanas de actividades diseñado específicamente para corregir el rango de movimiento articular de rodilla, contemplando las capacidades coordinativas propias de la edad, impartándose 3 veces a la semana durante 50 minutos cada ocasión. Se les solicitó a los padres evitaran la realización de actividad física que pudiera catalogarse como ejercicio fuera de estos tiempos. Seguido de lo cual se realizó una segunda valoración en el laboratorio.

Se analizaron los rangos articulares de rodilla durante 4 momentos específicos del ciclo de la marcha: choque de talón, postural intermedia, impulso y balanceo intermedio. Se realizaron varias marchas por cada participante y se

separaron los ciclos en pie derecho y pie izquierdo, registrándose y analizándose por separado.

El análisis estadístico de los valores cinemáticos en estas niñas, se realizó con el programa SPSS Statistics 17.0, aplicando la prueba t-Student pareada, mostrando que los cambios encontrados en el grado de flexión de rodilla no fueron significativos en muchos de las fases, y en las que presentaron cambios significativos realmente no fueron corregidos los rangos articulares, pero sí pudo observarse que los ciclos de marcha manifestaron un ritmo más constante y regular.

Palabras clave: Anteversión femoral; cinemática; biomecánica; ciclo de la marcha.

ÍNDICE

Portada.....	A
Acta de presentación.....	B
Copyright.....	C
Dedicatorias y agradecimientos.....	D
Resumen.....	E
1 INTRODUCCIÓN	1
2 LA MARCHA	3
2.1 La Marcha Normal.....	3
2.2 El desarrollo de la marcha desde la infancia.....	9
2.2.1 Factores propioceptivos y exteroceptivos involucrados en la maduración de la marcha.....	19
2.3 Alteraciones de la marcha.....	23
3 DATOS ESTADÍSTICOS.....	30
3.1 Información Internacional	30
3.2 Organización Mundial de la Salud (OMS), Organización de las Naciones Unidas (ONU)	30
3.3 Información Nacional. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino 2016	31
3.4 Antecedentes de estudios en educación básica.....	35
3.4.1 A nivel Internacional	35
3.4.2 En México	40
4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	42
4.1 Preguntas de Investigación	43
4.2 Hipótesis	44
4.3 Justificación.....	45
4.4 Objetivos. General y específicos	47
5 METODOLOGÍA.....	48
5.1 Muestra	48
5.1.1 Proceso de selección.....	48
5.2 Diseño de la Investigación	52
5.3 Variables	54

5.4	Criterios de inclusión y exclusión	55
5.5	Instrumentos para toma de medidas para inicio de Registros en el Sistema Vicon.....	56
5.6	Valoración en el Laboratorio de Biomecánica	59
6	INTERVENCIÓN	62
6.1	Diseño y características de la Intervención	62
7	RESULTADOS.....	68
7.1	EVALUACIÓN INICIAL VS EVALUACIÓN FINAL.....	68
7.1.1	GRÁFICAS	73
7.2	GRÁFICAS DE FLEXIÓN DE RODILLA OBTENIDAS DE CADA GRABACIÓN	76
7.2.1	Descripción de las gráficas	77
7.3	ANÁLISIS DE TABLAS	88
7.3.1	Tablas con el vaciado de datos	89
7.4	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.	105
8	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	107
8.1	Interpretación clínica de los resultados	109
8.2	CONCLUSIONES.....	118
9	REFERENCIAS.....	120
10	ANEXOS.....	127
11	ÍNDICE DE ANEXOS	135

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	El ciclo de marcha normal en un niño de 8 años de edad.....	7
Figura 2.2	Gráfica con los grados de flexión de rodilla en el plano sagital..	8
Figura 2.3	Gráfica con los grados de flexión de rodilla con énfasis en las fases del ciclo de la marcha.....	8
Figura 2.4	Anteversión femoral.....	24
Figura 2.5	Niña sentada en “W”	24
Figura 5.1	Goniómetro.....	50

Figura 5.2 Representación de los ejes articulares de rodilla y su alineación comparada con los ejes espaciales del cuerpo en relación con el laboratorio de biomecánica.....	61
Figura 7.1 Gráfica de flexión de rodilla obtenida de uno de las participantes del de estudio.....	75
Figura 7.2 Participante 3. Grabación 3. Ciclos del pie izquierdo antes de la intervención.....	78
Figura 7.3 Participante 3. Grabación 2. Ciclos del pie izquierdo después de la intervención.....	78
Figura 7.4 Participante 3. Grabación 4. Ciclos del pie izquierdo antes de la intervención.....	78
Figura 7.5 Participante 3. Grabación 4. Ciclos del pie izquierdo después de la intervención.....	78
Figura 7.6 Participante 3. Grabación 5. Ciclos del pie izquierdo antes de la intervención.....	79
Figura 7.7 Participante 3. Grabación 5. Ciclos del pie izquierdo después de la intervención.....	79
Figura 7.8 Participante 3. Grabación 6. Ciclos del pie izquierdo antes de la intervención.....	79
Figura 7.9 Participante 3. Grabación 6. Ciclos del pie izquierdo después de la intervención.....	79
Figura 7.10 Participante 3. Grabación 3. Ciclos del pie derecho antes de la intervención.....	80
Figura 7.11 Participante 3. Grabación 2. Ciclos del pie derecho después de la intervención.....	80
Figura 7.12 Participante 3. Grabación 4. Ciclos del pie derecho antes de la intervención.....	80
Figura 7.13 Participante 3. Grabación 4. Ciclos del pie derecho antes de la intervención.....	80

Figura 7.14 Participante 3. Grabación 5. Ciclos del pie derecho antes de la intervención.....	81
Figura 7.15 Participante 3. Grabación 5. Ciclos del pie derecho después de la intervención.....	81
Figura 7.16 Participante 3. Grabación 6. Ciclos del pie derecho antes de la intervención.....	81
Figura 7.17 Participante 3. Grabación 5. Ciclos del pie derecho después de la intervención.....	81
Figura 7.18 Participante 4. Grabación 3. Ciclos del pie izquierdo antes de la intervención.....	82
Figura 7.19 Participante 4. Grabación 2. Ciclos del pie derecho después de la intervención.....	82
Figura 7.20 Participante 4. Grabación 4. Ciclos del pie izquierdo antes de la intervención.....	82
Figura 7.21 Participante 4. Grabación 3. Ciclos del pie izquierdo después de la intervención.....	82
Figura 7.22 Participante 4. Grabación 3. Ciclos del pie derecho después de la intervención.....	82
Figura 7.23 Participante 4. Grabación 2. Ciclos del pie derecho después de la intervención.....	83
Figura 7.24 Participante 4. Grabación 4. Ciclos del pie derecho antes de la intervención.....	83
Figura 7.25 Participante 4. Grabación 3. Ciclos del pie derecho después de la intervención.....	83
Figura 7.26 Participante 5. Grabación 2. Ciclos del pie izquierdo antes de la intervención.....	84
Figura 7.27 Participante 5. Grabación 2. Ciclos del pie izquierdo después de la intervención.....	84

Figura 7.28 Participante 5. Grabación 3. Ciclos del pie izquierdo antes de la intervención.....	84
Figura 7.29 Participante 5. Grabación 3. Ciclos del pie izquierdo después de la intervención.....	84
Figura 7.30 Participante 5. Grabación 4. Ciclos del pie izquierdo antes de la intervención.....	85
Figura 7.31 Participante 5. Grabación 4. Ciclos del pie izquierdo después de la intervención.....	85
Figura 7.32 Participante 5. Grabación 5. Ciclos del pie izquierdo antes de la intervención.....	85
Figura 7.33 Participante 5. Grabación 4. Ciclos del pie izquierdo después de la intervención.....	85
Figura 7.34 Participante 5. Grabación 2. Ciclos del pie derecho antes de la intervención.....	86
Figura 7.35 Participante 5. Grabación 2. Ciclos del pie derecho después de la intervención.....	86
Figura 7.36 Participante 5. Grabación 3. Ciclos del pie derecho antes de la intervención.....	86
Figura 7.37 Participante 5. Grabación 3. Ciclos del pie derecho después de la intervención.....	86
Figura 7.38 Participante 5. Grabación 4. Ciclos del pie derecho antes de la intervención.....	87
Figura 7.39 Participante 5. Grabación 4. Ciclos del pie derecho después de la intervención.....	87
Figura 7.40 Participante 5. Grabación 5. Ciclos del pie derecho antes de la intervención.....	87
Figura 7.41 Participante 5. Grabación 5. Ciclos del pie derecho después de la intervención.....	87
Figura 7.42 Gráficas de barras comparando los promedios de los valores angulares de rodilla izquierda durante las fases del pie izquierdo, antes y	99

después de la intervención de cada participante. A- Choque de talón. B- Postural intermedia. C- Impulso. D- Balanceo intermedio.....	
Figura 7.43 Gráficas de barras comparando los promedios de los valores angulares de rodilla derecha, antes y después de la intervención de cada participante. A- Choque de talón. B- Postural intermedia. C- Impulso. D- Balanceo intermedio.....	100
Figura 7.44 Gráficas de barras comparando las Desviaciones Estándar de rodilla izquierda, antes y después de la intervención de cada participante. A- Choque de talón. B- Postural intermedia. C- Impulso. D- Balanceo intermedio.....	101
Figura 7.45 Gráficas de barras comparando las Desviaciones Estándar de rodilla derecha, antes y después de la intervención de cada participante. A- Choque de talón. B- Postural intermedia. C- Impulso. D- Balanceo intermedio.....	102
Figura 7.46 Gráficas de barras comparando los Coeficientes De Variación de rodilla izquierda, antes y después de la intervención de cada participante. A- Choque de talón. B- Postural intermedia. C- Impulso. D- Balanceo intermedio.....	103
Figura 7.47 Gráficas de barras comparando los Coeficientes De Variación de rodilla derecha, antes y después de la intervención de cada participante. A- Choque de talón. B- Postural intermedia. C- Impulso. D- Balanceo intermedio.....	104
Figura 7.48 Captura de pantalla que muestra el seguimiento en el programa SPSS para el análisis estadístico aplicando la prueba T-Student pareada.....	105
Figura 8.1 Participante 3- Registro y comparación de todos los ciclos de marcha del pie izquierdo antes y todos los ciclos del pie izquierdo después.....	114
Figura 8.2 Participante 3- Registro y comparación de todos los ciclos de marcha del pie derecho antes y todos los ciclos del pie derecho después.....	114

Figura 8.3 Participante 4- Registro y comparación de todos los ciclos de marcha del pie izquierdo antes y todos los ciclos del pie izquierdo después.....	116
Figura 8.4 Participante 4- Registro y comparación de todos los ciclos de la marcha del pie derecho antes y todos los ciclos del pie derecho después.....	116
Figura 8.5 Sujeto 5- Registro y comparación de todos los ciclos de la marcha del pie izquierdo antes y todos los ciclos del pie izquierdo después.....	117
Figura 8.6 Sujeto 5- Registro y comparación de todos los ciclos de la marcha del pie derecho antes y todos los ciclos del pie derecho después..	117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 6.1 Eje y Competencia Motriz para los grupos de 1er grado en educación básica en la materia de Educación Física en México.....	63
Tabla 6.2 Actividades y movimientos básicos integrados en el diseño de las actividades de la intervención.....	64
Tabla 7.1 Vaciado de los valores correspondientes a la participante 3, pie izquierdo, antes de la intervención.....	89
Tabla 7.2 Vaciado de los valores correspondientes a la participante 3, pie izquierdo, después de la intervención.....	90
Tabla 7.3 Vaciado de los valores correspondientes a la participante 3, pie derecho, antes de la intervención.....	91
Tabla 7.4 Vaciado de los valores correspondientes a la participante 3, pie derecho, después de la intervención.....	92
Tabla 7.5 Vaciado de los valores correspondientes a la participante 4, pie izquierdo, antes de la intervención.....	93
Tabla 7.6 Vaciado de los valores correspondientes a la participante 4, pie izquierdo, después de la intervención.....	93

Tabla 7.7 Vaciado de los valores correspondientes a la participante 4, pie derecho, antes de la intervención.....	94
Tabla 7.8 Vaciado de los valores correspondientes a la participante 4, pie derecho, después de la intervención.....	94
Tabla 7.9 Vaciado de los valores correspondientes a la participante 5, pie izquierdo, antes de la intervención.....	95
Tabla 7.10 Vaciado de los valores correspondientes a la participante 5, pie izquierdo, después de la intervención.....	96
Tabla 7.11 Vaciado de los valores correspondientes a la participante 5, pie derecho, antes de la intervención.....	97
Tabla 7.12 Vaciado de los valores correspondientes a la participante 5, pie derecho, después de la intervención.....	98
Tabla 7.13 Vaciado de los ángulos promediados de rodilla izquierda de las fases seleccionadas de cada participante, separados por antes y después de la intervención.....	99
Tabla 7.14 Vaciado de los ángulos promediados de rodilla derecha de las fases seleccionadas de cada participante, separados por antes y después de la intervención.....	100
Tabla 7.15 Vaciado de las Desviaciones Estándar de rodilla izquierda de las fases seleccionadas de cada participante, separados por antes y después de la intervención.....	101
Tabla 7.16 Vaciado de las Desviaciones Estándar de rodilla derecha de las fases seleccionadas de cada participante, separados por antes y después de la intervención.....	102
Tabla 7.17 Vaciado de los Coeficientes de Variación de rodilla izquierda de las fases seleccionadas de cada participante, separados por antes y después de la intervención.....	103
Tabla 7.18 Vaciado de los Coeficientes de Variación de rodilla derecha de las fases seleccionadas de cada participante, separados por antes y después de la intervención.....	104
Tabla 7.19 Resultados de los p Valores-.....	106

Tabla 7.20 Diferencia significativa de los p Valores.....	106
Tabla 8.1 Comparación de los valores normales de flexión de rodilla del adulto, con los valores registrados de las niñas participantes con los valores de la marcha del adulto normal.....	110
Tabla 8.2 Se muestran los resultados de los valores angulares de flexión de rodilla en el adulto sano, comparándolos con los valores promedios resultantes de cada rodilla de la participante 3, antes y después de la intervención. En la tercera columna de cada rodilla se muestra la variación en grados y señalándose en rojo el que fue un cambio significativo. Y abajo en color, la relación con el valor del adulto.....	111
Tabla 8.3 Se muestran los resultados de los valores angulares de flexión de rodilla en el adulto sano, comparándolos con los valores promedios resultantes de cada rodilla de la participante 4, antes y después de la intervención. En la tercera columna de cada rodilla se muestra la variación en grados y señalándose en rojo el que fue un cambio significativo. Y abajo en color, la relación con el valor del adulto.....	112
Tabla 8.4 Se muestran los resultados de los valores angulares de flexión de rodilla en el adulto sano, comparándolos con los valores promedios resultantes de cada rodilla de la participante 5, antes y después de la intervención. En la tercera columna de cada rodilla se muestra la variación en grados y señalándose en rojo el que fue un cambio significativo. Y abajo en color, la relación con el valor del adulto.....	113

1 INTRODUCCIÓN

El análisis de la marcha ha evolucionado considerablemente desde sus inicios en el siglo XVIII. Los registros fotográficos quedaron atrás y la era de la tecnología abrió oportunidades que aún no terminan de explorarse, desde el análisis biomecánico en el ámbito deportivo, a las evaluaciones médicas con cada vez mayor número de aplicaciones. (Collado, 2004; Haro, 2014).

Actualmente los sistemas optoelectrónicos proporcionan información precisa y detallada que no es posible al ojo humano poder detectar. Definir valores en grados angulares dentro de los movimientos de los segmentos corporales es tan solo uno de los muchos atributos de esta tecnología. (Agudelo, Briñez, Guarín, Ruiz y Zapata, 2013).

Cada segmento corporal, en cada uno de sus movimientos puede ser analizado. Para los fines de este estudio, nos hemos enfocado en los parámetros espaciales de la flexión de rodilla durante la marcha específicamente en una alteración que es relativamente frecuente en el desarrollo psicomotriz tanto de niños como de niñas, la anteversión femoral por debilidad de músculos rotadores externos de cadera, esto provoca que la rodilla se desvíe rotando hacia la línea media tanto en bipedestación estática como en la dinámica, y generando así alteraciones en los movimientos de la rodilla aumentando su rango de flexión durante la marcha. (Darmana, Cahuzac, 2014).

Debido a la intensidad de las actividades realizadas por los varones dentro de sus juegos, sus músculos se fortalecen y va disminuyendo la incidencia en ellos, dejando un mayor número de casos en las niñas. (Jacquemier et al., 2008; Brill y

Breniere, 1992, 1998; Ledebt, Brill, Breniere, 1998; Cavagna, Franzetti, Fuchimoto, 1983).

La selección de nuestros sujetos se enfocó en niñas debido a su mayor incidencia, y a la edad de 6 años ya que apenas están terminando de madurar en el control de las fases del ciclo de la marcha y adquiriendo las características de la marcha del adulto, (Brill y Breniere, 1992, 1998; Ledebt, Brill, Breniere, 1998; Cavagna, Franzetti, Fuchimoto, 1983); y la etapa de maduración ósea aún permite moldear el ángulo del cuello femoral para realinear su eje. Al llegar a los 8 años, si la deformación aún se aprecia radiográficamente, la única opción ortopédica que queda es quirúrgica. (Mujica, 1981; Martínez, 2005). Ya que de no ser corregidos, a la larga esto genera una mayor desviación y afecta el eje mecánico entre el fémur y la tibia alterando los ejes articulares y con ello provocando una artrosis. (Mujica, 1981; Morrissy, Weinstein, 2001).

Existen estudios donde se ha reportado la aparición de alteraciones posturales de la columna vertebral en los escolares, en parte debido al peso del material escolar en sus mochilas, a la inactividad física y a las posturas viciosas adquiridas durante el día. Y a su vez, se ha reportado también una mejora sustancial de las alteraciones posturales en los escolares tras realizar intervenciones de acondicionamiento físico durante las clases de educación física; además de una mejora en el rendimiento académico y la creatividad. (Aguado, 1995; Andujar, Santonja, García, 1996; Jimenez, Araya, 2009; Martin, Meneses, Beneit, Atín, 2014; Rodriguez, 1998; Sainz, Rodriguez, Santonja, 2010; Vidarte, Orozco, 2015).

2 LA MARCHA

2.1 La Marcha Normal

El cuerpo humano es un complejo sistema de tejidos en funcionamiento, trabajando todos en conjunto para mantener un equilibrio funcional y productivo. Es un reto analizarlo desde el punto de vista de la Biomecánica (Disciplina científica con objetivo y metodología propias que permite conocer “el papel que juegan las fuerzas mecánicas que producen los movimientos, su soporte autonómico, iniciación neurológica, control integrado y percepción, así como, su diseño central”. Definida por el International Council for Sports and Physical Education de la UNESCO, 1971). Específicamente uno de los temas más estudiados es la marcha, para poder comprender cómo es que la fuerza de gravedad es compensada por la acción muscular sobre las estructuras óseas y de esa manera lograr un desplazamiento en bipedestación, manteniendo un equilibrio dinámico (Haro 2014; Agudelo et. al 2013).

Se define como marcha normal el desplazamiento del centro de gravedad con el cuerpo erguido y en posición de pie, a través de movimientos seriados, rítmicos, repetidos, y secuenciados tanto del tronco como de los segmentos, manteniendo siempre al menos un pie en el suelo; este desplazamiento es hacia delante, pero puede desplazarse hacia lateral o posterior según la voluntad. La marcha es un proceso muy elaborado y complejo de funciones y retroalimentación

que involucra muchos sistemas del cuerpo (Mujica, 1981; Krusen, 1993; Magee, 1994).

Este proceso elaborado es resultado en sí mismo de la postura corporal y sus modificaciones continuas durante el desplazamiento. Inherente al ser humano, puesto que le acompaña las 24 horas del día y durante toda su vida, la POSTURA se define como la relación que existe permanentemente entre la combinación de las posiciones de cada segmento corporal y sus articulaciones relacionadas entre sí. Ya sea que se hable de un solo segmento corporal, o de todo el cuerpo, la postura está en relación con el equilibrio que se alcanza entre la acción de las fuerzas musculares y la gravedad. Existe el equilibrio postural estático, cuando el cuerpo no se mueve; y el equilibrio postural dinámico, cuando el cuerpo está en movimiento como durante la marcha y la carrera. (Krusen,1993; Miralles, Puig, 2000).

La marcha normal es una secuencia de movimientos repetitivos, es denominada Ciclo de la Marcha, y este ciclo está dividido en dos fases para cada pie, la fase de apoyo y la fase de oscilación o balanceo. Mientras un pie se encuentra en postural, el otro va en balanceo; y llega un momento en el que ambos pies coinciden en el suelo, denominado fase de doble apoyo. A pesar de que existen diferencias entre la forma de caminar de las personas, generalizando, las características que pueden englobarse dentro de la marcha normal son las siguientes: la fase postural tiene una duración del 62%, y la fase de balanceo del 38%. La fase postural cuenta con 5 periodos: choque de talón, pie sobre lo plano, postural intermedia, elevación de talón, y despegue de los dedos. La fase de balanceo cuenta con tres periodos: aceleración, balanceo intermedio, y desaceleración o refrenamiento. (Krusen, 1993; Vaughan, Davis, O'Connor, 1999).

La distribución de los tiempos corresponde a la siguiente forma: El choque de talón 0-2%; pie sobre lo plano 0-10%; postural intermedia 10-30%; elevación del talón 30-50%; despegue de los dedos 50-60%; aceleración 60-70%; balanceo intermedio 70-85%; desaceleración o refrenamiento 85-100%. La Velocidad de la marcha es la distancia recorrida entre el tiempo transcurrido. Cadencia o ritmo de paso es la cantidad de pasos que se dan en 1 minuto; además de la velocidad con la que se desplace, las personas más altas dan pasos más largos y los más bajos dan pasos más cortos, variando con ello el promedio en forma normal entre los 90 a 120 pasos por minuto en el adulto sano. (Krusen, 1993; Vaughan, Davis, O'Connor, 1999; Agudelo et. al 2013).

Las distribuciones en el espacio dependen en gran medida de las dimensiones del sujeto, y para un adulto corresponden en promedio a la siguiente forma: La línea de progresión de la marcha es la línea que sigue el desplazamiento de todo el cuerpo hacia delante al caminar, corresponde a la ubicación del centro de masa sobre el suelo, y coincide con una línea que se traza al centro entre el avance de ambos pies; debe ser prácticamente una línea recta y solo varía en los casos en que existe un problema de salud con variantes ondulantes o en zig-zag dependiendo del origen del problema. El ángulo del paso, o ángulo de la marcha, o eje del pie según el autor que se consulte, es la dirección en que se encuentra el pie durante el apoyo total, es decir, en el periodo postural intermedia; la punta del pie se encuentra entre los 5° y 8° hacia afuera en relación con la línea de progresión de la marcha. (Krusen, 1993; Agudelo et. al 2013).

La marcha se mide desde el choque de talón de un pie hasta el choque de talón del mismo pie, a esto se denomina longitud de zancada, varía mucho según la velocidad que lleve el sujeto al desplazarse. Desde el choque de talón de un pie al choque de talón del pie contrario se le llama longitud de paso y mide aproximadamente 40cm. La distancia que separa ambos pies es el ancho de paso o amplitud de base, que va desde caminar sobre una misma línea con distancia 0 cm (algo común en muchas mujeres) y reduce considerablemente el desplazamiento lateral del centro de gravedad; hasta tener una separación entre 5-10cm, más común en varones. La altura del paso son 5 cm, es la distancia máxima que llega a elevarse el pie para librar el suelo y evitar que la punta de los dedos arrastre y tropiece. En general, las distancias son aproximadamente iguales entre un pie y el otro. Las asimetrías importantes solo se llegan a presentar en sujetos con algún trastorno de salud. (Krusen, 1993; Vaughan, Davis, O'Connor, 1999; Agudelo et. al., 2013).

Conforme el individuo se va desarrollando y logra la bipedestación e inicia con la marcha, esta evoluciona y va madurando hasta alcanzar las características de la marcha del adulto, esto sucede a los 7 años aproximadamente. A partir de ese momento, los parámetros dimensionales son los que irán modificándose conforme el sujeto crece. (Pérez, 2004; Roche-Herrero, 2007; Agudelo et. al 2013).

Ver figura 2.1

La cinemática de cada segmento durante la marcha, desde la pelvis hasta los pies, ha sido estudiada y analizada minuciosamente a través de las nuevas tecnologías optoelectrónicas obteniéndose parámetros objetivos que antes no podían ser especificados.

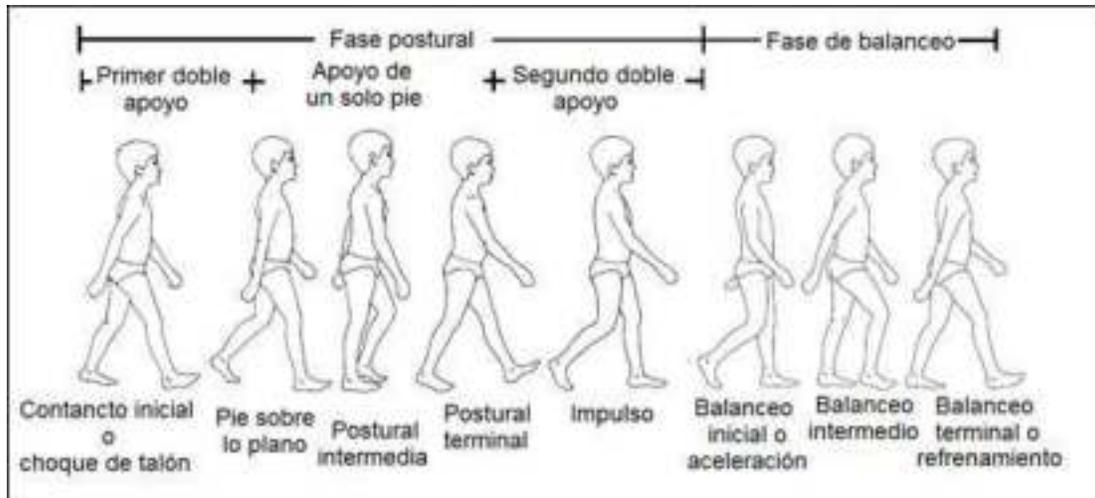


Figura 2.1 El ciclo de marcha normal en un niño de 8 años de edad. Tomado y modificado del libro Dynamics of Human Gait, 2da edición, de los autores Christopher L. Vaughan, Brian L. Davis y Jeremy C O'Connor

Dentro de la cinemática nos enfocaremos al análisis de los rangos de flexión y extensión de rodilla de nuestras niñas. Para ello debemos conocer los parámetros de la marcha normal del adulto. Los valores angulares fueron tomados del libro Clinical Gait Analysis Theory and Practice de Chris Kirtley, publicado en 2006, que aunque para este momento la tecnología ya ha evolucionado considerablemente en recursos, estos valores angulares de la rodilla en la marcha normal no varían. Basados en el análisis de estudios a personas consideradas normales, tanto varones como mujeres, de diferentes razas, se obtienen rangos y no un valor único, diseñándose el diagrama de flexión de rodilla que se expone en el libro:

Durante el choque de talón la flexión de rodilla llega de 0 a 5°. Durante la fase postural, el momento de mayor flexión mientras el pie está apoyado es en el momento de la postural intermedia cuando la rodilla de la pierna apoyada es alcanzada y pasada por la rodilla de la pierna que avanza en el aire, este rango va

desde los 15 a los 23° aproximadamente. El impulso alcanza entre los 10 y 18°. El balanceo intermedio es cuando mayor flexión de la rodilla se alcanza para poder librar la punta del pie del suelo y evitar tropiezos, aquí es cuando se alcanza el mayor grado de flexión de rodilla durante todo el ciclo alcanzando desde los 58 hasta los 70°. Ver figuras 2.2 y figura 2.3.

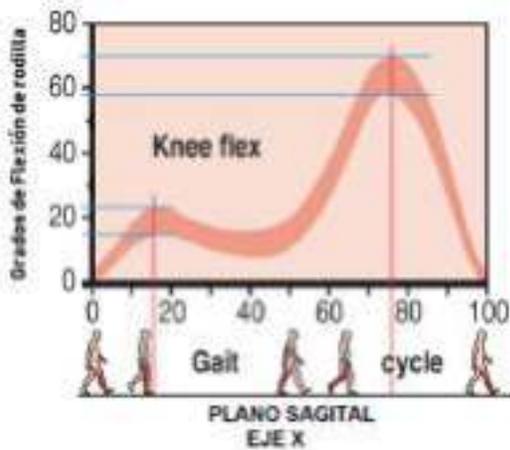


Figura 2.2 Gráfica con los grados de flexión de rodilla en el plano sagital. Tomado y modificado del libro: CLINICAL GAIT ANALYSIS Theory and Practice del autor Chris Kirtley. Edición 2006

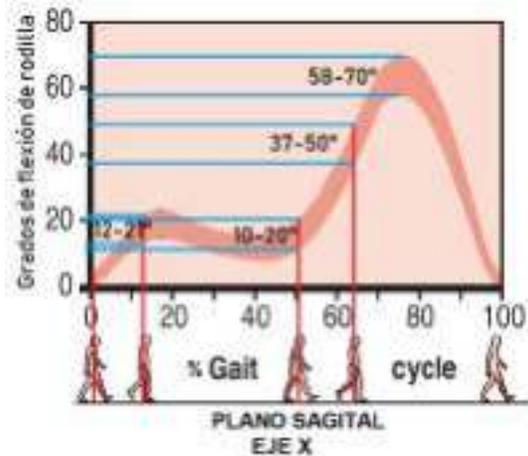


Figura 2.3 Gráfica con los grados de flexión de rodilla con énfasis en las fases del ciclo de la marcha

El rango de valores alcanzados en la flexión de rodilla durante el balanceo intermedio alcanza los 58 a 70° aproximadamente. La marcha normal de un niño de 6 años ya se encuentra dentro de estos rangos. Cualquier valor fuera de estos valores significa una alteración en la marcha. (Brill y Breniere, 1992, 1998; Ledebt, Brill, Breniere, 1998; Cavagna, Franzetti, Fuchimoto, 1993; Pérez, 2004; Kirtley, 2006; Roche-Herrero, 2007; Agudelo et. al 2013; Piccinini, Cimolin, Turconi, & Galli, 2009).

2.2 El desarrollo de la marcha desde la infancia

Desde el nacimiento hasta la madurez existe una serie de pasos en la evolución, que, aun siendo similares entre todos, no dejan de llevar cada uno su propio ritmo marcando ciertas diferencias en lo que se denomina proceso del desarrollo psicomotor. (Cobos, 1995; Pérez, 2004; Bernaldo, 2012; García, Martínez, 2016).

El Desarrollo Psico Motor incluye una amplia gama de áreas diferentes en el desarrollo del niño, que incluyen el área motora; la manipulativa; el área del lenguaje; y el área social; todo esto durante los primeros 24 a 36 meses de edad. El objetivo primario de la Psicomotricidad se engloba en el desarrollo de competencias motrices, cognitivas y socioafectivas, integrando todas estas interacciones en lo que se identifica como una identidad con capacidad de ser y expresarse dentro del medio donde se desenvuelve. (Pérez, 2004; Bernaldo, 2012; Fernández-Mayoralas y col., 2015). Este progreso que presenta el niño en esta adquisición de capacidades y habilidades es lo que se denomina Desarrollo Psicomotor, siendo en los primeros 2-3 años donde se caracteriza una gran plasticidad y una sensibilidad importante ante la presencia de estímulos externos, sin los cuales, estas habilidades no tendrían la posibilidad de desarrollarse. (Cobos, 1995; Bernaldo, 2012; García, Martínez, 2016).

Existe una diferencia considerable entre la psicomotricidad y la neuromotricidad; la psicomotricidad es la relación que existe entre el cuerpo, el movimiento y la psique, es la mente y la voluntad consciente o inconsciente dirigiendo y dominando los movimientos; y la neuromotricidad es la relación que se

crea, existe y se mantiene entre el sistema nervioso central actuando sobre el cuerpo a través del movimiento, en todo momento durante cada día, esta es fisiología como la estudia el médico y la trata el neurólogo. (Lapierre, 1974; Pérez, 2004; Bernaldo, 2012; Guerrero, 2016).

El Retraso en el Desarrollo Psicomotor (RPM) es la adquisición lenta o definitivamente anormal según la valoración de los médicos, de todas estas habilidades propias de la edad (Fernández-Mayoralas y col., 2016). Cuando el retraso que presenta es poco o moderado para su rango de edad y el niño puede ir avanzando dentro de los rangos normales, se le considera un niño de Riesgo Neurológico. (Cobos, 1995; Roche-Herrero, 2007).

Lo normal es aquello que es común a la mayoría. Así que mientras menor sea la diferencia en tiempo para alcanzar estas habilidades, se considera un desarrollo normal, y mientras mayor sea este tiempo se van perdiendo las posibilidades de alcanzar un desarrollo normal. (Pérez, 2004; Bernaldo, 2012; García, Martínez, 2016).

Conforme el niño se desarrolla, empieza a utilizar y reconocer su cuerpo, conociendo cada parte en sí mismo, a través de un espejo, en un dibujo, y en otro niño; además incluye saber la posición tanto de todo su cuerpo y la de cada segmento y cada una de sus partes. A esto se le denomina Esquema Corporal (Cobos, 1995; Martín-Lobo; Pérez, 2004; Bernaldo, 2012).

Tanto para lograr mantener el equilibrio como para realizar la marcha es importante la relación entre los sistemas muscular, óseo y articular con el sistema nervioso (tanto sus aferencias sensoriales, centros superiores de análisis y proceso de información y los centros de control volitivo; además de las eferencias motoras).

Esta relación entre el origen de la información, transmisión, recepción, análisis, toma y emisión de decisiones, con la transferencia de las ordenes al sistema muscular ejecutor, en el que las decisiones voluntarias definidas por las capacidades cognitivas, y los continuos ajustes inconscientes definidos por los reflejos posturales crea un patrón de movimiento denominado Engrama Motor (Pérez, 2004; Cerda, 2010), que debido a su repetición y dominio se vuelve automático e inconsciente (experiencia y práctica). Si un engrama motor no es aprendido correctamente o corregido en sus primeras etapas, se vuelve intrínseco al individuo, sin identificar las deficiencias en él, y por ende costando mucho esfuerzo consciente después el poder modificarlo. (Cobos, 1995; Comisión Nacional, 2013).

El esquema corporal y los engramas motores tienen sus orígenes desde los primeros meses de vida. Los movimientos denominados sinergias y automatismos desaparecen llegados los 6 meses, cuando el control cortical empieza a aparecer inhibiendo el control medular y de los centros inferiores del encéfalo, dando paso a la activación y control de los movimientos voluntarios. Los médicos denominan reflejos primitivos a los patrones motores innatos que se ejecutan automáticamente y serán modificados a través de respuestas controladas voluntariamente que resultan del aprendizaje adquirido a través de la experiencia. (Comisión Nacional, 2013; Martín y cols., 2014; García, Martínez, 2016).

Para poder controlar y mantener la postura (como el lograr quedarse sentado a los 6 meses, y conservar la postura corporal correcta conforme avanza la edad), y como base para el desarrollo de toda la motricidad, el tono muscular resulta considerado esencial, ya que para obtener una ejecución de los actos motores realizados de manera voluntaria y automática, el poder controlar el tono es

indispensable, pues sin este control, el mantenimiento y modificación de la postura y toda la actividad realizada por el cuerpo se tornaría imposible. (Le Boulch, 1995; Rigal, Paoletti y Portmann, 2003; Pérez, 2004; Guerrero, 2016).

Del control postural alcanzado dependen en gran medida, tanto la capacidad y las maneras de relacionarse, como la calidad de los aprendizajes adquiridos. Este control postural facilita y agiliza las condiciones en las que el sujeto puede llegar a realizar sus actividades voluntarias en una situación ideal. Por lo tanto, resulta imposible separar los conceptos tanto de postura y movimiento para poder alcanzar el control motor. Una cantidad incontable de estímulos y percepciones sensoriales provenientes de tejidos articulares, vientres musculares, porciones tendinosas, es decir, de puntos específicos en los diferentes tejidos, recogidos a través de las terminaciones nerviosas especializadas pertenecientes a la propiocepción, son las que determinan el proceso de identificar, analizar, y coordinar los procesos motores del control postural, tomándose estas percepciones, ya sea de todo el cuerpo o de los cambios percibidos en los tejidos del segmento de cualquier parte del cuerpo involucrado en la postura. (López, Fernández, 2006; Ganong y cols., 2010).

Para alcanzar un excelente desarrollo y madurez vestibular, es necesario obtener primero una madurez en la coordinación dinámica de manera general, es decir, son parte de un proceso que no puede saltarse pasos en su elaboración. Cuando esto se logra, entonces puede expresarse lo denominado motricidad global gruesa, que es lo que da paso a las habilidades de la marcha, la carrera, etc. Las modificaciones que también se están implementando en los centros neurológicos superiores durante el proceso de maduración, procesan la información que permitirá

la marcha bípeda e independiente (Pérez, 2004; Martín y cols., 2014; Guerrero, 2016).

El desarrollo de la marcha es un proceso realmente complejo, pues en él intervienen muchos factores, tanto motores (el desarrollo neurológico que controla los movimientos), perceptivos (tanto de los estímulos externos como la visión que indica un juguete atractivo por el cuál vale la pena desplazarse; como los internos, es decir los propioceptivos que indican la necesidad de cambios en el tono de los diferentes músculos que se verán involucrados y la posición de las diferentes articulaciones que participarán en el proceso); como los cognitivos (que son aquellos procesos neurológicos que implican la integración de la información recibida tanto del exterior como del interior para tener un panorama completo de la situación en la que el niño se encuentra, implica interacción y experiencia generando conocimientos), obteniendo así un control cortical sobre los patrones neuromotores que darán paso a la generación de los movimientos que permitirán desplazarse, desde el arrastre, el gateo, hasta llegar a la marcha y su perfección generando los engramas motores que se repetirán automáticamente por el resto de la vida del individuo. (Pérez, 2004; Martín y col., 2014).

Dentro de los tiempos significativos en el desarrollo psicomotor, la marcha se alcanza alrededor del año de edad, y se considera un signo de alarma si no se ha alcanzado al año y 5 meses. Alrededor de los 2 años ya empieza a correr, aunque aún con torpeza. A los 3 años empieza a dar saltos con sus dos pies; a los 4 años consigue quedarse parado en un solo pie. A los 5 años el valgo de rodilla que normalmente todavía presentan los lleva a pronar más el pie que cuando se es adulto. Para los 6 años los arcos longitudinal y transversal del pie se encuentran

definidos y las presiones en la planta del pie ya son como las del adulto. Y para los 7 años, el niño alcanza las características cinemáticas y cinéticas del adulto con excepción de los tiempos y longitudes debido a la talla que aun presentan; características que irán siendo modificadas conforme avanzan en talla y maduración motriz, hasta los 15 años de edad. (Pérez, 2004; Roche-Herrero, 2007; Agudelo et. al 2013).

El sistema perceptivo y el sistema motor son distintos y se desarrollan de manera independiente a través de los estímulos que el niño recibe y de la exploración que realiza con todo lo que existe a su alrededor. Durante la marcha se encuentran coordinados la cadera y la rodilla, para permitir el apoyo sobre esa pierna. Este patrón debe ser establecido desde las etapas primeras de la bipedestación para alcanzar una madurez ideal en los patrones de movimiento. Debe entenderse que, para lograr la marcha, la bipedestación es primero, y para lograr ésta, el desarrollo del equilibrio a través de los tres sistemas que lo controlan es indispensable (vista, caracol del oído interno, cerebelo). Pero, lo más complejo de todo, es la percepción de la propiocepción a través de las terminaciones específicas colocadas en el huso muscular, tendones de cada músculo, y cápsula articular de cada articulación, proporcionando el grado de tensión y presión en cada punto, determinados por el tono muscular y el propio peso de los segmentos en las articulaciones, regulados por el control cortical, pero a su vez, el control cortical es regulado por el cerebelo que permite el control fino y preciso de cada movimiento de cada segmento dentro del control del equilibrio. El poder caminar implementando el choque de talón, incluye que el pie contrario realice apoyo de la punta durante el impulso, esto se presenta como parte del desarrollo de las estructuras neurológicas

centrales y sus adaptaciones debido a los estímulos recibidos, básicamente por la propiocepción. De ahí la importancia de que la colocación de toda la pierna y cada uno de sus segmentos sea la correcta para desarrollar un patrón motor adecuado desde su inicio (López, Fernández, 2006; Ganong y cols., 2010; Martín y cols., 2014).

En la segunda fase, que va de los 2 a los 7 años, considerada intermedia, están ubicados los patrones básicos de movimiento, siendo estos indispensables para poder obtener las otras funciones aún más complejas que pertenecen a la tercera fase, los movimientos llamados especializados, pertenecientes a la edad de entre los 8 a los 14 años. La maduración y consolidación de estos movimientos básicos y sus patrones en el periodo de los 3 a los 7 años es lo que favorece que posteriormente puedan desempeñarse movimientos desde lo más generalizado, hasta los más específicos e incluso los de carácter de especialización. Todas las partes del cuerpo son utilizadas por la motricidad, y así es como se pueden desarrollar todas las actividades posibles, desde las más tempranas como el gatear, luego el correr, hasta algunas más complejas como el salto y el nado; y que cuando se realiza un manejo, entrenamiento y educación de este aspecto, entonces aparece una mejora del aprendizaje escolar en todas las áreas, no solo las actividades físicas, sino también los aprendizajes en materias como español, y todas y cada una de las ciencias, como las matemáticas, la física, y la química. (Pérez, 2004; Rigal 2006; Guerrero 2016).

Las habilidades motrices adquiridas proporcionan al niño una motivación intrínseca que lo lleva a una mejor integración en su grupo y por ello a participar en

un mayor número de juegos y actividades tanto en el tiempo de escuela como fuera de ella. (Jiménez y Araya, 2009).

El desarrollo y la evolución en el control que realizan los centros neurológicos superiores sobre el proceso del patrón de la marcha están definido en dos etapas. La primera incluye el aprendizaje y control de todos los ajustes necesarios en los primeros 3 a 6 meses de iniciada la marcha independiente, es decir, el equilibrio y la secuencia de los movimientos de cada segmento, tanto de las piernas como de los brazos y el tronco. La segunda fase está enfocada a desarrollar ese ajuste fino de cada fase de la marcha, y se logra su establecimiento y definición final alrededor de los 7-8 años de edad (Cavagna, Franzetti y Fuchimoto, 1983; Bril y Brenière, 1992; Ledebt y Bril, 1998; Ledebt, Bril y Wiener-Vacher, 1995), donde el control del desplazamiento del centro de gravedad ya está definido por un patrón muscular maduro. (Martín y col., 2014).

El patrón de la marcha propio del adulto es alcanzado hasta los 7-9 años, antes de lo cual el niño se la pasa experimentando con todos los estímulos que recibe y la integración de estos aprendizajes en su sistema nervioso y musculoesquelético, hasta poder alcanzar un conveniente control motor. (Collado, 2005).

Cuando existen alteraciones en el sistema motor, esto genera alteraciones también en el sistema perceptivo y por consecuencia, la información generada de esas experiencias generará una deficiencia en el esquema corporal que podrían ser causa de un retraso en el desarrollo psicomotor, o resultando en alteraciones del patrón de la marcha. (Martín y col., 2014). De ahí la importancia de realizar una intervención temprana antes de los 7 años, para lograr la alineación de los

segmentos pélvicos y corregir las fases de la marcha antes de que se establezca de forma permanente un esquema corporal erróneo y sea establecido un patrón deficiente de la marcha. (Cobos, 1995; Cobos, 1995; Martín-Lobo; Pérez, 2004; Cerda, 2010; Bernaldo, 2012; Comisión Nacional, 2013).

Entre los trabajos de estas autoras: Bril y Brenière, (1992); Bril y Ledebt, (1998); Cavagna, Franzetti y Fuchimoto, (1983); podemos encontrar que la capacidad muscular de controlar la postura a través de los miembros inferiores no se puede conseguir sino hasta alcanzados los 5-6 años de edad (Brenière y Bril, 1998). Poder tener el control de la cabeza, integrar los parámetros corporales y desarrollar los ajustes posturales que se anticipan a las necesidades del desplazamiento, requieren alcanzar la experiencia que proporcionan 8 años de marcha; y hasta los 10 años, por lo menos, también el desplazamiento en bipedestación logra un desarrollo sumamente importante para poder controlar la alternancia de los miembros pélvicos y para mantener el equilibrio en todas las fases de la marcha. (Ledebt y Brenière, 1994; Ledebt, Bril y Brenière, 1998; Roncesvalles, Woollacott y Jensen, 2001). Todo este proceso largo y progresivo para lograr un buen control postural antigravitatorio, la buena coordinación muscular en la secuencia de los movimientos, una buena percepción y control del equilibrio implican una necesaria integración de todos y cada uno de estos sistemas y de todos los componentes sensoriomotores; además de que aquí es donde se integra la intención voluntaria del movimiento y la motivación jugando un papel preponderante para dirigir cada uno de los movimientos, mientras los centros neurológicos superiores están gobernando todas estas respuestas motoras. (Ganong y cols., 2010; Martín y cols., 2014).

La información sensorial recibida de los diferentes segmentos termina provocando cambios en las estrategias motoras que determinan los centros superiores del sistema nervioso, y están determinados por las variantes del propio cuerpo y del medio ambiente. Si existen posturas viciosas o fuerzas externas actuando de manera frecuente sobre los segmentos pélvicos, pueden alterar la percepción al presentarse acostumbamiento, y a su vez generan alteración cognitiva de esta anormalidad, pudiendo aceptar lo que es negativo para el desarrollo psicomotor (Martín y cols., 2014). Así que, cuando por alguna razón, los niños no son convenientemente supervisados por los adultos, y adoptan posturas inadecuadas como el sentarse en “W” sobre el suelo mientras están jugando, las fuerzas provocadas por su propio peso actuando sobre sus segmentos óseos determinarán una alineación inadecuada provocando una mineralización y endurecimiento de los huesos fuera del rango ortopédicamente aceptado. (Larson, 1976; Xhardez, 2002).

Los procesos neuromotor y psicomotor conocidos de la formación de todos estos aprendizajes provenientes de las experiencias vividas día a día son la base de lo que llamamos control motor, que necesita reunir forzosamente toda la información importante colectada por todos los sistemas involucrados, para el desarrollo del esquema corporal y los engramas motores que determinarán toda la corporeidad del niño; requiriendo en forma importante la motivación, de todos los procesos corticales, los centros de control y regulación del movimiento, y los procesos cognitivos actuando sobre la locomoción. A través de llegar a la comprensión de los conceptos neuromotores, se considera a la marcha como un

excelente indicador del desarrollo tanto perceptivo, cognitivo y motor, con una gran influencia sobre las áreas emocionales y sociales. (Pérez, 2004; Martín y col., 2014).

2.2.1 Factores propioceptivos y exteroceptivos involucrados en la maduración de la marcha

Dentro de los factores externos involucrados en el desarrollo y maduración se encuentra la alimentación. En general y en casos carenciales importantes, en lo relacionado con el crecimiento y la motricidad, se puede encontrar lo siguiente:

El déficit de Vit D provoca laxitud ligamentaria, disminución en el tono muscular, retraso en la bipedestación y deambulación; curvatura de fémur, tibia, peroné, entre otros. El déficit de Vit E provoca debilidad muscular. La deficiencia de Cobalamina (parte del Complejo B) provoca debilidad, fatiga, retraso del crecimiento e hipotonía. La Vit C participan en el metabolismo del Calcio, su déficit provoca osteoporosis, trastornos en la síntesis de colágeno (parte fundamental de tendones, ligamentos, cápsula articular y de todo tejido conectivo); en los casos de deficiencias más severas dolor generalizado que puede llevar a la pseudoparálisis, hinchazón en piernas, hemorragias en fémur, y artritis. Dentro de los oligoelementos, la deficiencia de zinc, manganeso y cobre son indispensables para el transporte en las membranas celulares, sin ellos, la entrada de nutrientes a las células se ve disminuido. El cobre interviene en la mineralización ósea, además de ser necesario en el uso del Fe por los glóbulos rojos provocando anemia si existe deficiencia y retraso en el desarrollo psicomotor. El Hierro cuando falta provoca anemia y con ello

poca oxigenación celular manifestándose como fatiga y debilidad. El Calcio y el Fósforo son los que conforman la mineralización ósea, sin suficiente de ellos, se presenta la osteoporosis. El Magnesio participa en el metabolismo del Calcio, y es necesario para un correcto aprovechamiento de las moléculas de ATP durante la contracción muscular. (Comité de Nutrición AEP, 2007; Bonvecchio y col., 2015).

Otro factor externo es la Postura. Se define la postura correcta como aquella que no provoca cargas excesivas al sistema musculoesquelético en ninguna de sus estructuras, en especial a la columna vertebral. Y la Postura Viciosa como la que provoca cargas innecesarias y excesivas ya no solo a las estructuras del sistema musculoesquelético como los huesos, articulaciones y músculos, sino también sobrecarga otras estructuras importantes como los vasos y nervios; llevando a un sobreesfuerzo de los tejidos y provocando un desgaste que a la larga resulta permanente en las estructuras involucradas, y perjudicando especialmente a la columna vertebral. Cuando eso sucede, termina provocando lo que conocemos como defectos posturales, que, si no son corregidos a tiempo en la niñez, cuando el sistema óseo no está consolidado ni el daño es permanente, entonces la mineralización de los huesos ira adoptando precisamente las formas definidas por una interacción muscular deficiente. (Krusen y col., 1993; Andújar y Santonja, 1996).

El Engrama Motor es la representación organizada a nivel neurológico de toda la secuencia de movimientos dentro de la actividad muscular. Por ejemplo, cuando se está aprendiendo a caminar, hasta que se adquiere el patrón de la marcha maduro. Esta secuencia es aprendida y corregida a través de la repetición, si la repetición del movimiento es correcta así se desarrollará el engrama motor cada vez que el sujeto realice esa secuencia; y si la repetición es incorrecta y no es

corregido, se aprenderá a realizar una secuencia de movimientos de forma inapropiada. Tomando en cuenta todo lo anterior, el cuerpo realiza los engramas motores con patrones de movimiento aprendidos durante su desarrollo. Es posible que no se aprendan correctamente estos engramas debido a debilidad muscular provocada por falta de actividad física, aunado a posiciones viciosas que por su frecuencia diaria provocan una elongación de algunos músculos y contractura de otros; llevando así a mala alineación articular y con ello a un uso segmentario y corporal inadecuado durante las actividades de la vida diaria (Larson, 1976; Krusen y col., 1993; Pérez, 2004; Cerda, 2010).

Cuando una postura se automatiza por su repetición sistematizada, entonces se establecen los denominados hábitos posturales. Una adecuada postura corporal durante el crecimiento favorece el adquirir buenos hábitos posturales. Mantener posturas inadecuadas tenderá entonces a formar malos hábitos posturales, que conforme avanza el tiempo, tenderán a repercutir en la salud del sistema musculoesquelético. (Krusen y col., 1993; Aguado, 1995; Andújar y Santonja, 1996).

Las posturas correctas y las medidas para una higiene postural no solo incluyen consejos sobre el equipamiento ergonómico, sino que el individuo debe interiorizar las actitudes posturales correctas durante todos los días de su vida, a través de posturas cómodas que no provoquen esfuerzo en el sistema musculoesquelético. (Santonja, 1996).

Las contracciones musculares ponen bajo tensión a los huesos estimulándolos a la mineralización y afectando su forma y su densidad; por tal una contracción muscular correcta estimula una correcta mineralización y forma ósea, y una desalineación en la contracción muscular somete a tensión los huesos de tal

manera que la mineralización se realizará sin seguir una alineación conveniente para una posterior forma ósea y un correcto desarrollo de todo el organismo. Esto deja muy en claro la importancia de realizar actividad física en las etapas tempranas de la vida, que nos ayude a tener músculos fuertes para mantener las posturas correctas durante todas y cada una de las etapas del desarrollo (Andújar y Santonja, 1996; Kisner y Allen, 2005).

Larson, deja clara la importancia del tiempo en que los niños mantienen una postura inadecuada, menciona el caso de permanecer horas sentados frente al televisor en posición de W, cómo esta posición actuando sobre la cadera aplica fuerzas anormales que contribuyen a la anteversión femoral. Incluso insiste que el área médica debe dar indicaciones a los padres, maestros, y cuidadores, para que estén atentos y no permitan esta postura en los niños, y los corrijan a sentarse en posiciones adecuadas (Larson, 1976; Cobos, 1995).

La aparición de defectos posturales tiene sus inicios en edades tempranas. Sus causas son muchas, van desde las más sencillas como mantener posturas viciosas, incapacidad de mantener las posturas adecuadas por debilidad muscular por falta de actividad física, hasta moderadas como la desnutrición y causas más severas como genéticas y metabólicas. (Comité de Nutrición AEP, 2007; Bonvecchio y col., 2015; T. de la Calle, 2015).

Rodríguez (1998) demostró que dedicando unos minutos de la clase de Educación Física a la toma de conciencia del movimiento pélvico y escapular, así como al fortalecimiento abdominal, lumbar, y estiramiento isquiosural, se consigue una mejora postural de los escolares.

Cerda (2010) explica que la clave para realizar una estrategia de equilibrio y mantener la bipedestación se encuentra en las articulaciones inferiores que soportan más carga, específicamente el tobillo y la cadera; a través de las respuestas, cambios y modificaciones en la postura que son dados por las contracciones en conjunto y coordinadas de los músculos, tanto de aquellos que pertenecen al tronco como a los segmentos, para conseguir así que el cuerpo mantenga el control y la corrección del equilibrio y el balanceo, ya sea que se encuentre estático o en movimiento y se logre mantener así la postura erguida. Esto enfatiza la importancia de la influencia de un buen o mal funcionamiento tanto de cadera como tobillo sobre el resto del cuerpo.

2.3 Alteraciones de la marcha

La marcha puede ser alterada en muchas formas y por múltiples etiologías. Entre ellos están los trastornos ortopédicos, reumáticos, neurológicos, endócrinos, etc. Los problemas de rotación de los miembros inferiores son un motivo frecuente de consultas al pediatra. Pertenecen al rubro de Ortopedia.

Cuando el niño tiene alrededor de 4 años es que los padres notan que comienza a meter los pies al caminar, incluso llega a causar tropiezos frecuentes y hasta caídas, provocando muchas veces retraso en el desarrollo de habilidades y destrezas motoras. Los niños que presentan Anteversión Femoral, ver figura 2.4, tienen unas posturas características, como sentarse sobre sus piernas formando una “W”, ver figura 2.5, y dormir boca abajo con la punta de los pies hacia dentro, por lo que gran parte del tratamiento lo constituye el eliminar estas posturas. Aun

así, un gran número de estos niños no logra la corrección completa de la intrarotación y las puntas de sus pies siguen señalando hacia la línea media cuando llegan a adolescentes y algunos aún en la edad adulta. (Larson, 1976; Kisner, 2005, Martínez, 2005). En su estudio, Jacquemier, et al. (2008), demostraron que la incidencia es mayor en niñas que en niños.



Figura 2.4 Anteverción femoral



Figura 2.5 Niña sentada en "W"

La anteverción femoral se presenta hasta en un 28% de todos los trastornos rotacionales en los miembros inferiores de los niños, esto significa un 10% del total general de la población infantil, y es la causa más frecuente de marcha con la punta de los pies hacia dentro (Jacquemier y col, 2008; Gutiérrez); siendo frecuente antes de los 8 años y disminuyendo cada vez más su incidencia hasta llegar a ser raro después de los 12 años. Las capacidades motoras incluyendo las deportivas de estos niños, se ven mermadas por la facilidad con la que muchos de ellos tropiezan y caen; si este problema es detectado a tiempo y manejado adecuadamente es posible que puedan integrarse a actividades que los encaminen a un desarrollo y rendimiento físico mucho mayor del que les deja la corrección natural del desarrollo

que usualmente suele aparecer hasta los 9, 10 u 11 años; y que no sucede en todos los casos, quedando un porcentaje alto todavía de sujetos que llegan a adultos habiendo mantenido la anteversión femoral (Darmana y Cahuzac, 2014).

En la revisión ortopédica, se encuentra normal la anteversión femoral hasta de 40° al nacimiento. Para los 10 años disminuye de manera normal hasta 24° y al llegar a la adolescencia puede ser tan solo de 16° (Martínez, 2005). La exploración física incluye el examen postural, de pie en vistas tanto anterior, lateral y posterior; observarlo sentado, acostado y en marcha; la marcha es de especial valor, ya que se puede observar en forma dinámica la mala alineación rotacional o angular, datos que podrían mantenerse ocultos durante una postura inmóvil. (Krusen y col., 1993; Morrissy & Weinstein, 2001).

Los perfiles rotacionales de los miembros inferiores son muy variables entre los niños normales, y diferentes condiciones no patológicas pueden aparecer durante la marcha o al correr. Nos especifican que la desviación del pie al caminar se considera como torsión y es resultado de varios aspectos, entre ellos el control muscular. Pero al evaluar la anteversión femoral se utiliza como referencia la rotación de la rodilla en relación con el resto del cuerpo (Morrissy & Weinstein, 2001). Debe haber un equilibrio entre grupos musculares opuestos durante la dinámica de la marcha, y ya que la flexibilidad varía con la maduración del niño, la edad es otra variable importante. También existe diferencia entre los géneros, siendo mayor la desviación rotacional en las niñas (Jacquemier y col, 2008; Gutierrez), y es más marcada la diferencia mientras más pequeños son. La variación entre el eje del pie es grande en niños mayores de 5 años. Una vez que ha madurado y ha sido

establecido el patrón de la marcha, el ángulo de progresión del pie varía muy poco (Darmana y Cahuzac, 2014).

Lo ideal para cualquier tratamiento es el diagnóstico temprano, ya que permite derivarlo al servicio médico correspondiente. Desde el punto de vista de administración de tratamientos y toma de decisiones para la realización de procedimientos específicos que ayuden a cada caso en particular, el médico pediatra identifica el problema, y deriva al niño al servicio de Rehabilitación u ortopedia según se amerite. El niño es enviado a Rehabilitación cuando existe riesgo del retraso psicomotor aun cuando no sea evidente; si se considere pertinente y sea factible se le administrará Estimulación Temprana con propósitos de evitar que el riesgo se vuelva en un retraso real con deformación importante intentando alcanzar los estándares normales o evitar un retraso mayor; o el de la Reeduación cuando las habilidades, una o varias, fueron adquiridas y posteriormente por alguna circunstancia se perdieron; con el objetivo de conseguir las capacidades de adaptación social y al medio que se le presenten al niño. Y si el retraso es ya evidente, entonces el departamento de Fisioterapia es el encargado de manejar al niño, ayudando con esto a una evolución más acorde con la edad cronológica. Claro que debe incluirse el tratamiento medicamentoso, quirúrgico, etc., que llegue a ameritarse según la causa del retraso presente. Es muy importante evitar reacciones alarmistas que pudieran alterar a los padres y agravar la situación del niño (Krusen y col., 1993; Fernández-Mayoralas y col, 2015).

Está comprobado que cuando el fémur se encuentra en alineación normal, la densidad ósea a nivel de cóndilos femorales y mesetas tibiales aumenta, siendo huesos más fuertes y resistentes y las articulaciones de rodillas mejor desarrolladas;

en relación con aquellos sujetos que presentan la rotación interna de cadera (anteversión femoral) en donde se genera dolor en la parte anterior de la rodilla, y esta desalineación articular provoca que la densidad tanto de los cóndilos femorales como de la meseta tibial esté disminuida, y con ello un desgaste articular favoreciendo un deterioro tan importante que termine con la función del tejido afectado y con ello la aparición de una discapacidad. Y este efecto negativo resulta de cualquier desalineación y torsión en donde se presente, afectando mayormente a las articulaciones que presentan mayor carga, como lo son rodillas y tobillos, aunque no es posible determinar el grado de afectación e incidencia sobre el daño articular próximo o futuro. Los padres deben ser informados de todas las posibles consecuencias y de la evolución natural del trastorno estructural y funcional que se puede generar con el tiempo; y por supuesto, el niño debe ser informado también conforme crece, para que logren entender y tomen juntos como familia todas las medidas preventivas posibles y los tratamientos correspondientes llegado el momento. (Krusen y col., 1993; Morrissy & Weinstein, 2001; Darmana y Cahuzac 2014).

Los niños que presentan un trastorno postural muy severo y fácilmente identificable son atendidos tempranamente por sus médicos pediatras y la mayoría de los problemas se resuelven favorablemente. Sin embargo, hay muchos casos que no son severos y se enmascaran fácilmente con rasgos normales, o los padres no los consideran problemas reales, pudiendo quedar muchos casos leves sin diagnóstico. Pero el que no sean casos severos, o el ser trastornos leves en la infancia, no significa que dejen de ser potencialmente de riesgo para el desarrollo posterior y la salud articular de la zona afectada. Los niños que presentan un grado

de desviación importante y no son intervenidos adecuadamente en tiempo y forma llegan a mantener permanentemente al crecer, estas desalineaciones segmentarias provocando la necesidad de una intervención quirúrgica determinada por el cirujano ortopedista, para evitar una pérdida funcional mayor al madurar como individuos. (Vidarte, Orozco, 2015).

La detección no se hace muchas veces hasta que los niños entran a las escuelas, la capacitación de los docentes es prioritaria, ya que, si no están preparados, los casos pasan desapercibidos. La falta de detección y manejo temprano de los trastornos posturales en niños lleva a una mineralización deficiente y a una alineación errónea de los segmentos óseos y las consecuencias pueden llegar a ser irreversibles. (Andújar y Santonja, 1996; UNICEF, 2013).

Cuando los trastornos posturales se vuelven evidentes, se requiere la intervención médica lo más tempranamente posible, y con el fin de evitar intervenciones invasivas y agresivas como las cirugías ortopédicas, lo ideal es el trabajo del departamento de Rehabilitación, con la kinesioterapia capaz de corregir las deficiencias y desequilibrios musculares existentes en cada situación en particular (Krusen, 1993; Xardez, 2002; Kisner, 2005).

El tratamiento de la anteversión femoral puede ser conservador con kinesioterapia, o bien la intervención ortopédica en los casos francamente severos en vista de los riesgos de aparición a largo plazo de gonartrosis o coxartrosis, con una degeneración tal que amerite el abordaje quirúrgico. Su tratamiento conservador consiste: Primero en modificar las actitudes posturales al sentarse o dormir, con apoyo de los padres y maestros para una mayor supervisión. Segundo en una corrección de la marcha a través del acondicionamiento muscular. Los

ejercicios que ayudarán a corregir la intervención muscular incluyendo fortalecimiento con isométricos e isotónicos contra resistencia de psoas iliaco, glúteos mediano y menor, de los aductores de cadera, abductores de cadera, y rotadores externos de cadera; además de juegos y deportes que trabajen estos grupos musculares como el patinaje y la equitación (Xhardez, 2002; Krusen, 1993; Conejero y Romero, 2018).

La cirugía ortopédica solo se justifica en casos graves, para la torsión del esqueleto de la pierna, y para la anteversión del cuello femoral después de los 7 años, osteotomía subtrocantérea en los casos de más de 40° (Morrissy & Weinstein, 2001; Conejero y Romero, 2018).

El que tradicionalmente se traten los problemas posturales solo en clínicas especializadas, por fisioterapeutas o kinesiólogos, y con tratamientos individualizados, no significa que los casos menos agresivos no puedan ser tratados con deportes que apoyen; y sobre todo, en modo preventivo a la corrección del defecto postural, en áreas totalmente ajenas a una clínica. El maestro de Educación Física puede hacer su parte con actividades y juegos en grupo que trabajen los músculos previamente señalados para favorecer la corrección de la alineación del segmento (Xhardez, 2002; Andújar y Santonja, 1996).

3 DATOS ESTADISTICOS

3.1 Información Internacional

Los defectos posturales en columna de escolares tienen una incidencia arriba del 10% dentro de la población general, y dentro de los trastornos rotacionales de los miembros inferiores, la anteversión femoral hasta en un 28%. La intervención temprana que fortalece la musculatura para corregir esos defectos posturales puede evitar que se vuelvan permanentes y además se evitan las deformaciones que se originan como consecuencia de estas deformaciones iniciales. (Sainz, Rodríguez y Santonja, 2010).

En México, la Encuesta Nacional de Salud Medio Camino ENSANUT MC 2016 dejó establecido que no hubo modificación alguna respecto a lo encontrado desde 2012, en que solo el 21.8 % de niños y 12.7 % de niñas en México son categorizados como activos de acuerdo con los criterios de la OMS.

3.2 Organización Mundial de la Salud (OMS), Organización de las Naciones Unidas (ONU)

La OMS publicaba en 2017 en internet que, las Enfermedades No Transmisibles (ENT) como la hipertensión, diabetes, obesidad, trastornos cardiovasculares, etc., tienen cada vez mayor incidencia debido a que los índices de inactividad que la población general está presentando van en aumento. En el ámbito mundial, el 23%

de los adultos y el 81% de los adolescentes en edad escolar no se mantienen suficientemente activos. Eso favorece múltiples trastornos posturales en toda la población, y es ejemplo para la población infantil.

Se busca que de alguna manera la población de todas las edades logre asimilar el concepto de que no realizar nada de actividad física es perjudicial y por poca que sea la cantidad que se realice los beneficios en la salud siempre vendrán con ella. Se recomiendan instrucciones de actividad física acordes a cada grupo de edad de la población pretendiendo que se vayan realizando aumentos graduales tanto en tiempo, en intensidad y en frecuencia. Y también insiste en que cada país y cada comunidad debe ofrecer más posibilidades y medios a su población para que las oportunidades de realizar actividad física aumenten y les incentive a ser más participativos en el mejoramiento y mantenimiento de su propia salud.

Información obtenida de la página oficial de la ONU. Referencia al final.

3.3 Información Nacional. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino 2016

La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino 2016 fue comisionada por la Secretaría de Salud de México para generar un panorama estadístico sobre la frecuencia, distribución y tendencias de las condiciones de salud y nutrición y sus determinantes en los ámbitos nacional, regional y en las zonas urbanas y rurales. Un segundo propósito fue obtener información sobre la respuesta social organizada, principalmente sobre el desempeño del sector salud, con énfasis

en la Estrategia Nacional para la Prevención y el Control del Sobrepeso, la Obesidad y la Diabetes.

SALUD, OBESIDAD Y SOBREPESO

En los últimos 30 años, un alto porcentaje de la población mexicana ha manifestado los efectos resultantes de la falta de actividad física al aumentar el porcentaje de grasa corporal llegando al sobrepeso y la obesidad. Esto ha afectado a todos los grupos de población, pero es más frecuente en escolares, adolescentes y adultos jóvenes. Resulta muy preocupante a las autoridades debido a los posibles trastornos de salud que se pueden llegar a desarrollar con el aumento de peso, eso incluye Diabetes Juvenil, Hipertensión, y Trastornos Cardiovasculares en general, que han estado afectando cada vez a población más joven, incluso a los de edad escolar, cuando hace apenas 3 décadas estos tipos de trastornos de salud solo se observaban en poblaciones mayores de 50 años.

Para poder controlar estos efectos que han afectado a la población en general, es necesario un esfuerzo en conjunto tanto de las autoridades gubernamentales, escuelas de todos los niveles, el núcleo familiar, organizaciones comunitarias, profesionales de la salud, Instituciones de Salud, incluso la industria y las empresas educando a sus empleados

No ha habido cambios estadísticamente significativos desde 2006, por tal se considera una estabilización en las prevalencias.

Dadas las graves consecuencias a la salud que acarrea el exceso de peso en la población escolar y adolescente es imprescindible enfatizar y sostener

acciones de activación física y educación nutricional que permitan mantener un IMC saludable en toda la población.

En el caso de los niños en edad escolar la tendencia parece haberse aplanado desde el 2006. En adolescentes parece que se mantiene un pequeño incremento después del 2006, menor que en los períodos previos, pero que no alcanza significancia estadística entre 2012 y 2016, posiblemente porque el tamaño de la muestra en 2016 es relativamente pequeño.

ACTIVIDAD FISICA

Los resultados indican que en México más del 80% de los niños entre 10-14 años no cumple con las recomendaciones de actividad física.

De acuerdo con un estudio publicado en 2015 que describe la tendencia y prevalencia de actividad física en niños y adolescentes (11-15 años) de 32 países, la prevalencia fue de 18.6%, siendo mayor en niños. Este hallazgo es similar a lo que se encontró en esta encuesta, en donde únicamente el 17.2% de los niños entre 10-14 años cumple las recomendaciones de actividad física. Se ha documentado ampliamente que las niñas tienen menores niveles de actividad física que los niños, lo cual coincide con los hallazgos de esta encuesta donde la proporción de actividad física fue significativamente menor.

Aunque la proporción de participantes que reportan niveles de actividad física adecuados parece haber aumentado en los últimos 3 años, se debe de considerar que casi el 40% de los adolescentes no cumple con la recomendación de actividad física.

Los principales resultados se presentan a continuación:

NIÑOS EN EDAD ESCOLAR – 5 a 11 años de edad

Tres de cada 10 menores padecen sobrepeso u obesidad (prevalencia combinada de 33.2%). En 2012, la prevalencia en este grupo de edad era de 34.4%. En esta última medición se observa una disminución significativa del sobrepeso en niños varones.

Se observa un incremento progresivo en la prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad en zonas rurales en ambos sexos.

ADOLESCENTES – 12 a 19 años de edad

Casi 4 de cada 10 adolescentes presenta sobrepeso u obesidad (prevalencia combinada de 36.3%). En 2012, esta cifra era de 34.9%.

En mujeres adolescentes, se observó un aumento del 2.7 puntos porcentuales en sobrepeso, alcanzando un nivel de 26.4%. La prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad en mujeres adolescentes fue de 39.2%

En hombres adolescentes se presenta una reducción, de 34.1% a 33.5% en prevalencia combinada.

Antecedentes

3.4 Antecedentes de estudios en educación básica

3.4.1 A nivel Internacional

Existen publicaciones de que la intervención del Educador Físico tiene influencia positiva en la corrección de los defectos posturales en etapas escolares:

El maestro de Educación Física puede hacer su parte con actividades y juegos en grupo que trabajen los músculos débiles para favorecer la corrección de la alineación del segmento que se desee trabajar (Andújar y Santonja, 1996).

Rodríguez (1998) demostró que dedicando unos minutos de la clase de Educación Física a la toma de conciencia del movimiento pélvico y escapular, así como al fortalecimiento abdominal, lumbar, y estiramiento isquiosural, se consigue una mejora postural de los escolares. En el grupo control (que no siguió un programa específico de postura durante las clases) se observó un aumento de los morfotipos cifóticos y lumbares alterados, tanto en frecuencia como en gravedad, en flexión máxima del tronco y en sedestación, mientras el grupo experimental (que siguió el programa específico de postura durante el curso escolar) se encontró una disminución tanto de frecuencia como de gravedad en aquellos.

Al hablar de un entrenamiento en la fuerza de los niños, debe aclararse que sus músculos presentan diferencias morfológicas, histológicas y bioquímicas en cuanto a compararse con las características del adulto. Su velocidad de contracción

es considerablemente más lenta; además de que, el sistema óseo es con mucho más flexible y elástico debido a la menor calcificación que presentan, y por ello mismo, sus huesos toleran menos la presión y la flexión. (Andújar y Santonja, 1996; Morrissy y Weinstein, 2001; Domínguez y Espeso, 2003).

En cada una de las etapas del desarrollo es importante poder considerar un tipo de ejercicio que desarrolle la musculatura y sus destrezas, y la fuerza en función del grado de maduración del niño. No ha habido un consenso entre cuándo poder iniciar con el entrenamiento de la fuerza, pero se ha llegado al acuerdo de que existen en la vida periodos con una especial sensibilidad y una gran respuesta a estímulos específicos de entrenamiento. Y como tal, se considera que la fuerza debe iniciar su entrenamiento a partir de los 7 años y no antes; incluyendo actividades naturales, tales como empujar, correr, traccionar, trepar, que mejoran las capacidades de los músculos involucrados favoreciendo posturas y actitudes corporales correctas. Sin olvidar que, debido a un desarrollo incompleto del sistema musculoesquelético, no es conveniente generar grandes esfuerzos por existir riesgo de generar malformación y deformación en las estructuras óseas, pérdida de elasticidad en músculos, tendones y articulaciones, además de poder provocar lesiones debido a un mal manejo del instructor. (Domínguez y Espeso, 2003).

Cuando se habla de problemas específicos de la marcha, se puede decir en caso de una debilidad en aquellos músculos que participan en la locomoción y el equilibrio y dificultan el desplazamiento, que se suele aumentar los movimientos del tronco para lograr compensar tal debilidad. En estos casos, el aumento en los movimientos del tronco aumenta el desplazamiento del centro de gravedad implicando con ello un gasto energético mayor (Collado, 2005).

Cuando se realiza una intervención motriz en escolares, ya sea con propósito terapéutico, o más tempranamente con fines preventivos, el objetivo es, lograr llevar el control del movimiento a un nivel más alto, ayudando al desarrollo psicomotor a conseguir mayor eficiencia y coordinación, a través de un programa adecuadamente diseñado para los niños y niñas con secuencia de movimientos propios de su fase de desarrollo; así el gesto motor se vuelve automático, rápido, y la secuencia se desarrolla en forma fluida al ir pasando de un control voluntario a un control integrado por las vías motoras; ayudando también con esto a reafirmar los aspectos cognitivos, emocionales, y sociales. Además de mejorar toda su coordinación y de favorecer la motivación intrínseca para la participación en actividades dentro y fuera de la escuela, el estimular a los niños les proporciona a mediano plazo un arraigo en la actividad física, y un plazo mayor una vida físicamente activa y sana. Los efectos de la actividad física favorecen siempre a los varones, en distintas proporciones, desde la niñez y siendo mayor conforme avanza la edad y se acerca a la adolescencia. Aun así, indistintamente de la edad y del género, se concluye que aparecen mejoras en el desarrollo motor en edades desde los 6 hasta los 11 años. Se encontró también una mejora importante en los aspectos cognitivos y con ello en los rendimientos académicos, siendo más marcado este aprovechamiento en las edades de los 11 a los 13 años. Se concluyó que la intervención en los escolares con un programa motriz favorece el desarrollo motor grueso, tanto el componente de locomoción como el de manipulación. (Thomas y Gallagher, 1986; Jiménez y Araya, 2009).

En otro estudio, encontraron una clara mejora de la disposición dinámica del raquis en las regiones torácica y lumbar tras la aplicación de un programa de postura corporal, lo que corrobora la importancia de un trabajo adecuado y precoz. También encontraron una mejora en los hábitos de sedestación tras la aplicación del programa de mejora postural a pesar de no haber realizado un programa específico en las aulas para la enseñanza y mejora de la postura en esta posición. (Sainz, Rodríguez y Santonja, 2010).

Buscando métodos no invasivos para apoyar en las cirugías de prótesis de cadera, y definir la colocación de la prótesis para que el ángulo del cuello femoral quedara en la posición anatómica correcta y evitar tanto la anteversión como la retroversión femoral; se experimentó con el equipo Vicon utilizado para la evaluación de la marcha en los laboratorios de biomecánica, utilizando las 12 cámaras de infrarrojos y los marcadores reflejantes en forma de pequeñas esferas; encontrándose que, al medir el eje de la pelvis, el eje de los cóndilos femorales y el eje de los maléolos, de la misma pierna, se podía definir que la diferencia en comparación de las mediciones tomadas por los sistemas de imágenes invasivas de Tomografía Computarizada, tenían una diferencia no significativa y podía considerarse como si fuera el valor correcto. Sentándose un antecedente en el uso de este equipo para la medición de la anteversión femoral. (Turley, et. al, 2012).

Haro (2014), investigó la evolución de los diferentes métodos de estudio de los movimientos humanos, más específicamente la marcha y sus alteraciones. Observó cómo grandes avances han sido posibles en patologías tales como parálisis cerebral, espina bífida y enfermedades neuromusculares, al facilitar la comprensión de los mecanismos subyacentes de sus alteraciones, definir perfiles

de evolución en el tiempo, y controlar de manera más objetiva los tratamientos y sus resultados con una mirada funcional, mejores resultados y optimización de recursos. Se enfocó en la descripción del laboratorio más moderno en la actualidad de análisis de la marcha con sensores y cámaras de infrarrojos, y todo el proceso de recolección y análisis de datos, con un software sofisticado y sensible que permite identificar hasta los cambios y variaciones más mínimos en la ejecución de los movimientos, ejecutando una serie de gráficos con datos objetivos y de alto valor científico. Ejemplificó varios cuadros clínicos y presentó hallazgos propios de cada padecimiento. Concluyó diciendo que el análisis de la marcha permite entre otras cosas: (1) Entender las alteraciones dinámicas de la marcha y diferenciar las causales primarias de las alteraciones secundarias y mecanismos compensatorios. (2) Definir el perfil de la marcha en diferentes patologías. (3) Ayudar en la planificación de los tratamientos con mejor optimización de recursos. (5) Facilita la toma de decisiones quirúrgicas. (6) Medir los resultados de tratamientos tanto conservadores como quirúrgicos. (7) Hablar un lenguaje común. Y que (8) es una herramienta ampliamente reconocida para docencia e investigación (Haro, 2014).

Con estos antecedentes de éxito, sería difícil no considerar la opción de intervenir con Educación Física, ante un defecto postural específico que incluye debilidad en músculos de la región pélvica que puede corregirse con acondicionamiento físico, y valorar los resultados utilizando el método de evaluación de la marcha de los laboratorios de Biomecánica.

3.4.2 En México

No se encontró en nuestro país un estudio similar que aborde el problema de la anteversión femoral en escolares. Los datos encontrados y registrados se enfocan en posibles factores que perjudican el estado psicomotriz en nuestros educandos.

Un estudio realizado en México encontró a través de una encuesta aplicada a escolares de 10-12 años, diversas causas que les traen una alta incidencia de dolor de espalda, entre ellas el peso de la mochila, tiempo sentados viendo televisión, posturas inadecuadas durante el día, sedentarismo, todas ellas causas que favorecen la falta de acondicionamiento físico y alteraciones posturales de columna. (Canté, C.C., Kent, S.M., Vásquez, G.M., Lara, S.R., 2010).

De un estudio en Ciudad del Carmen, con 219 alumnos de los 9 a los 12 años, se encontró que el 14.2 % presentaron escoliosis; el 41.7% tuvieron postura incorrecta; y el 53.5% tenían obesidad. Estas 3 características son predominantes en niños sedentarios, pudiendo ser eliminadas o al menos disminuidos los porcentajes de manera considerable con una adecuada intervención de los maestros de Educación Física de las escuelas, aprovechando que, aunque los porcentajes encontrados son similares dentro de la población mundial, la gran mayoría de estos niños no presenta alteraciones estructurales importantes en los estudios radiológicos, favoreciendo el efecto de una intervención temprana. (Zurita, Ruiz, Zaleta, Fernández S., Fernández G. y Linares, 2014).

Un estudio en Tabasco encontró que los defectos posturales de los miembros inferiores en los niños, además de tener un gran número de etiologías han aumentado considerablemente en los últimos años; y mencionan la importancia de intervenir para ayudar a corregir la alineación de los segmentos y favorecer la calidad de vida en los años de la adultez. (Córdova C., Regino J., de la Cruz G., López M., Pimentel D., 2015).

4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los costos familiares en la atención de la salud llegan a ser altos, sobre todo si se atienden con servicios privados. Las instituciones de salud invierten muchos recursos tanto personales como materiales, en la atención de las secuelas provocadas por defectos posturales, terminando incluso muchos de los casos en cirugías con implementación de prótesis y sus tratamientos rehabilitadores. Todos estos costos pueden disminuir si se realiza una intervención temprana.

La detección no se hace muchas veces hasta que los niños entran a las escuelas y las alteraciones presentes resultan demasiado obvias, la capacitación de los docentes es prioritaria, ya que, si no están preparados, los casos menos severos pasan desapercibidos. La falta de detección y manejo temprano de los trastornos posturales en niños lleva a una mineralización deficiente y a una alineación errónea de los segmentos óseos y las consecuencias pueden disminuir a la larga la calidad de vida, incluso provocar trastornos irreversibles. (Mujica, 1981; Andújar y Santonja, 1996; UNICEF, 2013).

El grado de incidencia de niños con problema de anteversión femoral es importante en nuestra sociedad; siendo mayor en las niñas (Jacquemier, et. al. 2008). Aunque el desarrollo normal llega a corregir un gran porcentaje, aún queda un número considerable de casos que no se resuelven por sí mismos, generando trastornos articulares variables en relación con el grado de anteversión residual en la pubertad, y favoreciendo una amplia gama de otros defectos posturales. Se aumenta la fatigabilidad, se provocan dolores, todo esto disminuye el rendimiento escolar en el niño y adolescente en todas las áreas de la vida, y finalmente, los

casos persistentes provocan con el tiempo un deterioro articular irreversible, merman la salud y la productividad del adulto de tal manera que, se provoca una menor calidad de vida. (Krusen y col., 1993; Morrissy & Weinstein, 2001; Canté, C.C., Kent, S.M., Vásquez, G.M., Lara, S.R., 2010; Darmana y Cahuzac 2014).

En las escuelas, el maestro de Educación Física trabaja al grupo completo favoreciendo la motricidad y la condición física, pero difícilmente se enfoca en pequeñas cantidades de alumnos con una problemática específica, pequeña cantidad si se considera a un solo grupo por vez, pero considerablemente mayor si se observa la población de todos los grupos con la misma problemática (Sainz, Rodríguez y Santonja, 2010).

4.1 Preguntas de Investigación

- ¿Cuáles son los rangos de flexión y extensión de rodilla durante la marcha en las niñas participantes?
- ¿Los rangos de flexo-extensión son iguales en ambas rodillas?
- ¿Con un programa de acondicionamiento físico de 3 sesiones a la semana y 12 semanas de duración, se corregirán los parámetros espaciales de flexión de rodilla de las niñas participantes?
- ¿En qué forma el programa de acondicionamiento físico modificará las características generales de la marcha en estas niñas?

4.2 Hipótesis

- Hipótesis de Investigación

El programa de acondicionamiento físico de 50 minutos, aplicado 3 veces a la semana durante 12 semanas, permitirá que las niñas de 6 años con anteversión femoral corrijan los parámetros espaciales de flexión y extensión de rodilla durante la marcha.

- Ho

Hipótesis Nula: El programa de acondicionamiento físico de 12 semanas no corregirá los parámetros espaciales de flexión de rodilla en las niñas participantes con la anteversión femoral ni proporcionará efectos favorables de ningún tipo.

- Hipótesis Alternativas:

- El programa escolarizado de acondicionamiento físico de 12 semanas permitirá la corrección parcial de los parámetros espaciales de flexión de rodilla, sin embargo, los resultados no serán significativos.

- El programa escolarizado de acondicionamiento físico de 12 semanas no permitirá alcanzar la alineación de los miembros inferiores en ninguno de los sujetos, pero el aumento de la fuerza muscular adquirida ayudará a corregir la postura en general durante la marcha.

4.3 Justificación

El trabajo de fortalecimiento muscular desarrollado y obtenido durante las actividades del acondicionamiento físico provocado por la intervención, permitirá que la tracción muscular adecuadamente realizada estimule una alineación correcta del tejido óseo llevando a una mineralización que endurezca el hueso en la posición correcta y la buena alineación del ángulo del cuello femoral. (Andújar y Santonja, 1996; Xhardez, 2002; Domínguez y Espeso, 2003;).

Un abordaje en la etapa escolar resolvería un sin fin de problemas provocados por los defectos posturales originados por debilidad muscular, sobre todo a nivel de la columna vertebral. Se favorecería la enseñanza de la higiene corporal desde edades tempranas y su arraigo a las actividades físicas durante el resto de su vida repercutiendo en la mejora indiscutible de la calidad de vida que otros estudios han demostrado ya. (Sainz, Rodríguez y Santonja, 2010; Rodríguez, 1998).

La intervención con actividad física moderada y dirigida con propósitos específicos a los 6 años de edad nos permite aprovechar que las estructuras óseas no están totalmente mineralizadas y aun son maleables y susceptibles al efecto de las fuerzas musculares que se puedan aplicar sobre ellos; ya que el tiempo de maleabilidad ósea a nivel del cuello femoral termina a los 8 años. (Mujica, 1981; Andújar y Santonja, 1996; Morrissy & Weinstein, 2001; Domínguez y Espeso, 2003; Martínez, 2005). Si la intervención de este proyecto no fuera suficiente para corregir la problemática, solo queda margen de un año más de intento de poder corregir y o

disminuir la desviación ósea antes de que la deformación se estructure en forma definitiva.

A partir de los 8 años, la dureza del hueso obtenida por la mineralización no da oportunidad a una corrección angular en ninguno de los ejes del cuello femoral; quedando como única opción la intervención del médico Ortopedista Pediátrico, siendo candidato solo a corrección quirúrgica cuando la desviación es importante, eso hasta después de los 8 años. (Morrissy & Weinstein, 2001; Mujica 1981).

Cuando uno de estos casos no es atendido oportunamente, se favorece el progreso en la deformación de la región afectada, por los vicios posturales y la debilidad de los grupos musculares involucrados. También se favorece la aparición de consecuencias en el resto de las estructuras óseas, sobre todo en la columna vertebral; ya que los mecanismos intrínsecos del sujeto para mantener el equilibrio entran en acción, y se corrige la postura a través de movimientos corporales, que en los casos severos estos movimientos resultan exagerados pero necesarios para mantener el equilibrio, y deberán compensar en la medida de lo posible el aumento en el desplazamiento del centro de masa durante la marcha debido a la desalineación ósea. En los casos de evidente deformación con consecuencias severas, se recurre a procesos quirúrgicos y hospitalarios tan costosos no solo en lo económico sino también en lo emocional tanto para los padres como para sus hijas. Por lo tanto, una adecuada intervención en la edad indicada puede disminuir los tiempos y costos del tratamiento de rehabilitación que resulta prolongado en muchos de los casos; y hasta infructuoso cuando se realiza desfasado de la edad ortopédica más conveniente. (Thomas y Gallagher, 1986; Collado, 2005; Jiménez y Araya, 2009; Sainz, Rodríguez y Santonja, 2010).

La intervención tiene como objetivo en los sujetos de estudio, corregir los parámetros espaciales de la flexión de rodilla durante la marcha provocados por la desalineación postural de los miembros pélvicos durante la marcha con anteversión femoral.

4.4 Objetivos. General y específicos

Objetivo general

Analizar los parámetros espaciales de flexión de rodilla durante la marcha en niñas de 6 años con anteversión femoral, a través del efecto de un programa de acondicionamiento físico de 12 semanas con 3 sesiones a la semana de 50 minutos cada una.

Objetivos específicos

- 1- Evaluar el ciclo de marcha en el grupo de intervención, para obtener los parámetros espaciales de la flexión de rodilla antes y después del programa de acondicionamiento físico.
- 2- Diseñar un Manual de manejo para niños con anteversión femoral, que pueda ser aplicado por los docentes de Educación Física de todas las escuelas de Educación Básica.

5 METODOLOGÍA

5.1 Muestra

Se buscó una muestra por conveniencia que cumpliera las características que requería el proyecto. La muestra recolectada inicialmente consistió en 8 niñas de 6 años de edad con anteversión femoral por debilidad de músculos rotadores externos de cadera. Tanto las niñas como sus padres fueron informados de manera detallada acerca de los objetivos del procedimiento, así como de los riesgos e incomodidades que podrían presentarse durante la intervención, quedó establecido firmando una carta de consentimiento de participación voluntaria por parte de sus padres.

Una de las participantes fue excluida por faltas durante el inicio de la intervención, debido a enfermedad en vías respiratorias presentada en las primeras dos semanas; y finalmente durante el resto de la intervención se trabajó con 7 niñas.

Después durante el tratamiento de los datos registrados, por problemas técnicos que aparecieron en el manejo del software Nexus fue necesario eliminar los datos de 4 niñas, quedando solo 3 niñas para el análisis final.

5.1.1 Proceso de selección

Para el reclutamiento de las niñas fue necesario:

- Buscar una escuela primaria con al menos dos grupos de primer grado.

- Se acudió con la directora de la Escuela Primaria Juan Escutia, de Tiempo Completo, ubicada en Calle Paseo de las Hadas en el Fraccionamiento FOVISSSTE de Mexicali, Baja California, para informar del proyecto exponiendo los beneficios y la necesidad de la detección y la intervención temprana para evitar consecuencias posturales a largo plazo que intervengan negativamente en el desempeño académico de las niñas y en su salud musculoesquelética.

- Fueron contemplados solo los 3 grupos de primer grado. Se habló con la maestra del grupo y todos los alumnos fueron sacados del salón y puestos a caminar en círculos en la cancha de la escuela, separando niños y seleccionando exclusivamente niñas.

- Se realizó una evaluación clínica de la marcha de cada niña candidata al estudio, según los principios del libro "Krusen. Medicina física y rehabilitación 4ª edición"; según se explica en el "Capítulo 4- Análisis de la marcha: diagnóstico y manejo". Esta evaluación se realizó sin explicarles lo que se estaba realizando para que ellas no alteraran su marcha, ya sea por juego o nerviosismo. Se les puso a caminar en la cancha de la escuela en fila una niña tras otra, primero haciendo un círculo al caminar todas juntas y después en línea recta recorriendo una distancia aproximada de 6 metros y regresando sobre la fila; separadas entre ellas con una distancia aproximada de 1 metro. Primeramente, se observó específicamente la alineación de la patela (rótula) y la alineación de la punta del pie, en vista lateral y después en vista frontal. Fueron seleccionadas aquellas que presentaron la alineación de la patela y el eje de progresión del pie desviado hacia la línea media, ya fuera que

presentaran la alteración solo en rodillas, o en ambos ejes, el de rodillas y pies. A las niñas seleccionadas se les hizo caminar durante 5 minutos más hasta poder observar que la alteración en las alineaciones articulares se mantenía y no solo se había presentado en forma ocasional.

- Examen Postural. A cada una de las niñas seleccionadas se le pasó a un salón independiente, una a una, acompañadas por su madre, y se les realizó un examen postural, vistiendo ropa entallada (playera y short), sin calcetas y paradas sobre una toalla, para que quedara visible la alineación de los miembros pélvicos. Se les evaluó en vista frontal, lateral y posterior; según se estipula en el libro “Kendall’s Pruebas, Funciones y Dolor Postural, Tomo I” 4ª edición.

Se descartó aquellas niñas que presentaban torsión femoral o tibial. También se descartaron aquellas que presentaron valgo o varo de rodillas y/o tobillos mayor de 20° (“Krusen. Medicina física y rehabilitación 4ª edición”) (medidos con un Goniómetro Tipo Regleta; este goniómetro presenta las siguientes especificaciones:

- Longitud: 36cms
- Sistema de transportador de 0° a 360°
- Fabricado en plástico de alta calidad
- Doble escala: pulgadas y centímetros

Ver figura 5.1 Goniómetro

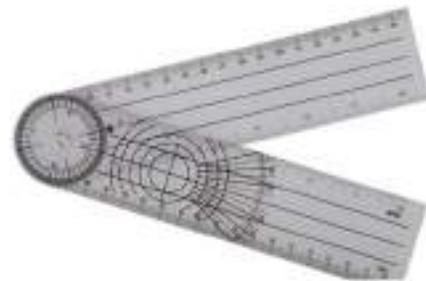


Figura 5.1 Goniómetro. Yongse Userful multi-Regla 360 grados de ángulo, goniómetro médico espinal Regla cm/inch Grande

- Se diseñó un cuestionario con preguntas básicas para ser respondido por los padres o tutor quien tuviera conocimiento del desarrollo de la niña candidata al proyecto, sobre antecedentes médicos que nos permitiera identificar etiología ortopédica, neurológica, genética, congénita, etc., que pudieran provocar la anteversión femoral y así ser excluidos del programa.

Ver Anexo 1. Cuestionario sobre antecedentes médicos y desarrollo motriz.

- Una vez seleccionadas a las niñas candidatas a participantes se llevó a cabo una plática con los padres de familia para exponer la problemática de salud que presentan sus hijas y los beneficios de la intervención, y así poder obtener la firma de la Carta de Consentimiento Informado.

Ver Anexo 2. Carta de Consentimiento Informado.

- Ya obtenido el Consentimiento Informado, se procedió a llevar una a una a las niñas acompañadas de sus padres, a las instalaciones del laboratorio de Biomecánica donde se realizó la evaluación de la marcha.

Habiendo descartado los casos con algún trastorno de salud. Fuera de la anteversión femoral por debilidad de los músculos rotadores externos de cadera, la salud de cada una era considerada buena al momento de las evaluaciones de marcha.

Los sujetos participantes no están seleccionados aleatoriamente, la selección se realizó específicamente al identificárseles el problema de anteversión femoral

habiendo eliminado etiologías genéticas, neurológicas, y ortopédicas como las torsiones de fémur y tibia. Se seleccionaron aquellas niñas de 6 años que contaron con una anteversión femoral mayor a 0°. Es decir, la patela tenía disminuido el ángulo del eje de la rodilla hasta cruzar la línea anterior siguiendo el eje de la marcha, y señalando hacia la línea media, sino que también todas presentaban desviación de la punta de ambos pies hacia dentro. Se trabajó durante las 12 semanas de la intervención con 7 niñas de 6 años de edad, alumnas de primer grado de educación primaria. Todas presentaron anteversión femoral por rotación interna de la diáfisis femoral. Finalmente, fueron eliminadas 4 participantes más debido a problemas técnicos que se presentaron durante el tratamiento de los datos quedando solo 3 niñas para el análisis estadístico.

Se considera una MUESTRA POR CONVENIENCIA.

5.2 Diseño de la Investigación

Es un estudio exploratorio ya que no existen muchos datos sobre este tema, con una perspectiva longitudinal de 12 semanas, con un propósito aplicado de tipo cuasi-experimental ya que no hubo grupo control; y un análisis cuantitativo de datos recolectados en campo correlacionando los valores obtenidos de las valoraciones al inicio y al final de la intervención.

- Consta solo del grupo experimental con 3 niñas de 6 años de edad, que cursan primer año de primaria. Por la cantidad de la muestra obtenida, la investigación es considerada: Estudio de caso.

- Las características de estatura, complexión, peso, estado nutricional, nivel socioeconómico, son inherentes a cada sujeto de prueba.

- Ya realizada la selección de los sujetos de prueba, cada una fue citada en el Laboratorio de Biomecánica de la Facultad de Deportes de la Universidad Autónoma de Baja California, Campus Mexicali, acompañada de al menos uno de sus padres, para realizarse la prueba inicial de evaluación de la marcha, y determinar el grado de anteversión femoral que presentaban. Las pruebas de marcha fueron realizadas entre la segunda y tercera semana de septiembre del 2018 (entre el 10 y 21 de septiembre).

- En la 3er semana de septiembre de 2018 (del 17 al 21), se inició la intervención con actividades de acondicionamiento físico, tres veces a la semana, lunes, miércoles y viernes de 8:15 a 9:05 am. Los lunes tenían actividades cívicas, ese día las actividades iniciaban hasta las 8:30 am, o hasta que cumplieran con la actividad, y se recorría el tiempo de la sesión para completar los 50 minutos de actividad.

- Todas las actividades de la intervención fueron diseñadas acorde con la edad de los sujetos de prueba. Las actividades fueron realizadas ya sea en la cancha

techada con piso de concreto, o en los patios de juego de la escuela. El uso de la cancha dependió de las necesidades y actividades de la escuela, siendo en la cancha el 78 % de las sesiones, y un 22% fueron realizadas en la zona de juegos, donde hay algunas partes con piso de concreto y otras con piso de tierra.

- Las evaluaciones finales fueron realizadas en el Laboratorio de Biomecánica de la Facultad de Deportes de la UABC, entre la semana 12 de la intervención y la primera semana después.

5.3 Variables

VARIABLE INDEPENDIENTE:

INTERVENCIÓN: Se diseñó un programa de actividades físicas y ejercicios seleccionados específicamente para trabajar en el fortalecimiento de los músculos rotadores externos y amplitud del rango de movimiento de los rotadores internos de cadera. 2 sesiones por semana, lunes y miércoles, de 50 minutos de duración, de las 8:15 am a las 9:05 am.

VARIABLES DEPENDIENTES:

Grados de flexión de la rodilla en fase postural y fase de balanceo. Como valor de referencia de mejora en el funcionamiento articular de la rodilla. La flexión máxima en la fase postural debe disminuir al alcanzarse en forma general mayor

fuerza muscular y con ello seguridad durante la marcha. Y debe disminuir durante la fase de balanceo

5.4 Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión son:

- Edad: 6 años.
- Sexo: femenino.
- Característica postural: Anteversión femoral por debilidad de rotadores externos de cadera.
- Estado de salud: Sano.
- Requisito: Ser alumna en una escuela primaria.
- Asistencia: 90 % de las sesiones = 35 de 39.
- Participación: Las sesiones duraron 50 minutos. Su participación de activa a moderada debió ser al menos 30 minutos en cada sesión.

Los criterios de exclusión son:

- Presentar anteversión femoral debido a causas distintas a la debilidad de músculos rotadores externos de cadera; tal como alteración en la alineación y el ángulo del cuello femoral; torsión tibial, valgo o varo de rodilla y valgo o varo de tobillo de más de 20°, desviación tibial de antepié, pie equino-varo, o cualquier otra causa que pueda provocar la alineación interna del eje del pie sin depender de la rotación del eje femoral.

- Que el estado de salud implique cualquier tipo de trastorno genético, ortopédico, neurológico, respiratorio, cardiocirculatorio, inmunológico, etc.
- Presentar arriba de un 5 % de inasistencia a las sesiones de la intervención. Solo podrá faltar a 4 de 39 sesiones, con más de 4 faltas, el sujeto será eliminado del proyecto.
- Que la falta de participación en las actividades de la intervención sea menor a 30 minutos durante cada sesión.

5.5 Instrumentos para toma de medidas para inicio de Registros en el Sistema Vicon

Medidas Antropométricas

Para iniciar el procedimiento de registro de toma de datos para el análisis biomecánico con el Sistema Vicon, primero deben tomarse medidas antropométricas especificadas por el sistema, con equipo especificado por los proveedores del Sistema Vicon:

Talla

ESTADÍMETRO SECA. De instalación fija dentro del laboratorio adherido a la pared. Sin zapatos y con calcetas, con su cabello corto o recogido en coleta lateral para que no estorbe al acercar la cabeza hasta la barra de medida.

La barra horizontal se elevó previamente por arriba del nivel de la cabeza. El sujeto (la niña), se acerca de espalda a la pared. Se hace descender la barra horizontal hasta posarla sobre la cabeza y presionando suavemente hasta que solamente el cabello la separe del cuero cabelludo.

Se observa la medida exacta que señala el extremo posterior de la barra horizontal sobre la barra vertical. La medida se registra en centímetros.

Ver Anexo 3

Masa

El sujeto se coloca en bipedestación sobre una de las plataformas de fuerza ubicadas en el centro del piso del laboratorio, la plataforma tiene sensores que determinan la fuerza aplicada sobre ellas, y el dato es obtenido directamente en la pantalla de la computadora. La medida se da en Newton, y debe ser transformado en kilogramos. $W/g = m \rightarrow (N) / (9.81m/s^2) = kg$ Ver Anexo 4

Longitud de Miembro inferior izquierdo y derecho

CON UNA CINTA MÉTRICA FLEXIBLE

El extremo superior se coloca en la espina iliaca anterosuperior. La cinta desciende siguiendo el contorno de la pierna y el extremo inferior se coloca sobre

el punto más prominente del maléolo interno (maléolo tibial). La medida se registra en centímetros. Ver Anexo 5

TODAS LAS SIGUIENTES MEDICIONES SE REALIZAN CON UN ANTROPÓMETRO DE 30cm. Las medidas se registraron en centímetros.

Ver Anexo 6

Ancho de codo izquierdo y derecho:

El sujeto se encuentra de pie, con el brazo en flexión de hombro a 90°, y el codo en flexión de 90°. Con el antropómetro se mide la distancia en la parte más ancha entre el epicóndilo medial y el epicóndilo lateral del húmero. Ver Anexo 7

Ancho de muñeca izquierda y derecha:

El sujeto se encuentra sedente o en bipedestación, con el brazo pegado al tronco, el codo flexionado a 90° y la mano extendida hacia el frente. Se colocan los bordes del antropómetro sobre las apófisis estiloides del radio y del cúbito, Ver Anexo 8

Ancho de la cabeza del 3er metacarpiano:

El sujeto extiende la mano hacia enfrente, y con el antropómetro se mide la distancia existente entre la cara dorsal de la cara palmar de los puntos más sobresalientes de la cabeza del 3er metacarpiano. Ver Anexo 9

Ancho de rodilla izquierda y derecha:

El sujeto se encuentra sedente con la rodilla en flexión de 90°. Se coloca el antropómetro en los puntos más prominentes de los cóndilos femorales y se toma la distancia en centímetros. Ver Anexo 10.

Ancho de tobillo izquierdo y derecho:

El sujeto se encuentra sedente con la rodilla a 90 grados de flexión y el tobillo a 90 grados de dorsiflexión. Se coloca el antropómetro en los puntos más sobresalientes de los maléolos tibial y peroneal. Ver Anexo 11

Las mediciones articulares, codos, muñecas, manos, rodillas, tobillos, se realizan con el mismo antropómetro y por el mismo sujeto para garantizar la eliminación de variables.

5.6 Valoración en el Laboratorio de Biomecánica

En el laboratorio de Biomecánica se cuenta con dos cámaras de video 720. Y para la detección de los movimientos se cuenta con 11 cámaras que emiten luz infrarroja y a su vez cuentan con sensores infrarrojos para detectar la luz reflejada por los 39 marcadores colocados en puntos específicos del cuerpo. Todas las cámaras se encuentran conectadas al Sistema Vicon. Algunos de esos puntos son sobre referencias óseas, otros dividen los segmentos en dos y ayudan al sistema de cómputo a diferenciar el lado izquierdo del lado derecho. Ver Anexos 12 y 13.

Al menos uno de los padres de las niñas estuvo presente durante las evaluaciones en el laboratorio de biomecánica. Después de tomar todos los valores de las medidas corporales, se introducen al sistema Vicon en la computadora para

iniciar con la colocación de los marcadores. Es necesario que los sujetos de estudio contaran con las prendas de ropa convenientes para el estudio: todas las prendas debieron ser lo más ajustada posible: una playera sin manga, short y calcetines cortos en las evaluaciones de agosto por el calor; y una playera de manga larga y mayones con calcetín para las evaluaciones de diciembre, debido al frío.

Para mostrarle al sujeto lo que deberá realizar en el área central del laboratorio de Biomecánica, se le llevó de la mano las primeras veces para que fuera tomando confianza realizando los recorridos de marcha sobre la zona de registro. Cuando el sujeto mostró la confianza suficiente se le pidió que caminara en línea recta una distancia aproximada de 3 metros en el área del laboratorio pasando por las plataformas localizadas en el centro del piso, las cuáles miden la fuerza con la que el talón golpea el piso en cada paso. Se hace un registro con las cámaras obteniendo una serie de imágenes y datos que son recogidos en una computadora que cuenta con la licencia del Software del Sistema Vicon Nexus.

A cada niña participante se le pidió realizar la marcha lo más normal posible hacia delante, siguiendo el eje +X dentro de nuestro sistema de coordenadas del laboratorio. Se le permitió tomar la confianza y seguridad suficiente hasta que pudo realizar los movimientos lo más relajadas durante la grabación, y se les pidió hacer 6 grabaciones en total, tanto en la evaluación inicial como en la evaluación final. Ver figura 5.2.

Cada grabación de la marcha de cada sujeto, consistió en iniciar a caminar desde una línea marcada en el suelo y avanzar en línea recta cruzando sobre las plataformas de fuerza colocadas en el piso, y seguir hasta donde estaba una

segunda línea. Hubo variación en la longitud de zancada, así que las grabaciones tuvieron algunas desde 5 hasta 7 pasos por pie.

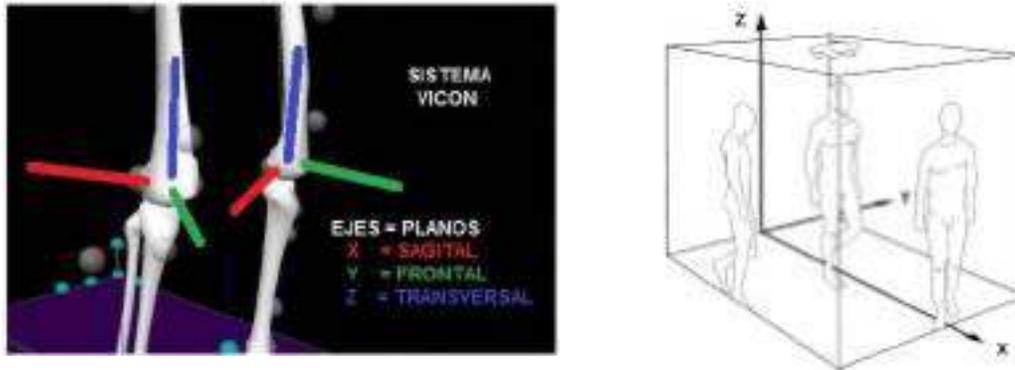


Figura 5.2 Representación de los ejes articulares de rodilla y su alineación, relacionando el segmento del muslo con el segmento de la pierna, (tomado de una imagen obtenida del programa Nexus); comparada con los ejes espaciales del cuerpo en relación con el laboratorio de biomecánica (Tomada del libro Dynamics of Human Gait, 2da edición de los autores Vaughan, Davis y O'Connor).

Se realiza el tratamiento de los datos iniciando con la reconstrucción. Este paso permite recuperar todos los puntos de los marcadores que por alguna razón se hayan perdido durante las marchas registradas.

Trabajando con el sistema Nexus, después de la reconstrucción, se selecciona la función KinFit, que aplica los análisis correspondientes a la cinemática de todo el cuerpo y a su vez, se exportan todos los datos solicitados a una hoja de Excel.

Estando en esta página de Excel, de los segmentos y articulaciones de todo el cuerpo, se selecciona exclusivamente la columna correspondiente a los valores angulares de la rodilla.

6 INTERVENCIÓN

6.1 Diseño y características de la Intervención

Respetando la edad de las alumnas y la fase sensible en la que se encuentran, el diseño de actividades en la planeación didáctica para toda la intervención es muy importante. Las niñas se encuentran en la tercera etapa de maduración del Esquema Corporal: de los 5 a los 7 años, período de transición.

Se pasa del estadio global y sincrético al de la diferenciación y análisis, los datos sensoriales especialmente los visuales, permiten pasar progresivamente de la acción del cuerpo a la representación, afirmándose la lateralidad, el conocimiento de derecha e izquierda, la independencia de la mano con relación al tronco y el dominio de la postura y la respiración. Fase Sensible: Hasta los 7 años.

Contenido del entrenamiento:

- Gran número de estímulos y espacios para poder descubrir juegos.
- Desarrollo psicomotriz variado mediante la gimnasia con obstáculos. Juegos con y sin pelota. Tareas de habilidad, formación rítmica, carreras y saltos. Combinaciones y muchos otros más.

El plan de intervención consiste en realizar actividades específicas enfocadas en los músculos de la articulación de la cadera: fortalecimiento específico de los rotadores externos, abductores y aductores; y es muy importante incluir los estiramientos de los aductores y sobre todo los isquiotibiales. Y en fortalecer la

musculatura pélvica en general, además de trabajar también espalda baja, media y alta para obtener y mantener una postura correcta.

Tabla 6.1 Eje y Competencia Motriz para los grupos de 1er grado en educación básica en la materia de Educación Física en México. Fuente SEP, Aprendizajes Clave, 2017.

EJE	COMPETENCIA MOTRIZ
Componente pedagógico-didáctico.	Desarrollo de la motricidad. Integración de la corporeidad. Creatividad en la acción motriz.
Aprendizaje esperado.	<ul style="list-style-type: none"> -Explora la combinación de los patrones básicos de movimiento en diferentes actividades y juegos, para favorecer el control de sí. -Aplica los patrones básicos de movimiento al relacionar el espacio, el tiempo y los objetos que utiliza para responder a las actividades y juegos en los que participa. - Emplea distintos segmentos corporales al compartir sus posibilidades expresivas y motrices en actividades y juegos, para mejorar el conocimiento de sí. - Explora el equilibrio, la orientación espacio-temporal y la coordinación motriz en actividades y juegos, para impulsar la expresión y control de sus movimientos. - Pone a prueba sus respuestas motrices en actividades y juegos, individuales y colectivos, con la intención de canalizar y expresar el gusto por moverse. - Identifica las normas de convivencia en actividades y juegos, con el propósito de asumir actitudes que fortalecen el respeto y la inclusión de los demás.

Tomando en cuenta la edad de los niños, estos ejercicios se integran a una actividad lúdica que implique como competencia motriz: el desarrollo, expresión y creatividad de su motricidad. Y como aprendizajes esperados patrones básicos de movimiento, ubicación espacial, coordinación, múltiples posibilidades expresivas y respeto por las normas de convivencia.

En la siguiente tabla, se presenta la secuencia didáctica conformada por 31 tareas que muestran cronológicamente desde el inicio hasta el final de la clase la conducción de la educación física, y la descripción de las actividades realizadas,

que con propósito de enseñar a los alumnos a conocer y expresar su corporeidad intenta alcanzar los aprendizajes esperados enfocado en actividades propias que mejoren la postura en general.

Debe seguirse la secuencia didáctica de la educación física, como componente curricular para el desarrollo personal y social de los estudiantes promoviendo una motricidad variada y aprendiendo su corporeidad.

En esta edad, la imaginación es un factor importante que puede aprovecharse; los cuentos motores funcionan efectivamente representando actividades específicas, como pelea con patadas por turnos hacia enfrente, atrás, izquierda y derecha para trabajar todos los grupos musculares estabilizadores de la pelvis. Representar a un conejo saltarín buscando su alimento. Describirlas una zona rodeada de fuego y tierra caliente les hará caminar de talones para evitar quemarse.

Tabla 6.2 Actividades y movimientos básicos integrados en el diseño de las actividades de la intervención.

	<p>Debe establecerse un programa de calentamiento previo a las actividades para enseñar a los niños la importancia de prepararse adecuadamente, procurando trabajar todos los segmentos y articulaciones del cuerpo.</p>
	<p>Las patadas hacia atrás fortalecen glúteo mayor e isquiotibiales y ayudan a “defenderse de los caníbales que quieren atraparnos”.</p>
	<p>Las sentadillas fortalecen Cuadríceps y glúteo mayor, además de los extensores de espalda; y permiten “escapar de las flechas de los indios”.</p>

	<p>“Los soldaditos marchan” aprendiendo ritmo, diferenciando izquierda y derecha, y cantando canciones que ellas mismas proponen, mientras fortalecen los músculos antigravitatorios y alargan el tiempo en un solo pie desarrollando más el equilibrio.</p>
	<p>La marcha con pasos laterales favorece la coordinación y les representa un reto realizarlo adecuadamente. Conforme lo dominan puede acelerarse el paso hasta que sean saltos, cuidando de que los pies no se crucen. Una combinación de este paso es alternar la pierna que queda atrás cruzándola por delante y luego por detrás para avanzar.</p>
	<p>La marcha de talones hacia enfrente trabaja tibial anterior y peroneo anterior al tiempo que evita “nos quememos al cruzar por un terreno lleno de carbones calientes”.</p>
	<p>La marcha de talones hacia atrás trabaja enfatizando Cuadríceps, isquiotibiales, estabilizadores de la pelvis como glúteo medio, tensor de la fascia lata y aductores de cadera.</p>
	<p>Tocar un pie adelante y atrás mientras mantiene el equilibrio en el otro pie, desarrolla el equilibrio, lateralidad, patrón cruzado, coordinación mano-pie, fortalece todos los antigravitatorios de la pierna de apoyo y específicamente los rotadores externos de la pierna elevada. Representa un reto de coordinación divertido que les proporciona una satisfacción enorme al lograrlo. Esta actividad es básica en esta intervención.</p>
	<p>Saltar en ambos pies puede representar a un conejito buscando su comida; al tiempo que ayuda en la maduración coordinativa, fortalece ambos miembros pélvicos y la espalda, y también trabaja el sistema cardio respiratorio.</p>
	<p>Saltar en un pie alternándolos cada 3 saltos, siguiendo una dirección específica resulta divertido mientras “se recorre el camino en busca del tesoro escondido”.</p>
	<p>El estiramiento activo de isquiotibiales y aductores de cadera es básico para dar libertad de movimiento a la articulación de la cadera mientras se mantiene la pelvis en la posición correcta. La contractura específica del bíceps femoral jala la rodilla llevándola en rotación interna. Si no se corrige podría provocar valgo de rodilla Estirarlo es esencial en esta intervención.</p>
	<p>Enseñarles técnicas de inspiración y espiración forzada les permite aprender la importancia de la oxigenación de todo el cuerpo para la recuperación después de la actividad. Es conveniente realizar 5 respiraciones profundas después de 2 actividades intensas como los saltos en un pie y en ambos pies.</p>

Agregar actividades con efecto específico sobre los músculos correctores de posturas durante la clase de Educación Física no es difícil, pero si es importante ser lo suficientemente diestro para mantener la atención del grupo y conseguir que realicen las actividades deseadas integrándolas al juego.

Los alumnos de primer grado de primaria tienen dificultad aun para mantener la atención en una sola actividad por mucho tiempo. La mejor opción es cambiar continuamente de actividad para evitar que pierdan interés y volver a aquellas que tienen un mayor efecto sobre la musculatura y habilidades que se desea trabajar.

Es importante enfocarse en lograr que los alumnos realicen aquellas actividades que son más complejas, específicamente las que corresponden a coordinación de segmentos superiores con inferiores. Esta tarea se facilita al trabajar con los alumnos en forma continua, así ellos reconocen las indicaciones, y el maestro aprende a dirigir a los alumnos más inquietos; y no solo eso, sino que el alumno tendrá la oportunidad de practicar clase tras clase, esos movimientos complejos dentro de los juegos que les dirijan, hasta alcanzarlos e integrarlos a su propia corporeidad.

Observaciones durante la Intervención:

Algo básico de mencionar, es que la OMS recomienda que durante las clases de Educación Física, se mantenga la actividad en niveles de moderada a vigorosa durante al menos 30 minutos de la clase. Esto significa realizar esfuerzos que aceleren de forma perceptible el ritmo cardiaco. Ejemplos de actividad moderada son: caminar a paso rápido, bailar, participación activa en juegos, etc. Y ejemplos

de actividad vigorosa son: desplazamiento rápido en bicicleta, deportes y juegos competitivos, entre otros (OMS).

Por la fase sensible del desarrollo en que se encuentran nuestras participantes, no es conveniente incluir los juegos competitivos ni los deportes como tal; pero si los juegos que favorezcan su integración al grupo, afiancen su autoconfianza y favorezcan su desarrollo psicomotor.

Los 50 minutos del tiempo de las sesiones, incluyeron el calentamiento como preparación para las actividades más intensas y un tiempo de vuelta a la calma, dejándonos los 30 minutos de actividad moderada a vigorosa tal como se recomienda en las clases de Educación Física.

Sin embargo, este tipo de alteraciones posturales requiere trabajar con músculos débiles con actividades de acondicionamiento (como el cuádriceps, glúteos, y los rotadores externos de cadera), y el estiramiento de músculos acortados que favorecen la desalineación de los segmentos articulares (como los isquiotibiales). El manejo de las sesiones como una clase normal nos deja poco tiempo para la realización de los estiramientos indicados. (Krusen, 1993; Xardez, 2002; Kisner, 2005; Conejero y Romero, 2018).

NOTA: Durante las actividades de estiramiento realizadas durante la intervención se apreció que todas las participantes presentaban limitación en la flexibilidad provocado por acortamiento de varios grupos musculares, entre ellos: paravertebrales a nivel lumbar, isquiotibiales y glúteos.

7 RESULTADOS

Uso del Software Nexus actualización 2.8.1 para trabajar con los datos recolectados por las cámaras Bonita del Sistema Vicon.

Paso 1- Reconstrucción de los datos. Se conservaron los 6 sujetos de estudio.

Paso 2- Aplicación de la función KinFit = Análisis Cinemático, para la obtención de los valores angulares de rodilla durante los movimientos de los miembros inferiores. Se presentó deformación de los registros originales alterándose los resultados de los sujetos 1, 2 y 6. No hubo forma de recuperarlos.

Paso 3- Se conservó y analizó estadísticamente los resultados de los sujetos de estudio 3, 4 y 5.

7.1 EVALUACIÓN INICIAL VS EVALUACIÓN FINAL

CINEMÁTICA

La Cinemática es la parte de la Mecánica que se encarga de describir cuantitativamente el fenómeno que se observa; la forma, posición, velocidad y aceleración que se presentan. En este caso, describe las características de la marcha y más específicamente la flexión de la rodilla en los momentos seleccionados del ciclo de la marcha, determinando así los valores angulares del movimiento de flexión y extensión de rodilla.

Se realizaron una serie de registros de la marcha de las niñas participantes a través del sistema optoeléctrico del Laboratorio de Biomecánica de la Facultad de Deportes de la Universidad Autónoma de Baja California, Campus Mexicali; antes de iniciar la intervención como al finalizar las 12 semanas de acondicionamiento físico.

Estos registros permitieron obtener los parámetros espacio temporales de las participantes al caminar, se obtienen en todos los planos para todas las articulaciones, pero el enfoque de este trabajo es exclusivamente en la articulación de la rodilla, midiendo los grados de flexión y extensión en el plano sagital.

Los datos obtenidos son procesados utilizando las herramientas propias del software Nexus, permitiendo así obtener una serie de números que corresponden a los grados de flexión articular. La serie de números es graficada para el análisis de la cinemática correspondiente.

Fueron 6 grabaciones (6 marchas) por cada sujeto. Se separaron las grabaciones en pie izquierdo y pie derecho. Se realizaron dos gráficas por cada grabación, es decir una gráfica para cada pie. Cada gráfica conteniendo los registros de todos los pasos (ciclos de la marcha) de cada pie.

Cada gráfica se diferencía con 4 datos:

- 1) El número del sujeto de estudio,
- 2) El número de la grabación (desde la 1 hasta la 9);
- 3) El pie al que corresponde (izquierdo o derecho) y
- 4) Si es antes o después de la intervención.

Los registros que conservaron los datos correctamente fueron graficados. No existe registro de todas las grabaciones ni de todas las marchas debido a problemas técnicos que provocaron pérdida de datos.

La presentación de los cuadros de gráficas se inicia con el pie izquierdo y se termina con el pie derecho de cada uno de los sujetos de estudio. A la izquierda se encuentran los trazos obtenidos de las evaluaciones iniciales, registrados antes de la intervención de acondicionamiento físico y denominados como “antes”, y a la derecha se observan los trazos de las evaluaciones finales obtenidos después de la intervención denominados como “después”.

PROCEDIMIENTO DE REGISTRO Y SELECCIÓN DE DATOS

Se realizó el registro de la marcha de los sujetos de este estudio en el laboratorio de Biomecánica de la Facultad de Deportes de la Universidad Autónoma de Baja California, Campus Mexicali. El laboratorio consiste en un espacio de 8 m de ancho por 15 m de largo, con un sistema de 13 cámaras colocadas sobre tubulares fijos que se encuentran en las paredes a una altura de 2.20 m.

El sistema optoeléctrico de Vicon, consistente en 11 Cámaras Bonita con emisión de luz infrarroja y captación de su reflejo proveniente de los marcadores colocados en la superficie corporal de los sujetos de estudio. Se encuentran distribuidas de la siguiente manera: 2 de frente, 4 a la derecha, 2 atrás, 3 a la izquierda. Y 2 cámaras de video con captación de 250 cuadros por segundo, una al frente proporcionando vista antero-posterior, y la otra a la derecha proporcionando

vista lateral. Entre todas las cámaras proporcionan la información suficiente para el diseño en 3D de todas las imágenes del sujeto en estudio.

Los marcadores utilizados en el laboratorio de biomecánica para reflejar la luz infrarroja que emiten las cámaras Bonita del Sistema Vicon, consisten en una esfera color gris de 1.5 cm de diámetro con superficie cubierta de pintura reflejante. Cada esfera se encuentra unida a una base plana, circular, de plástico negro opaco, de 1.8 cm de diámetro sin espacio entre la esfera y la base. Se utilizan 39 marcadores colocados según el protocolo de Davis para cuerpo completo de la siguiente manera: 4 en la cabeza, 5 en el tronco, 14 en miembros superiores (7 en cada brazo), 4 en pelvis, 8 en los miembros pélvicos (4 en cada pierna), 4 en los pies (2 en cada pie), para un total de 39 marcadores. Toda la información obtenida por las cámaras es recogida por el hardware de Vicon y analizada en la computadora con el sistema de software Nexus. Ver Anexos 12 y 13.

Se realizaron hasta 9 grabaciones para cada sujeto de estudio. Cada grabación corresponde a una caminata realizada; cada caminata incluye varios pasos para cada pie; cada paso desde que el pie es apoyado en el suelo hasta que el mismo pie vuelve a ser apoyado en el suelo es un ciclo de la marcha para ese pie; cada grabación incluye varios ciclos de la marcha de ambos pies según la cantidad de pasos que se dieron, se obtuvieron desde 4 hasta 7 pasos por cada pie en cada grabación.

Se realiza la ubicación de coordenadas para los ejes X, Y, Z para que las cámaras tengan los puntos de referencia especificados. Con el sujeto viendo al frente, el eje X se dirige horizontalmente de derecha a izquierda, le corresponde el plano sagital, analizándose en él los movimientos corporales de flexión y extensión.

El eje Z se dirige verticalmente de arriba abajo, le corresponde el plano transversal realizándose en él los movimientos de rotación interna y externa. El eje Y se dirige horizontalmente de adelante atrás, le corresponde el plano coronal y se realizan sobre él los movimientos de abducción y aducción. Ver figura 5.2

El Sistema de Software Nexus realiza el análisis de la información recabada, aplicando Vicon BodyBuilder que reduce el álgebra vectorial hasta representarla como vectores, segmentos y reacciones en el Modelo Cinético, proporcionando los vectores de fuerza, calcula las distancias y proporciona los desplazamientos.

También aplica el Modelo Cinemático (KinematicFit) que utiliza el BodyLenguaje, realizando el cálculo de variables cinemáticas a partir de 3D. Este modelo es el que proporciona los puntos para obtener los ángulos articulares y sus desplazamientos, crea segmentos alineándolos con los ejes anatómicos, pudiendo realizar ángulos precisos ya sea entre dos segmentos corporales, o entre el sistema de coordenadas del laboratorio. Determina los desplazamientos angulares y sus velocidades. A partir de este modelo aplicado en los registros de nuestros sujetos se obtuvieron los rangos articulares de flexo-extensión de rodilla durante la marcha. (Vicon Manuales)

Como el valor que se analiza es el valor de mayor flexión de rodilla durante los 4 puntos de las fases seleccionadas, en algunas grabaciones el trazo no finalizó hasta descender y llegar al punto más inferior que corresponde al siguiente choque de talón y la curva del balanceo se ve interrumpida al ir descendiendo y no llegan hasta su valor final ya que el sistema no logró obtener la totalidad de los datos. Sin embargo, debido a que si se alcanzó a registrar el valor máximo de flexión, el trazo se dejó en el gráfico.

Los datos obtenidos con el sistema optoeléctrico Vicon fueron analizados con el software Nexus 2.8.1 vaciando los datos en una tabla de Excel. De ahí se realizaron las gráficas y se seleccionaron para cada sujeto las más representativas para cada pie.

Se tomó una gráfica representativa con los trazos de antes de la intervención y una gráfica con los trazos de después, colocándolas en pares para poder comparar los hallazgos.

7.1.1 GRÁFICAS

Cada gráfica cuentan con al menos 2 trazos de curvas, de colores diferentes en cada uno de los trazos. Cada trazo representa un ciclo de la marcha en el pie correspondiente, iniciando siempre desde el choque de talón hasta que el talón vuelve a tocar el piso.

En el eje vertical se observa la leyenda: “Rango de movimiento de rodilla (en grados angulares = °). En el eje horizontal se observa la leyenda: “Número de datos” que corresponde al número de ítems que ocupó cada paso para ser realizado.

Al inicio del trazo (0-2% del ciclo de la marcha) corresponde el choque de talón (T), con un valor normal de flexión de rodilla que va desde los 0-5° representando una hiperextensión de rodilla cada vez que el trazo desciende del eje horizontal.

A partir de ahí, el pie cae apoyándose completamente sobre el suelo (pie sobre lo plano), y luego la flexión de rodilla empieza a aumentar elevando el trazo y

llegando a un valor entre los 15-23°, ese punto es el más alto de la primera curva (entre el 15 y 17% del ciclo) correspondiendo a la fase postural intermedia y luego la curva desciende. Después el trazo continua hasta semejar una meseta entre ambas curvas y corresponde a la fase de doble apoyo (ambos pies están sobre el suelo y abarca aproximadamente entre el 22 al 50% del ciclo). Conforme la primera curva desciende, el cuerpo avanza hacia enfrente y el pie se está desplazando hacia atrás preparándose para el impulso del talón (I) (en este momento el ciclo se encuentra en el 50%), y el despegue de los dedos del suelo es justo cuando va a empezar a elevarse la segunda curva. En ese momento los grados angulares de flexión de rodilla son entre los 17-20°.

A partir de ahí, el pie se encuentra atrás y se despega del suelo flexionándose la rodilla hasta alcanzar los valores máximos registrados en las gráficas (rango desde los 58 hasta los 70°). El punto más alto de la segunda curva corresponde a la fase de balanceo intermedio (BI) que es cuando el pie de la pierna que está en el aire avanza y alcanza a la pierna del pie de apoyo (75% del ciclo aproximadamente).

Conforme la pierna que está en el aire avanza hacia delante de la pierna de apoyo, la rodilla se empieza a extender porque el pie se acerca al suelo y desciende en el gráfico (0-5° angulares) preparándose para apoyar el pie hasta llegar al siguiente choque de talón (100%) que es el inicio del siguiente ciclo (0%).

El gráfico en recuadro azul, fue obtenido de uno de los ciclos de la marcha de una de las participantes y es muy similar al registro gráfico que presenta Chris Kirtley en su libro *Clinical Gait Analysis Theory and Practice*. El gráfico que se presenta en el libro es obtenido del análisis de la marcha normal de sujetos adultos

sanos, quienes ya cuentan con un patrón y engrama motor de marcha definido y maduro. Ver figura 7.1

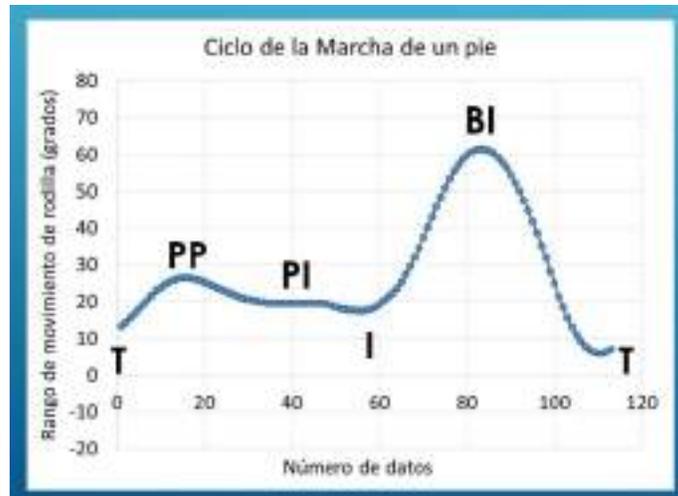


Figura 7.1 Gráfica de flexión de rodilla obtenida de uno de los participantes del estudio

En las gráficas obtenidas de este estudio, en el eje horizontal se encuentra el número de datos en que se registra cada paso. El sistema registra 100 datos por segundo. Eso significa que cuando el trazo no llega al 100 es porque fue un paso que duró menos de un segundo y cuando el trazo pasa del número 100 entonces fue un paso más lento.

Conforme mayor es la flexión de rodilla, el centro de masa se encuentra más abajo proporcionando mayor estabilidad durante la marcha. Esto es característico de los niños pequeños cuando empiezan a aprender a caminar y de pacientes con trastornos de la marcha que presentan un patrón inseguro, semejante a la marcha de pacientes geriátricos. En la gráfica todos los trazos se observarán más altos mientras mayor sea el grado de flexión de la rodilla.

Conforme más extendida está la rodilla, el centro de masa del cuerpo asciende, caracterizando a los niños que caminan con una marcha más segura y estable. Lo primero que puede observarse comparando las gráficas de la izquierda (antes) con las de la derecha (después), es que en la mayoría de las gráficas los trazos son menos altos, significa que en general durante el ciclo la rodilla se flexiona menos y se mantiene más extendida. Esto solo se puede lograr obteniendo más equilibrio y seguridad durante la marcha.

Para determinar los valores angulares de la flexión de rodilla y su alineación durante la marcha, se escogieron momentos específicos: 1-el choque de talón, 2-postural intermedia, 3-impulso y 4-balanceo intermedio u oscilación intermedia, ya que son éstos los momentos de mayor esfuerzo para los grupos musculares involucrados en cada caso. (Kendall's, 1985; Krusen et al., 1993).

7.2 GRÁFICAS DE FLEXIÓN DE RODILLA OBTENIDAS DE CADA GRABACIÓN

De cada participante se realizaron al menos 6 grabaciones registrando la marcha durante un recorrido de 3 metros en línea recta marcados los límites con líneas sobre el piso. Durante la marcha, los movimientos de los brazos alcanzan a cubrir algunos marcadores interrumpiendo el ciclo que se ejecuta en ese momento, muchos de esos datos (frames) se pierden al tratar de recuperarlos. Eso provoca que los registros no cuenten con la misma cantidad de pasos y resulta en que las

gráficas contienen cantidades diferentes de trazos en los ciclos de la marcha. Los pasos que resultaron incompletos en sus registros fueron eliminados.

A continuación, se presentan las gráficas resultantes de las 3 participantes con todos los ciclos recuperados. Las gráficas son diferenciadas en 4 datos:

- El número de la participante.
- El número de la grabación.
- Pie izquierdo o derecho.
- Antes o después de la intervención.

7.2.1 Descripción de las gráficas

En el eje horizontal se muestran los datos o frames, son la cantidad de datos registrados por segundo. El software Nexus, hace el vaciado de datos reportando 100 frames por segundo. A mayor número de frames el paso es más lento y el trazo de la curva se alarga. Cuando el paso es más rápido el trazo se acorta y termina antes. El inicio del trazo de las curvas siempre inicia en 0 cuando el paso está realizando el choque de talón.

En el eje vertical se expresa en grados las mediciones angulares de flexión de rodilla, a mayor flexión más alto será el trazo. El trazo inicia a la altura según la cantidad de grados de flexión que presenta la rodilla durante el choque de talón. Durante el recorrido de la curva, el llegar a cero y alcanzar la línea horizontal expresa extensión completa de rodilla (0° de flexión), y los valores negativos sobre este eje expresan hiperextensión de rodilla.

PARTICIPANTE 3

Pie izquierdo antes y después de la intervención.

ANTES

DESPUÉS

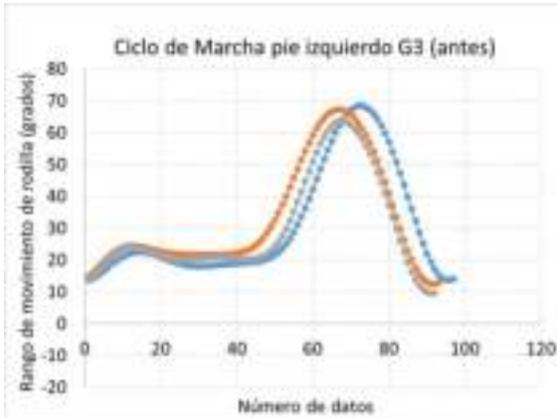


Figura 7.2 Participante 3. Grabación 3. Ciclos del pie izquierdo antes de la intervención.

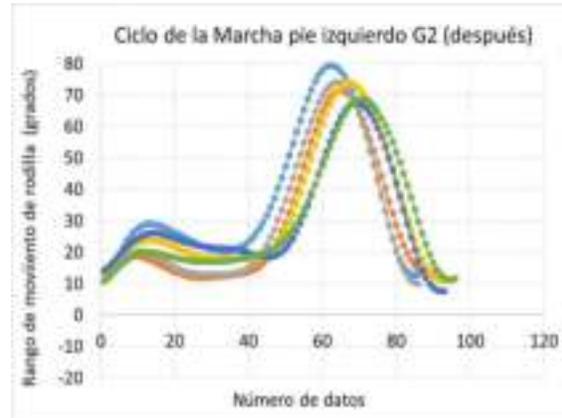


Figura 7.3 Participante 3. Grabación 2. Ciclos del pie izquierdo después de la intervención.

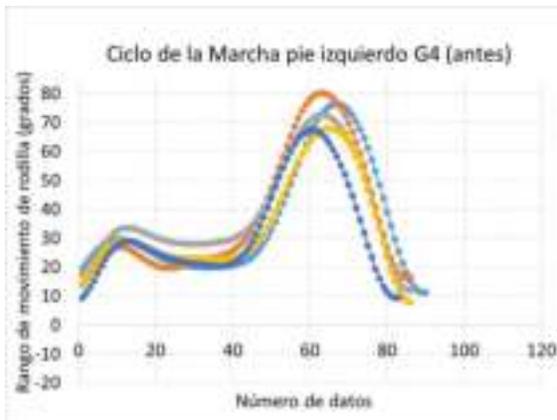


Figura 7.4 Participante 3. Grabación 4. Ciclos del pie izquierdo antes de la intervención.

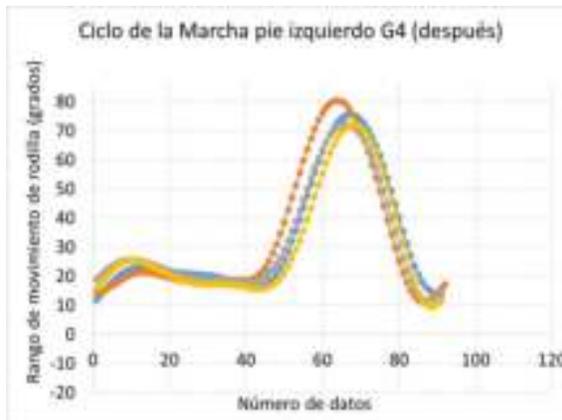


Figura 7.5 Participante 3. Grabación 4. Ciclos del pie izquierdo después de la intervención.

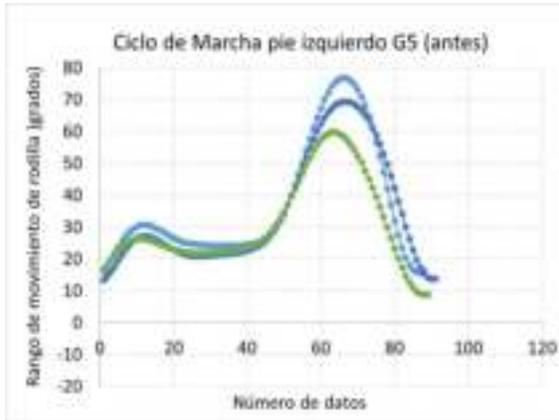


Figura 7.6 Participante 3. Grabación 5. Ciclos del pie izquierdo antes de la intervención.

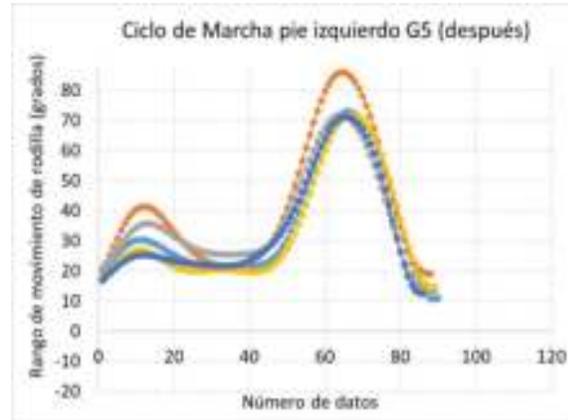


Figura 7.7 Participante 3. Grabación 5. Ciclos del pie izquierdo después de la intervención.

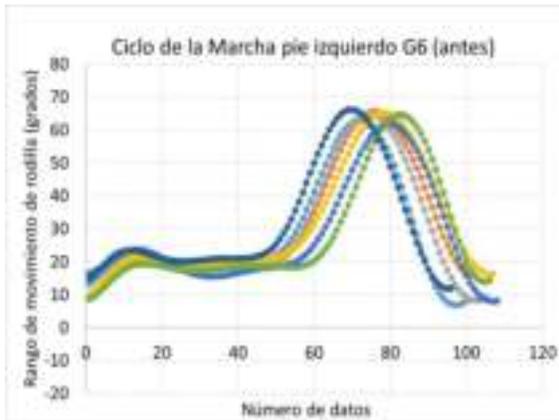


Figura 7.8 Participante 3. Grabación 6. Ciclos del pie izquierdo antes de la intervención.

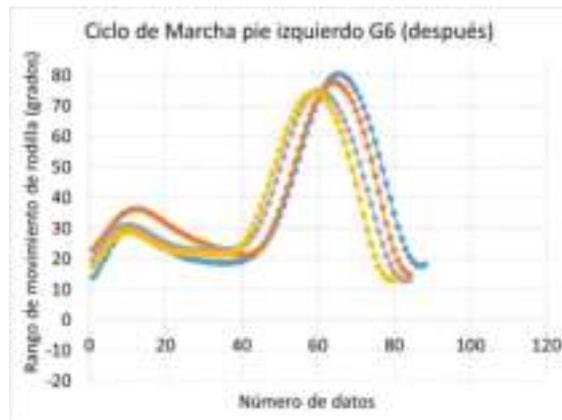


Figura 7.9 Participante 3. Grabación 6. Ciclos del pie izquierdo después de la intervención.

PARTICIPANTE 3

Pie derecho antes y después de la intervención

ANTES

DESPUÉS

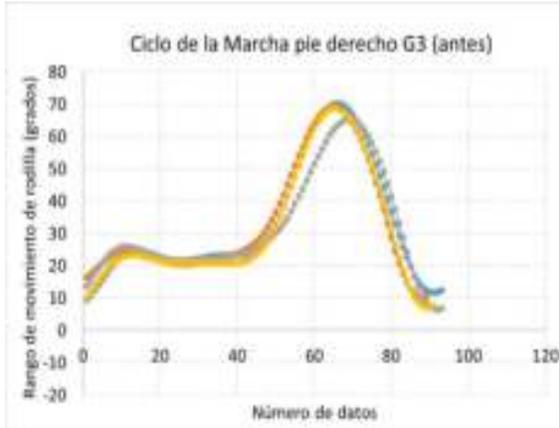


Figura 7.10 Participante 3. Grabación 3. Ciclos del pie derecho antes de la intervención.

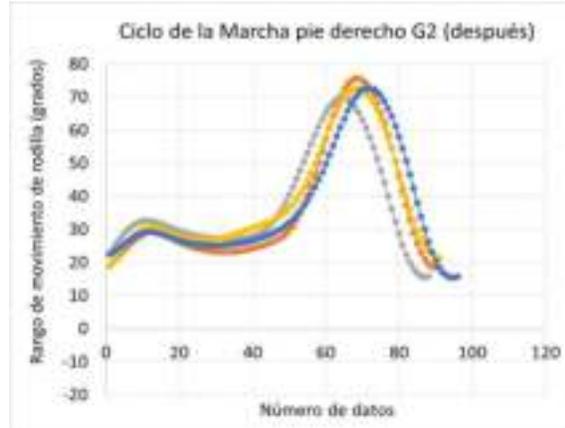


Figura 7.11 Participante 3. Grabación 2. Ciclos del pie derecho después de la intervención.



Figura 7.12 Participante 3. Grabación 4. Ciclos del pie derecho antes de la intervención.



Figura 7.13 Participante 3. Grabación 4. Ciclos del pie derecho después de la intervención.

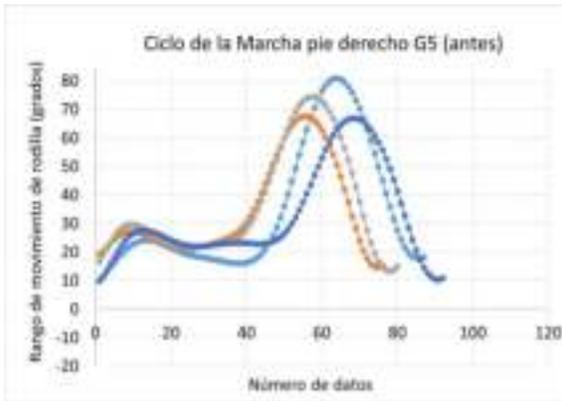


Figura 7.14 Participante 3. Grabación 5. Ciclos del pie derecho antes de la intervención.

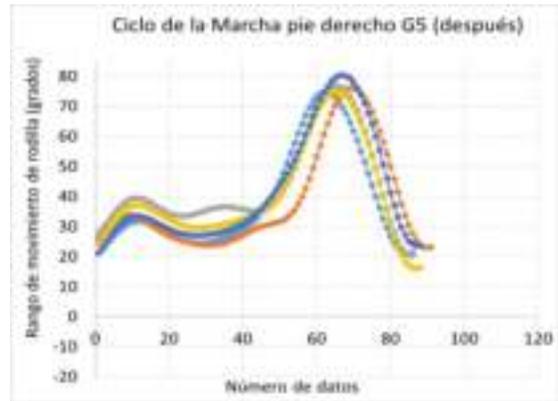


Figura 7.15 Participante 3. Grabación 5. Ciclos del pie derecho después de la intervención.

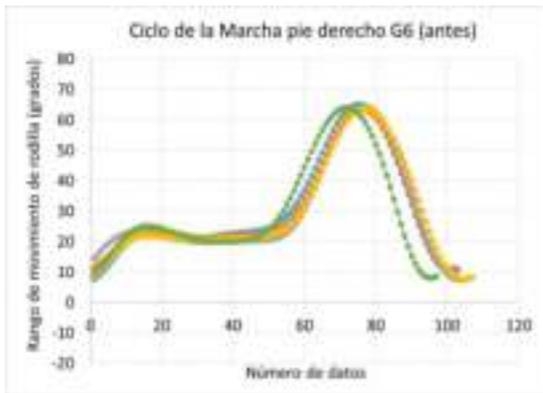


Figura 7.16 Participante 3. Grabación 6. Ciclos del pie derecho antes de la intervención.

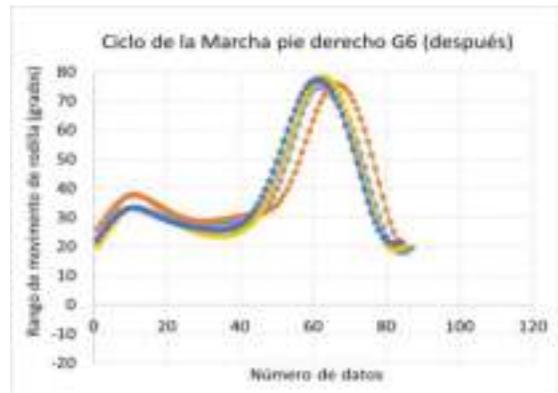


Figura 7.17 Participante 3. Grabación 5. Ciclos del pie derecho después de la intervención.

PARTICIPANTE 4
Pie izquierdo antes y después de la intervención

ANTES

DESPUÉS

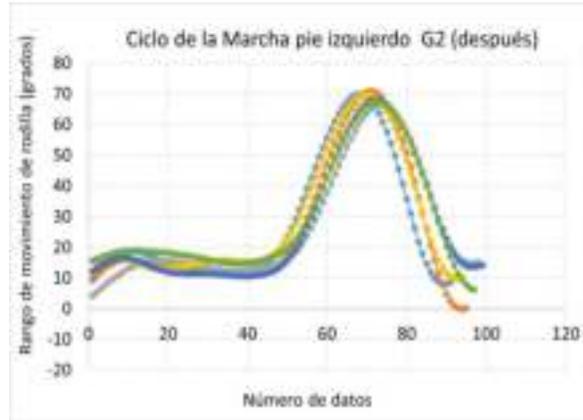
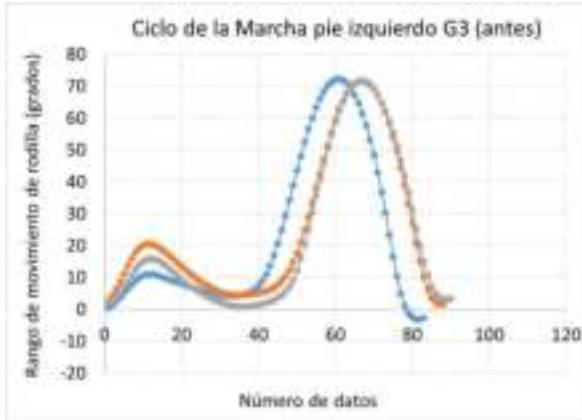


Figura 7.18 Participante 4. Grabación 3. Ciclos del pie izquierdo antes de la intervención.

Figura 7.19 Participante 4. Grabación 2. Ciclos del pie derecho después de la intervención.

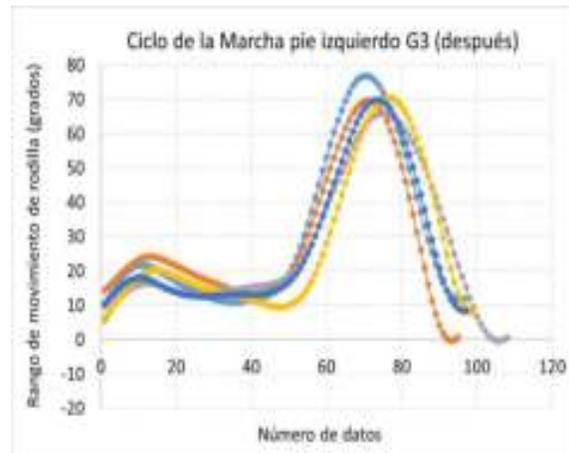
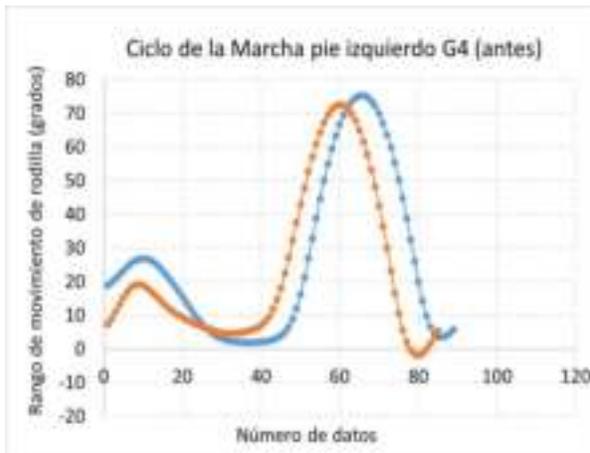


Figura 7.20 Participante 4. Grabación 4. Ciclos del pie izquierdo antes de la intervención.

Figura 7.21 Participante 4. Grabación 3. Ciclos del pie izquierdo después de la intervención.

PARTICIPANTE 4
Pie derecho antes y después de la intervención

ANTES

DESPUÉS

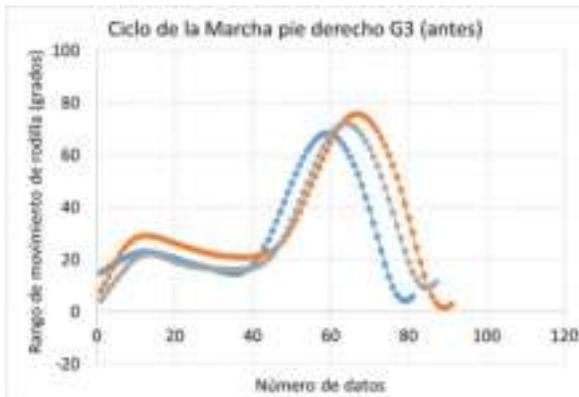


Figura 7.22 Participante 4. Grabación 3. Ciclos del pie derecho después de la intervención.

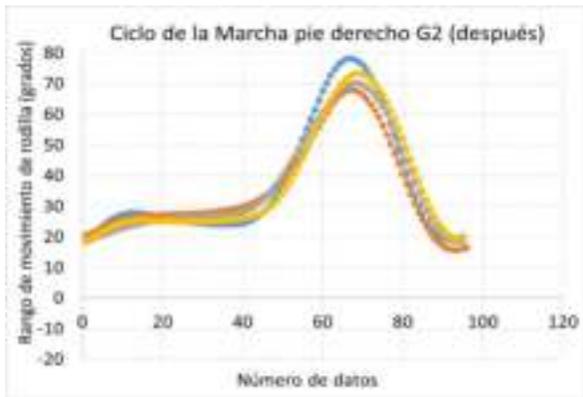


Figura 7.23 Participante 4. Grabación 2. Ciclos del pie derecho después de la intervención.

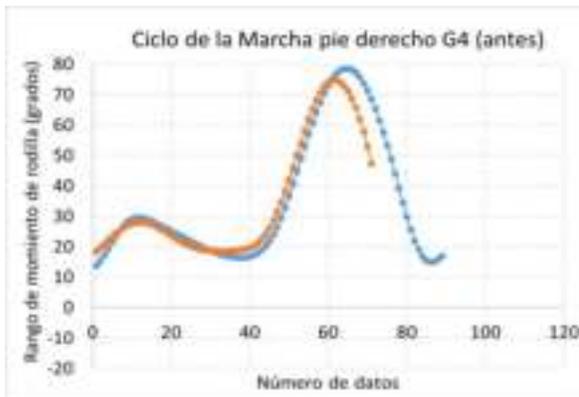


Figura 7.24 Participante 4. Grabación 4. Ciclos del pie derecho antes de la intervención.

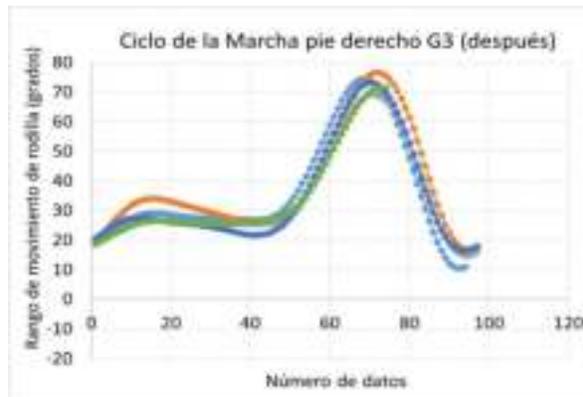


Figura 7.25 Participante 4. Grabación 3. Ciclos del pie derecho después de la intervención.

PARTICIPANTE 5
Pie izquierdo antes y después de la intervención

ANTES

DESPUÉS

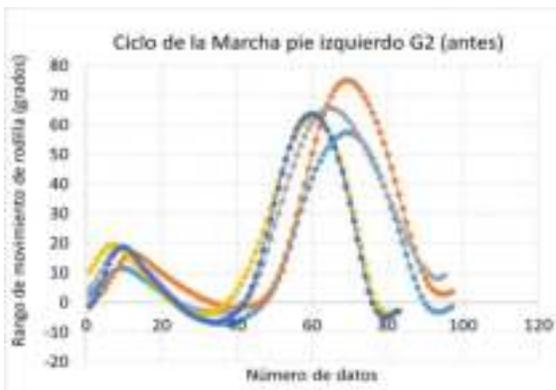


Figura 7.26 Participante 5. Grabación 2. Ciclos del pie izquierdo antes de la intervención.

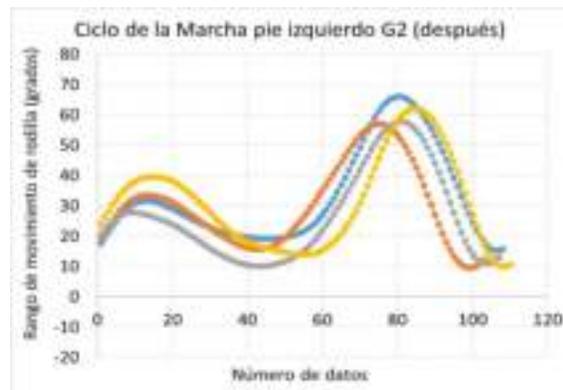


Figura 7.27 Participante 5. Grabación 2. Ciclos del pie izquierdo después de la intervención.

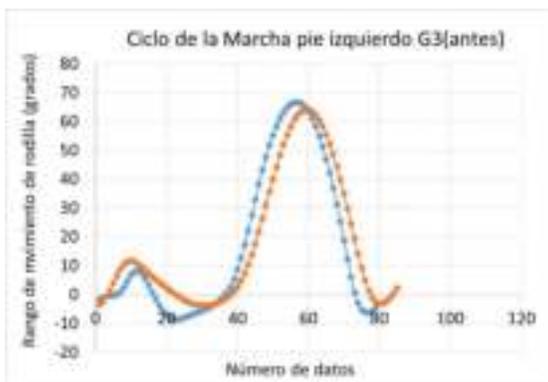


Figura 7.28 Participante 5. Grabación 3. Ciclos del pie izquierdo antes de la intervención.



Figura 7.29 Participante 5. Grabación 3. Ciclos del pie izquierdo después de la intervención.

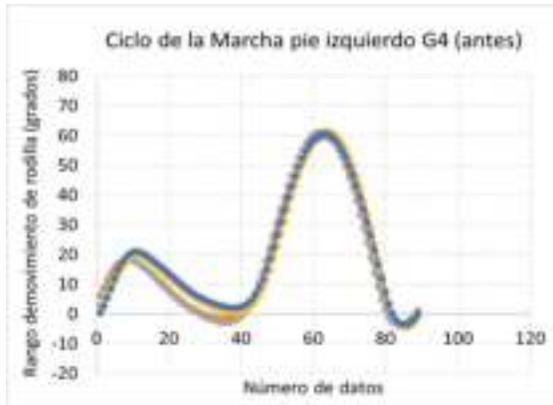


Figura 7.30 Participante 5. Grabación 4. Ciclos del pie izquierdo antes de la intervención.

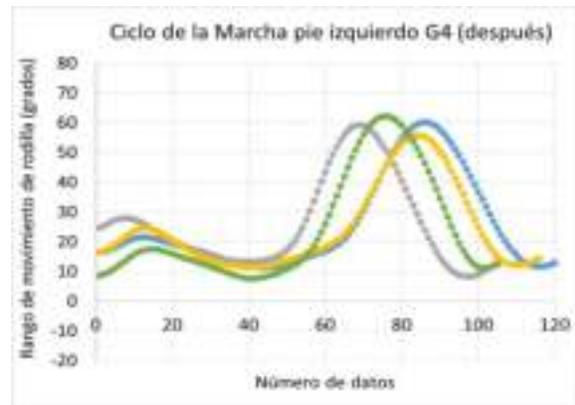


Figura 7.31 Participante 5. Grabación 4. Ciclos del pie izquierdo después de la intervención.

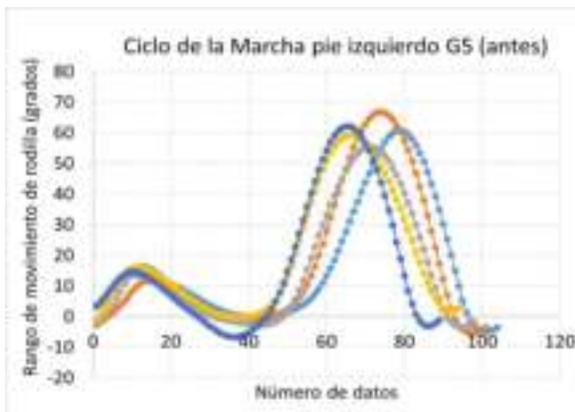


Figura 7.32 Participante 5. Grabación 5. Ciclos del pie izquierdo antes de la intervención.

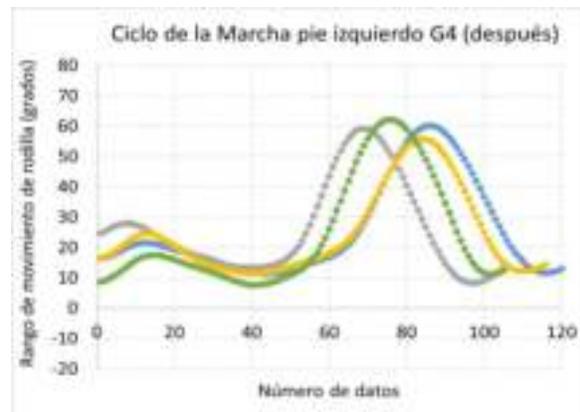


Figura 7.33 Participante 5. Grabación 4. Ciclos del pie izquierdo después de la intervención.

PARTICIPANTE 5
Pie derecho antes y después de la intervención

ANTES

DESPUÉS



Figura 7.34 Participante 5. Grabación 2. Ciclos del pie derecho antes de la intervención.



Figura 7.35 Participante 5. Grabación 2. Ciclos del pie derecho después de la intervención.



Figura 7.36 Participante 5. Grabación 3. Ciclos del pie derecho antes de la intervención.

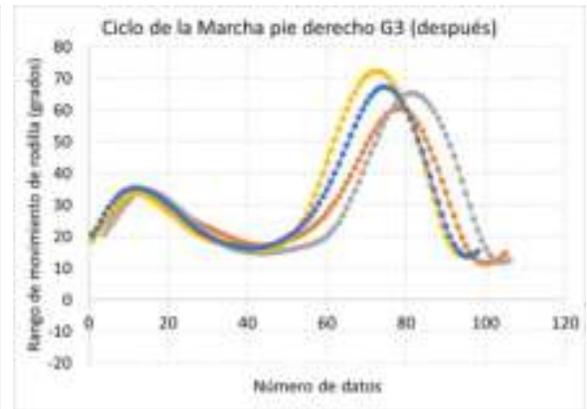


Figura 7.37 Participante 5. Grabación 3. Ciclos del pie derecho después de la intervención.

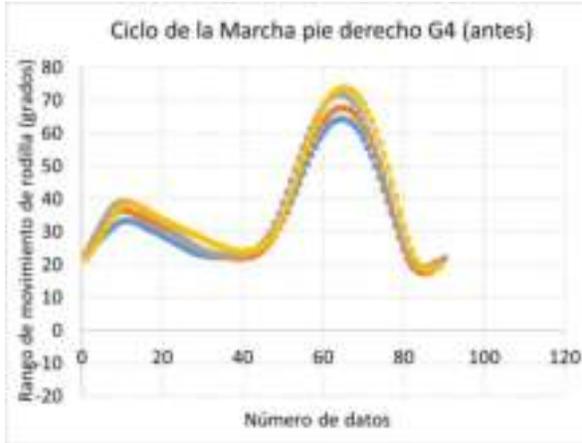


Figura 7.38 Participante 5. Grabación 4. Ciclos del pie derecho antes de la intervención.

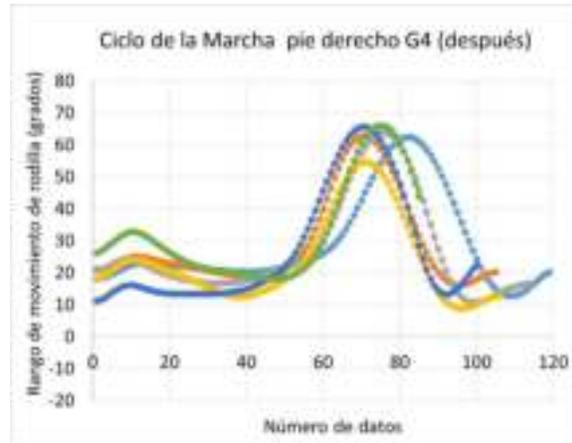


Figura 7.39 Participante 5. Grabación 4. Ciclos del pie derecho después de la intervención.

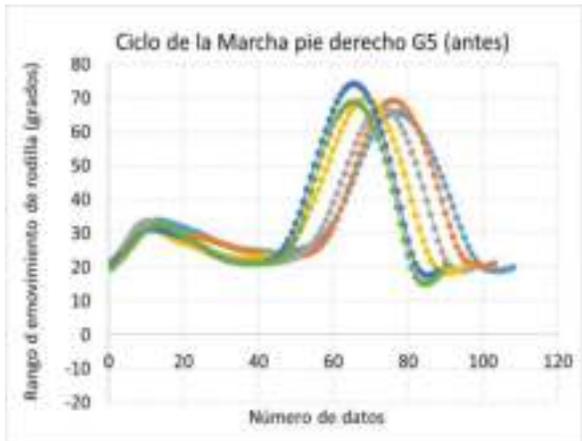


Figura 7.40 Participante 5. Grabación 5. Ciclos del pie derecho antes de la intervención.

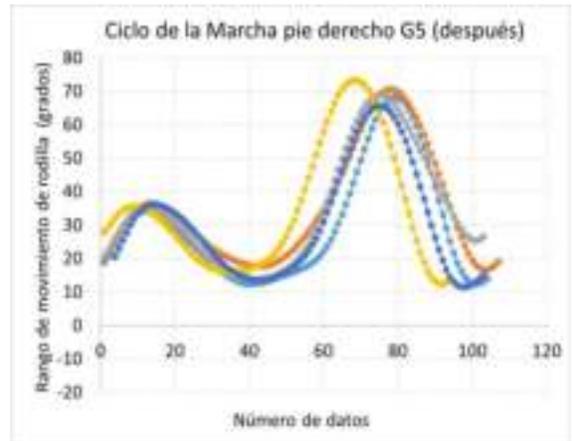


Figura 7.41 Participante 5. Grabación 5. Ciclos del pie derecho después de la intervención.

7.3 ANÁLISIS DE TABLAS

La cinética es la parte de la Mecánica que analiza cuantitativamente los valores en intensidad, dirección y variaciones de las fuerzas participantes en el fenómeno o proceso que se observa.

En las siguientes tablas se encuentran los valores seleccionados de la flexión de rodilla en los momentos específicos del ciclo de la marcha: choque de talón, postural intermedia, impulso y balanceo intermedio. Están señalados con una I- si pertenecen al pie izquierdo, y con una D- si pertenecen al pie derecho. Están agrupados en cada tabla los valores correspondientes de las evaluaciones previas a la intervención, denominadas “ANTES” y posterior a la intervención denominadas “DESPUÉS”. De cada participante y de cada pie, se obtuvieron los registros de los 4 momentos seleccionados de todos los ciclos considerados en las gráficas del análisis cinemático. Se agruparon determinando el Promedio, la Desviación Estándar (SD) y el Coeficiente de Variación (CoV) para cada columna.

Es importante aclarar que las fases del ciclo de la marcha se describen en función de la posición y actividad del pie; sin embargo, los valores analizados pertenecen a la flexión de rodilla en cada uno de esos momentos seleccionados de los ciclos en los que se obtuvieron los 4 registros. Los ciclos que quedaron incompletos de los cuales no se obtuvieron los 4 registros, fueron eliminados del análisis.

7.3.1 Tablas con el vaciado de datos

Se crearon 4 tablas para cada participante, corresponden 2 tablas por cada pie, una para los valores colectados antes de la intervención, y una para los valores colectados después.

PARTICIPANTE 3

Tabla 7.1 Vaciado de los valores correspondientes a la participante 3, pie izquierdo, antes de la intervención.

PARTICIPANTE 3 - ANTES - PIE IZQUIERDO								
GRAB 3	I-talon	13.8448	I-post-int	21.2817	I-impulso	23.6299	I-balanceo	67.1154
	I-talon	14.7466	I-post-int	22.9533	I-impulso	25.7215	I-balanceo	66.6152
	I-talon	13.5593	I-post-int	20.9553	I-impulso	21.8739	I-balanceo	63.6013
GRAB 4	I-talon	19.4508	I-post-int	23.4549	I-impulso	23.6197	I-balanceo	76.1594
	I-talon	13.9713	I-post-int	23.6812	I-impulso	27.8868	I-balanceo	80.0018
	I-talon	17.3573	I-post-int	29.8011	I-impulso	33.308	I-balanceo	72.4239
	I-talon	14.4898	I-post-int	25.0792	I-impulso	25.4731	I-balanceo	67.789
	I-talon	9.37666	I-post-int	25.1954	I-impulso	23.3127	I-balanceo	67.4548
GRAB 5	I-talon	16.1172	I-post-int	27.2029	I-impulso	24.8634	I-balanceo	74.2146
	I-talon	17.5304	I-post-int	36.4489	I-impulso	28.504	I-balanceo	67.4853
	I-talon	23.5529	I-post-int	28.9552	I-impulso	27.342	I-balanceo	68.4785
	I-talon	18.9713	I-post-int	31.3802	I-impulso	29.4398	I-balanceo	73.4965
	I-talon	13.4096	I-post-int	22.3318	I-impulso	25.7104	I-balanceo	69.3501
	I-talon	14.3038	I-post-int	22.6608	I-impulso	25.9077	I-balanceo	59.7232
GRAB 6	I-talon	13.2515	I-post-int	20.8392	I-impulso	20.7451	I-balanceo	63.0911
	I-talon	9.05013	I-post-int	18.1447	I-impulso	20.5899	I-balanceo	65.1511
	I-talon	16.1241	I-post-int	19.7503	I-impulso	23.0703	I-balanceo	64.9436
	I-talon	10.113	I-post-int	19.7381	I-impulso	23.4022	I-balanceo	64.8861
	I-talon	16.4589	I-post-int	19.7794	I-impulso	19.4512	I-balanceo	59.5007
	I-talon	8.65104	I-post-int	17.4454	I-impulso	18.6685	I-balanceo	63.3739
	I-talon	14.8644	I-post-int	20.6511	I-impulso	23.2081	I-balanceo	64.78
	Promedio	14.72356		23.70143		24.55849		67.60169
SD	3.645721		4.763664		3.515317		5.21614	
CoV	24.76113		20.09863		14.31406		7.715991	

Tabla 7.2 Vaciado de los valores correspondientes a la participante 3, pie izquierdo, después de la intervención.

PARTICIPANTE 3 - DESPUES - PIE IZQUIERDO								
GRAB2	I-talon	10.8845	I-post-int	25.1103	I-impulso	31.8209	I-balanceo	78.7496
	I-talon	13.2535	I-post-int	14.8856	I-impulso	15.4835	I-balanceo	70.4585
	I-talon	14.2701	I-post-int	15.8875	I-impulso	27.3657	I-balanceo	73.8533
	I-talon	13.0897	I-post-int	20.7082	I-impulso	24.4387	I-balanceo	73.7032
	I-talon	14.0812	I-post-int	23.9716	I-impulso	18.727	I-balanceo	67.5222
GRAB 4	I-talon	10.7848	I-post-int	18.2657	I-impulso	24.2776	I-balanceo	64.7447
	I-talon	11.7654	I-post-int	21.588	I-impulso	19.1579	I-balanceo	74.3132
	I-talon	14.0659	I-post-int	19.0635	I-impulso	34.718	I-balanceo	80.4079
	I-talon	18.833	I-post-int	21.913	I-impulso	21.095	I-balanceo	71.4908
GRAB 5	I-talon	15.9825	I-post-int	22.3342	I-impulso	16.3237	I-balanceo	71.8569
	I-talon	17.6966	I-post-int	24.7147	I-impulso	25.1217	I-balanceo	73.0046
	I-talon	19.8517	I-post-int	28.8351	I-impulso	32.1216	I-balanceo	86.0135
	I-talon	20.8389	I-post-int	30.6871	I-impulso	29.4928	I-balanceo	71.6782
	I-talon	16.9377	I-post-int	22.1447	I-impulso	20.8128	I-balanceo	71.7329
GRAB 6	I-talon	16.8997	I-post-int	23.6111	I-impulso	27.751	I-balanceo	71.1804
	I-talon	13.9473	I-post-int	23.8031	I-impulso	28.8292	I-balanceo	79.7915
	I-talon	23.0562	I-post-int	30.0428	I-impulso	25.2095	I-balanceo	77.4293
	I-talon	17.8269	I-post-int	24.7998	I-impulso	27.627	I-balanceo	74.5834
	I-talon	16.0186	I-post-int	24.2845	I-impulso	26.2906	I-balanceo	74.1993
	I-talon	17.0107	I-post-int	27.1955	I-impulso	21.4204	I-balanceo	72.248
	Promedio	15.85475		23.1923		24.90423		73.94807
	SD	3.296821		4.216459		5.300897		4.742718
	CoV	20.79391		18.18043		21.28513		6.413579

Tabla 7.3 Vaciado de los valores correspondientes a la participante 3, pie derecho, antes de la intervención.

PARTICIPANTE 3 - ANTES - PIE DERECHO								
GRAB 3	D-talon	9.43933	D-post-int	22.8581	D-impulso	25.7304	D-balanceo	69.4215
	D-talon	16.3878	D-post-int	22.19	D-impulso	30.3621	D-balanceo	69.256
	D-talon	13.7629	D-post-int	22.5638	D-impulso	28.7602	D-balanceo	65.3282
	D-talon	10.0604	D-post-int	21.3296	D-impulso	24.6032	D-balanceo	68.1534
GRAB 4	D-talon	14.6163	D-post-int	30.8215	D-impulso	36.2333	D-balanceo	72.4166
	D-talon	14.6829	D-post-int	32.1691	D-impulso	26.4417	D-balanceo	73.8838
	D-talon	15.208	D-post-int	27.7064	D-impulso	29.205	D-balanceo	69.708
	D-talon	15.1589	D-post-int	24.7179	D-impulso	29.0023	D-balanceo	72.3464
	D-talon	15.9849	D-post-int	22.8437	D-impulso	26.4975	D-balanceo	68.2115
GRAB 5	D-talon	9.84661	D-post-int	20.2674	D-impulso	28.6369	D-balanceo	80.4958
	D-talon	19.1395	D-post-int	23.5546	D-impulso	30.4707	D-balanceo	67.0519
	D-talon	16.7079	D-post-int	24.5939	D-impulso	32.065	D-balanceo	72.813
	D-talon	16.5362	D-post-int	34.1505	D-impulso	27.5433	D-balanceo	68.4641
	D-talon	9.80608	D-post-int	23.078	D-impulso	24.2829	D-balanceo	66.459
GRAB 6	D-talon	7.65357	D-post-int	21.2558	D-impulso	27.288	D-balanceo	65.1138
	D-talon	11.4603	D-post-int	22.8336	D-impulso	23.9522	D-balanceo	62.9132
	D-talon	14.3486	D-post-int	21.1374	D-impulso	21.9673	D-balanceo	64.2156
	D-talon	8.80227	D-post-int	21.0496	D-impulso	24.4301	D-balanceo	63.5577
	D-talon	8.68967	D-post-int	18.1319	D-impulso	23.2044	D-balanceo	58.8997
	D-talon	9.85435	D-post-int	22.5697	D-impulso	25.2019	D-balanceo	63.996
	Promedio	12.907324		23.991125		27.29392		68.13526
SD	3.40323191		4.12480295		3.41607269		4.79188355	
CoV	26.366673		17.1930368		12.5158742		7.03289831	

Tabla 7.4 Vaciado de los valores correspondientes a la participante 3, pie derecho, después de la intervención.

PARTICIPANTE 3 - DESPUES - PIE DERECHO								
GRAB 2	D-talon	21.8963	D-post-int	30.2239	D-impulso	28.9552	D-balanceo	70.4153
	D-talon	19.0146	D-post-int	25.7092	D-impulso	28.5572	D-balanceo	75.0404
	D-talon	22.8691	D-post-int	30.7689	D-impulso	30.3266	D-balanceo	69.664
	D-talon	19.0215	D-post-int	27.8453	D-impulso	35.2432	D-balanceo	72.6677
	D-talon	22.3836	D-post-int	25.6043	D-impulso	33.0672	D-balanceo	72.1186
GRAB 4	D-talon	23.6947	D-post-int	27.5111	D-impulso	26.4707	D-balanceo	72.9564
	D-talon	24.637	D-post-int	32.6058	D-impulso	34.5559	D-balanceo	74.06
	D-talon	24.7969	D-post-int	27.8209	D-impulso	35.5032	D-balanceo	75.5787
	D-talon	22.4812	D-post-int	32.4716	D-impulso	34.9515	D-balanceo	73.066
GRAB 5	D-talon	21.1815	D-post-int	28.7559	D-impulso	33.0591	D-balanceo	74.1824
	D-talon	25.8563	Dpost-int	26.9199	D-impulso	31.2855	D-balanceo	75.5145
	D-talon	27.8128	D-post-int	34.998	D-impulso	35.2385	D-balanceo	76.8931
	D-talon	24.3118	D-post-int	33.0934	D-impulso	37.1036	D-balanceo	74.8963
	D-talon	21.3469	D-post-int	28.1216	D-impulso	40.2296	D-balanceo	80.1814
GRABACION 6	D-talon	22.5031	D-post-int	31.5766	D-impulso	29.6767	D-balanceo	77.1729
	D-talon	25.8996	D-post-int	34.8403	D-impulso	31.3039	D-balanceo	75.6527
	D-talon	23.0501	D-post-int	28.839	D-impulso	28.4107	D-balanceo	74.155
	D-talon	20.0114	D-post-int	31.2209	D-impulso	30.405	D-balanceo	78.2153
	D-talon	22.1812	D-post-int	30.194	D-impulso	30.8332	D-balanceo	77.3385
	Promedio	22.8920842		29.9537158		32.3777105		74.7246947
	SD	2.3226838		2.83550164		3.49224577		2.62439533
	CoV	10.1462312		9.46627677		10.7859565		3.51208572

En la tabla 7.5 se observa que los valores del Coeficiente de Variación (CoV), son muy amplios para los 3 primeros parámetros (choque de talón, postural intermedia e impulso) esto es debido a que el valor es muy sensible en rangos o valores pequeños.

PARTICIPANTE 4

Tabla 7.5. Vaciado de los valores correspondientes a la participante 4, pie izquierdo, antes de la intervención.

PARTICIPANTE 4 - ANTES - PIE IZQUIERDO								
GRAB 3	I-talon	0.52099	I-post-int	10.1278	I-impulso	8.93649	I-balanceo	71.3643
	I-talon	2.69341	I-post-int	16.6569	I-impulso	8.88833	I-balanceo	71.532
	I-talon	1.91414	I-post-int	11.517	I-impulso	3.52854	I-balanceo	71.2794
GRAB 4	I-talon	18.8906	I-post-int	17.1523	I-impulso	3.15451	I-balanceo	74.6496
	I-talon	7.24119	I-post-int	13.6507	I-impulso	14.5739	I-balanceo	72.5931
	Promedio	6.252066		13.82094		7.816354		72.28368
	SD	7.50063		3.08695		4.695381		1.424094
	CoV	119.9704		22.33531		60.07124		1.970146

Tabla 7.6 Vaciado de los valores correspondientes a la participante 4, pie izquierdo, después de la intervención.

PARTICIPANTE 4 - DESPUES - PIE IZQUIERDO								
GRAB 2	I-talon	9.14492	I-post-int	15.7425	I-impulso	19.1027	I-balanceo	69.5876
	I-talon	9.97827	I-post-int	14.1988	I-impulso	19.1297	I-balanceo	67.118
	I-talon	4.04134	I-post-int	15.6094	I-impulso	18.3438	I-balanceo	66.2825
	I-talon	15.3718	I-post-int	13.0678	I-impulso	20.9502	I-balanceo	68.0835
	I-talon	12.2792	I-post-int	11.8745	I-impulso	15.661	I-balanceo	65.9431
	I-talon	15.5788	I-post-int	18.2181	I-impulso	18.6945	I-balanceo	66.127
GRAB 3	I-talon	10.7436	I-post-int	19.5525	I-impulso	19.1122	I-balanceo	76.3031
	I-talon	14.4722	I-post-int	21.4548	I-impulso	18.5807	I-balanceo	69.4232
	I-talon	5.64832	I-post-int	13.1494	I-impulso	23.6975	I-balanceo	65.8082
	I-talon	6.34418	I-post-int	15.1866	I-impulso	17.0273	I-balanceo	69.1127
	I-talon	10.0633	I-post-int	13.7401	I-impulso	17.8841	I-balanceo	69.3383
GRAB 4	I-talon	13.4335	I-post-int	19.6954	I-impulso	26.9853	I-balanceo	66.8037
	I-talon	11.2365	I-post-int	15.5819	I-impulso	19.9919	I-balanceo	70.6809
	I-talon	8.15374	I-post-int	16.3142	I-impulso	16.2088	I-balanceo	66.4209
	I-talon	0.49228	I-post-int	19.0989	I-impulso	21.7943	I-balanceo	71.8804
	I-talon	14.0907	I-post-int	20.8453	I-impulso	17.0742	I-balanceo	64.2827
	I-talon	10.4547	I-post-int	17.362	I-impulso	17.4133	I-balanceo	69.9289
	Promedio	10.08984		16.51131		19.27362		68.4191
	SD	4.169814		2.901409		2.830598		2.888735
	CoV	41.32684		17.57226		14.68639		4.222118

Tabla 7.7 Vaciado de los valores correspondientes a la participante 4, pie derecho, antes de la intervención.

PARTICIPANTE 4 - ANTES - PIE DERECHO								
GRAB 3	D-talon	14.8391	D-post-int	20.4042	D-impulso	22.0096	D-balanceo	65.8442
	D-talon	8.05612	D-post-int	26.7648	D-impulso	25.8787	D-balanceo	72.1999
	D-talon	4.48292	D-post-int	18.6758	D-impulso	20.183	D-balanceo	69.7701
GRAB 4	D-talon	13.8289	D-post-int	24.4839	D-impulso	26.4622	D-balanceo	75.1733
	D-talon	18.2934	D-post-int	26.0281	D-impulso	22.3472	D-balanceo	74.7184
	Promedio	11.900088		23.27136		23.37614		71.54118
	SD	5.54578707		3.55716776		2.68834824		3.85075448
	CoV	46.602908		15.2856032		11.5003942		5.38257054

Tabla 7.8 Vaciado de los valores correspondientes a la participante 4, pie derecho, después de la intervención.

PARTICIPANTE 4 - DESPUES - PIE DERECHO								
GRAB 2	D-talon	19.1115	D-post-int	26.3087	D-impulso	29.2615	D-balanceo	74.6065
	D-talon	20.4909	D-post-int	26.8305	D-impulso	36.9546	D-balanceo	67.9208
	D-talon	18.4548	D-post-int	25.8222	D-impulso	36.3625	D-balanceo	67.2201
	D-talon	18.868	D-post-int	25.2035	D-impulso	32.3738	D-balanceo	73.2159
	D-talon	20.9034	D-post-int	23.805	D-impulso	35.3053	D-balanceo	73.2562
	D-talon	21.3631	D-post-int	24.13	D-impulso	27.1093	D-balanceo	74.0256
GRAB 3	D-talon	18.4713	D-post-int	27.8346	D-impulso	34.4937	D-balanceo	72.7643
	D-talon	19.303	D-post-int	31.9731	D-impulso	30.369	D-balanceo	75.7133
	D-talon	20.4466	D-post-int	25.8532	D-impulso	27.2725	D-balanceo	69.1892
	D-talon	21.8786	D-post-int	26.5028	D-impulso	26.8573	D-balanceo	71.0879
	D-talon	20.3489	D-post-int	26.2842	D-impulso	24.8474	D-balanceo	70.7562
	D-talon	18.4425	D-post-int	25.8707	D-impulso	29.4922	D-balanceo	70.8009
GRAB 4	D-talon	20.2575	D-post-int	27.154	D-impulso	31.1536	D-balanceo	69.7228
	D-talon	20.3959	D-post-int	22.5644	D-impulso	31.0016	D-balanceo	70.8518
	D-talon	21.0384	D-post-int	22.3428	D-impulso	28.5954	D-balanceo	75.8605
	D-talon	25.7652	D-post-int	32.7844	D-impulso	30.8367	D-balanceo	67.7337
	D-talon	18.6817	D-post-int	26.7015	D-impulso	29.4433	D-balanceo	72.5156
	D-talon	23.2439	D-post-int	26.5206	D-impulso	28.9566	D-balanceo	69.4937
	Promedio	20.4147333		26.3603444		30.5936833		71.4852778
	SD	1.88142778		2.65845623		3.3958823		2.66698861
	CoV	9.21602918		10.0850588		11.0999459		3.73082219

PARTICIPANTE 5

Tabla 7.9 Vaciado de los valores correspondientes a la participante 5, pie izquierdo, antes de la intervención.

PARTICIPANTE 5 - ANTES - PIE IZQUIERDO								
GRAB 2	I-talon	2.48376	I-post-int	8.05085	I-impulso	1.0095	I-balanceo	56.1845
	I-talon	-0.51724	I-post-int	9.04332	I-impulso	3.94368	I-balanceo	74.5533
	I-talon	4.59054	I-post-int	9.60108	I-impulso	13.2793	I-balanceo	62.7408
	I-talon	10.5594	I-post-int	10.3387	I-impulso	6.16823	I-balanceo	61.362
	I-talon	-1.55846	I-post-int	12.0259	I-impulso	-0.00103	I-balanceo	63.234
GRAB 3	I-talon	-1.81208	I-post-int	3.24406	I-impulso	8.68027	I-balanceo	66.0386
	I-talon	-3.62447	I-post-int	6.10962	I-impulso	13.7255	I-balanceo	64.206
GRAB 4	I-talon	4.15947	I-post-int	2.40587	I-impulso	6.20581	I-balanceo	63.8951
	I-talon	5.87811	I-post-int	10.44	I-impulso	7.10679	I-balanceo	55.732
	I-talon	3.04794	I-post-int	13.4072	I-impulso	10.0988	I-balanceo	49.6267
	I-talon	0.979822	I-post-int	13.3191	I-impulso	6.15454	I-balanceo	60.2478
	I-talon	0.260567	I-post-int	15.7374	I-impulso	8.89279	I-balanceo	59.7203
GRAB 5	I-talon	3.05902	I-post-int	9.5251	I-impulso	6.00454	I-balanceo	60.7372
	I-talon	-2.75982	I-post-int	5.52498	I-impulso	10.423	I-balanceo	66.5695
	I-talon	-2.52772	I-post-int	5.50686	I-impulso	3.36651	I-balanceo	53.2101
	I-talon	-0.70172	I-post-int	10.5475	I-impulso	7.58822	I-balanceo	58.8767
	I-talon	3.68518	I-post-int	11.1093	I-impulso	-6.73953	I-balanceo	61.5933
	Promedio	1.482489		9.172755		6.229819		61.08988
	SD	3.708988		3.653887		5.011909		5.672752
	CoV	250.1866		39.83412		80.45031		9.285913

Tabla 7.10 Vaciado de los valores correspondientes a la participante 5, pie izquierdo, después de la intervención.

PARTICIPANTE 5 - DESPUES - PIE IZQUIERDO								
GRAB 2	I-talon	17.5299	I-post-int	22.8093	I-impulso	21.6149	I-balancec	65.7619
	I-talon	19.403	I-post-int	25.3678	I-impulso	24.809	I-balancec	56.8362
	I-talon	20.4482	I-post-int	15.946	I-impulso	16.2163	I-balancec	57.7846
	I-talon	24.0124	I-post-int	30.2885	I-impulso	14.0575	D-balance	61.9841
	I-talon	16.3515	I-post-int	21.4523	I-impulso	14.7739	I-balancec	65.5084
GRAB 3	I-talon	19.776	I-post-int	28.6631	I-impulso	16.5386	I-balancec	68.7155
	I-talon	19.0991	I-post-int	26.3949	I-impulso	15.0688	I-balancec	52.3328
	I-talon	20.9182	I-post-int	15.6101	I-impulso	13.1504	I-balancec	66.0568
	I-talon	20.0551	I-post-int	18.0711	I-impulso	12.6844	I-balancec	53.8554
GRAB 4	I-talon	16.5033	I-post-int	16.4938	I-impulso	19.7758	I-balancec	59.9941
	I-talon	13.4647	I-post-int	20.8131	I-impulso	24.3604	I-balancec	70.6496
	I-talon	24.5843	I-post-int	19.6803	I-impulso	30.4116	I-balancec	58.9808
	I-talon	16.4344	I-post-int	15.2264	I-impulso	23.9724	I-balancec	55.2362
	I-talon	17.3053	I-post-int	18.6676	I-impulso	22.657	I-balancec	55.0171
	I-talon	8.59886	I-post-int	14.147	I-impulso	13.9682	I-balancec	61.2612
GRAB 5	I-talon	17.2416	I-post-int	25.6081	I-impulso	16.7349	I-balancec	63.8815
	I-talon	23.5185	Post-int	19.4981	I-impulso	17.6202	I-balancec	66.8888
	I-talon	21.4753	I-post-int	21.6204	I-impulso	25.7137	I-balancec	63.0169
	I-talon	26.048	I-post-int	25.6577	I-impulso	10.6007	I-balancec	62.4037
	Promedio	19.09303		21.15872		18.66993		61.37714
	SD	4.128529		4.78855		5.425256		5.252074
	CoV	21.62322		22.63157		29.05879		8.557052

Tabla 7.11 Vaciado de los valores correspondientes a la participante 5, pie derecho, antes de la intervención.

PARTICIPANTE 5 - ANTES - PIE DERECHO								
GRAB 2	D-talon	22.5952	D-post-int	24.6207	D-impulso	22.8528	D-balanceo	69.0857
	D-talon	23.2969	D-post-int	28.6517	D-impulso	25.7682	D-balanceo	66.3677
	D-talon	26.2938	D-post-int	29.191	D-impulso	22.2557	D-balanceo	64.338
	D-talon	23.4483	D-post-int	24.1844	D-impulso	26.1627	D-balanceo	69.3927
	D-talon	21.8075	D-post-int	26.9872	D-impulso	24.9434	D-balanceo	67.9322
GRAB 3	D-talon	17.6162	D-post-int	21.1001	D-impulso	21.0471	D-balanceo	62.432
	D-talon	18.2485	D-post-int	24.6294	D-impulso	20.4655	D-balanceo	62.5755
	D-Talon	19.1093	D-post-int	23.8746	D-impulso	20.8521	D-balanceo	62.2176
GRAB 4	D-talon	23.1063	D-post-int	29.9387	D-impulso	29.3846	D-balanceo	64.3038
	D-talon	23.3301	D-post-int	28.712	D-impulso	27.0702	D-balanceo	65.0656
	D-talon	23.7189	D-post-int	28.2848	D-impulso	26.6303	D-balanceo	71.4775
	D-talon	21.9026	D-post-int	32.4772	D-impulso	26.5121	D-balanceo	72.6012
GRAB 5	D-talon	21.7176	D-post-int	30.0156	D-impulso	26.2891	D-balanceo	65.2404
	D-talon	20.3259	D-post-int	28.9472	D-impulso	23.19	D-balanceo	67.3913
	D-talon	21.9916	D-post-int	29.6008	D-impulso	22.1287	D-balanceo	66.2787
	D-talon	20.2291	D-post-int	27.9877	D-impulso	27.3442	I-balanceo	69.5366
	D-talon	21.2139	D-post-int	29.4924	D-impulso	27.8959	D-balanceo	72.4514
	D-talon	19.7563	D-post-int	27.2723	D-impulso	26.1865	D-balanceo	68.2497
	Promedio	21.6504444		27.5537667		24.8321722		67.0520889
	SD	2.16501037		2.82762595		2.69965524		3.30429147
	CoV	9.99984262		10.262212		10.8716033		4.9279471

Tabla 7.12 Vaciado de los valores correspondientes a la participante 5, pie derecho, después de la intervención.

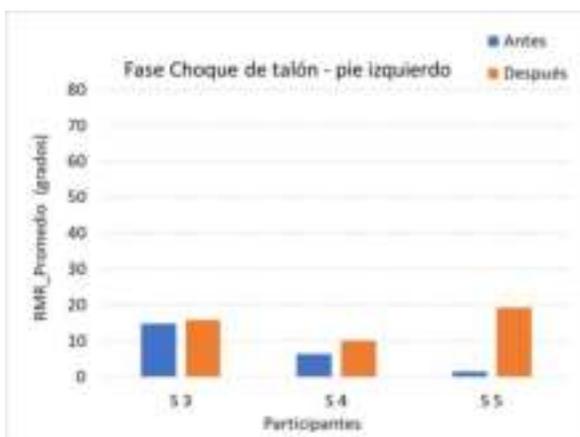
PARTICIPANTE 5 - DESPUES - PIE DERECHO								
GRAB 2	D-talon	19.1752	D-post-int	23.282	D-impulso	23.0786	D-balanceo	59.7413
	D-talon	20.4785	D-post-int	26.7754	D-impulso	19.2348	D-balanceo	66.6067
	D-talon	16.8859	D-post-int	23.1292	D-impulso	29.9546	D-balanceo	53.9702
	D-talon	20.4179	D-post-int	23.7734	D-impulso	23.187	D-balanceo	70.228
	D-talon	19.8381	D-post-int	27.7064	D-impulso	20.5873	D-balanceo	65.5471
GRAB 3	D-talon	20.4885	D-post-int	24.9615	D-impulso	24.5631	D-balanceo	72.4406
	D-talon	21.01	D-post-int	25.3572	D-impulso	21.0729	D-balanceo	60.35
	D-talon	20.7544	D-post-int	20.767	D-impulso	18.4896	D-balanceo	64.8724
	D-talon	18.7217	D-post-int	24.6668	D-impulso	21.2547	D-balanceo	72.1651
	D-talon	20.2923	D-post-int	20.9231	D-impulso	19.8092	D-balanceo	67.2741
GRAB 4	D-talon	17.957	D-post-int	21.9487	D-impulso	24.7284	D-balanceo	62.2288
	D-talon	21.1065	D-post-int	23.0068	D-impulso	24.9669	D-balanceo	60.2703
	D-talon	20.5305	D-post-int	21.4931	D-impulso	24.913	D-balanceo	55.3882
	D-talon	17.8981	D-post-int	19.8698	D-impulso	23.06	D-balanceo	47.8877
	D-talon	11.1256	D-post-int	14.5146	D-impulso	23.1408	D-balanceo	63.1503
	D-talon	26.0991	D-post-int	23.0487	D-impulso	22.2133	D-balanceo	65.763
GRAB 5	D-talon	18.6533	D-post-int	21.5862	D-impulso	16.8126	D-balanceo	66.0674
	D-talon	19.6756	D-post-int	26.0353	D-impulso	28.1298	D-balanceo	68.8743
	D-talon	20.5456	D-post-int	25.0783	D-impulso	19.6362	D-balanceo	68.2557
	D-talon	27.7128	D-post-int	26.9276	D-impulso	24.7757	D-balanceo	73.3227
	D-talon	20.5137	D-post-int	24.4816	D-impulso	20.8449	D-balanceo	65.6665
	Promedio	19.9943		23.3015571		22.593019		64.2890667
	SD	3.18098787		2.95805163		3.15851685		6.39590539
	CoV	15.9094735		12.6946522		13.9800566		9.94866735

El total de estos resultados, Promedio, Desviación Estandar (SD), y Coeficiente de Variación (CoV) en cada caso, fueron agrupados realizando 4 tablas para el pie izquierdo y 4 tablas para el pie derecho, que corresponden a cada momento seleccionado del ciclo, y trasladados a una gráfica de barras para poder realizar una comparación entre el antes y el después de cada participante:

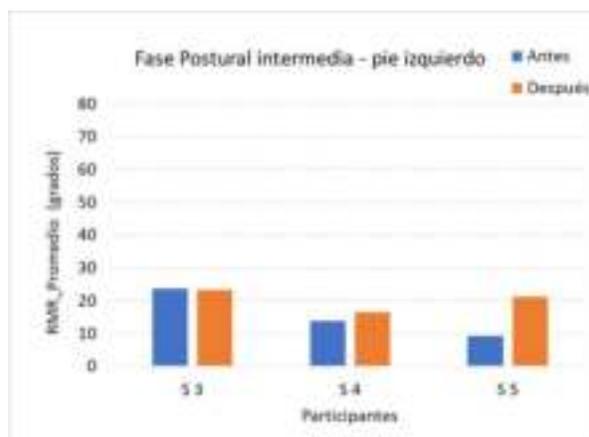
PROMEDIOS

Tabla 7.13 Vaciado de los ángulos promediados de rodilla izquierda de las fases seleccionadas de cada participante, separados por antes y después de la intervención.

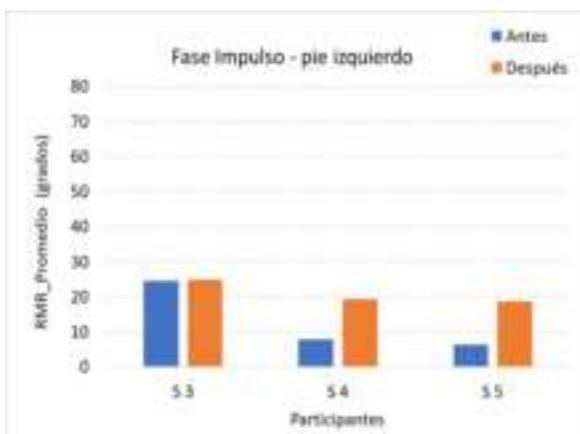
PROMEDIO	Rodilla izquierda antes				Rodilla izquierda después			
	I-talón	I-post-int	I-impulso	I-balanceo	I-talón	I-post-int	I-impulso	I-balanceo
S 3	14.7235633	23.7014333	24.5584857	67.6016905	15.854745	23.1923	24.90423	73.94807
S 4	6.252066	13.82094	7.816354	72.28368	10.0898441	16.5113059	19.2736176	68.4191
S 5	1.48248853	9.17275529	6.22981868	61.0898765	19.0930347	21.1587158	18.6699316	61.3771368



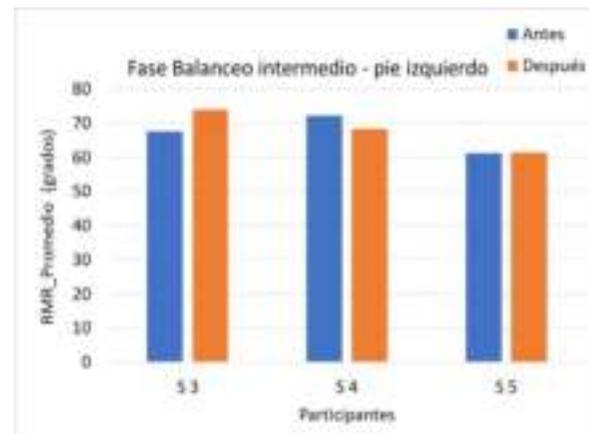
A



B



C



D

Figura 7.42 Gráficas de barras comparando los promedios de los valores angulares de rodilla izquierda durante las fases del pie izquierdo, antes y después de la intervención de cada participante.

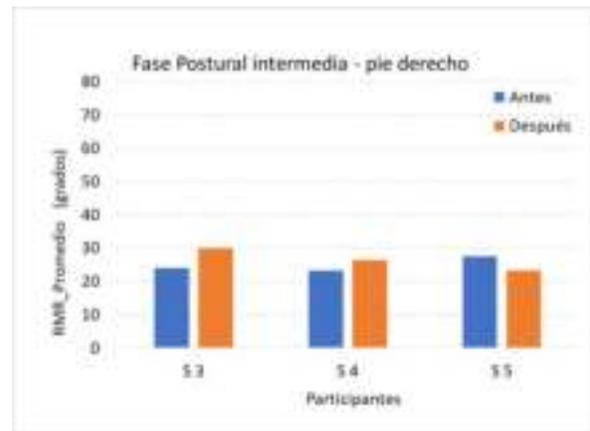
A- Choque de talón. B- Postural intermedia. C- Impulso. D- Balanceo intermedio.

Tabla 7.14 Vaciado de los ángulos promediados de rodilla derecha de las fases seleccionadas de cada participante, separados por antes y después de la intervención.

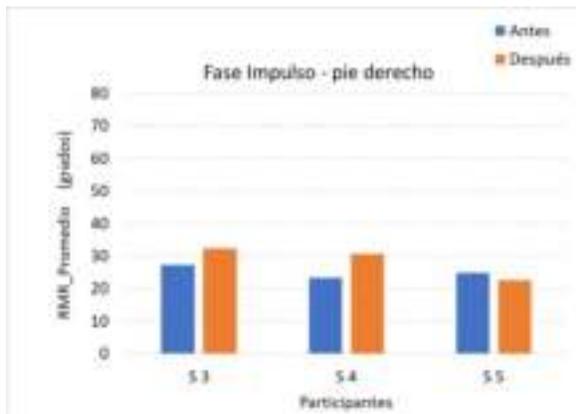
PROMEDIO	Rodilla derecha antes				Rodilla derecha después			
	D-talón	D-post-int	D-impulso	D-balanceo	D-talón	D-post-int	D-impulso	D-balanceo
S 3	12.907324	23.991125	27.29392	68.13526	22.8920842	29.9537158	32.3777105	74.7246947
S 4	11.900088	23.27136	23.37614	71.54118	20.4147333	26.3603444	30.5936833	71.4852778
S 5	21.6504444	27.5537667	24.8321722	67.0520889	19.9943	23.3015571	22.593019	64.2890667



A



B



C



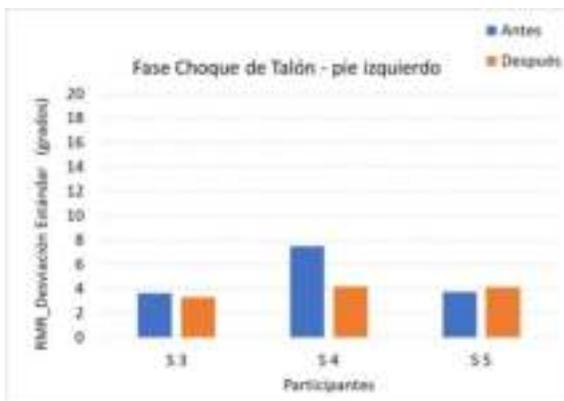
D

Figura 7.43 Gráficas de barras comparando los promedios de los valores angulares de rodilla derecha, antes y después de la intervención de cada participante. A- Choque de talón. B- Postural intermedia. C- Impulso. D- Balanceo intermedio.

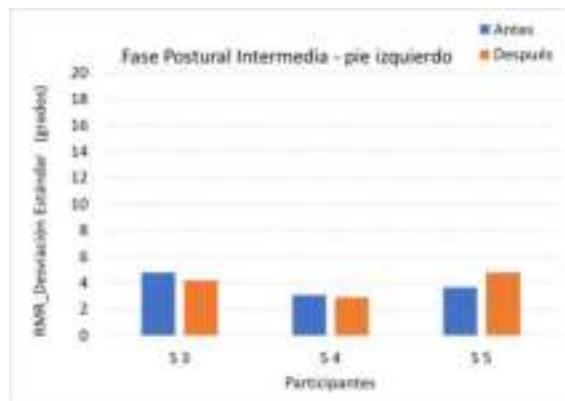
DESVIACIÓN ESTANDAR

Tabla 7.15 Vaciado de las Desviaciones Estándar de rodilla izquierda de las fases seleccionadas de cada participante, separados por antes y después de la intervención.

SD	Rodilla izquierda antes				Rodilla izquierda después			
	I-talón	I-post-int	I-impulso	I-balanceo	I-talón	I-post-int	I-impulso	I-balanceo
S 3	3.64572086	4.76366368	3.51531656	5.21614022	3.29682144	4.21645915	5.30089729	4.74271799
S 4	7.50062955	3.08694966	4.6953808	1.42409435	4.16981373	2.90140906	2.83059806	2.88873543
S 5	3.70898789	3.65388667	5.01190872	5.67275248	4.12852932	4.78854975	5.4252558	5.25207378



A



B



C



D

Figura 7.44 Gráficas de barras comparando las Desviaciones Estándar de rodilla izquierda, antes y después de la intervención de cada participante.

A- Choque de talón. B- Postural intermedia. C- Impulso. D- Balanceo intermedio.

Tabla 7.16 Vaciado de las Desviaciones Estándar de rodilla derecha de las fases seleccionadas de cada participante, separados por antes y después de la intervención.

SD	Rodilla derecha antes				Rodilla derecha después			
	D-talón	D-post-int	D-impulso	D-balanceo	D-talón	D-post-int	D-impulso	D-balanceo
S 3	3.40323191	4.12480295	3.41607269	4.79188355	2.3226838	2.83550164	3.49224577	2.62439533
S 4	5.54578707	3.55716776	2.68834824	3.85075448	1.88142778	2.65845623	3.3958823	2.66698861
S 5	2.16501037	2.82762595	2.69965524	3.30429147	3.18098787	2.95805163	3.15851685	6.39590539

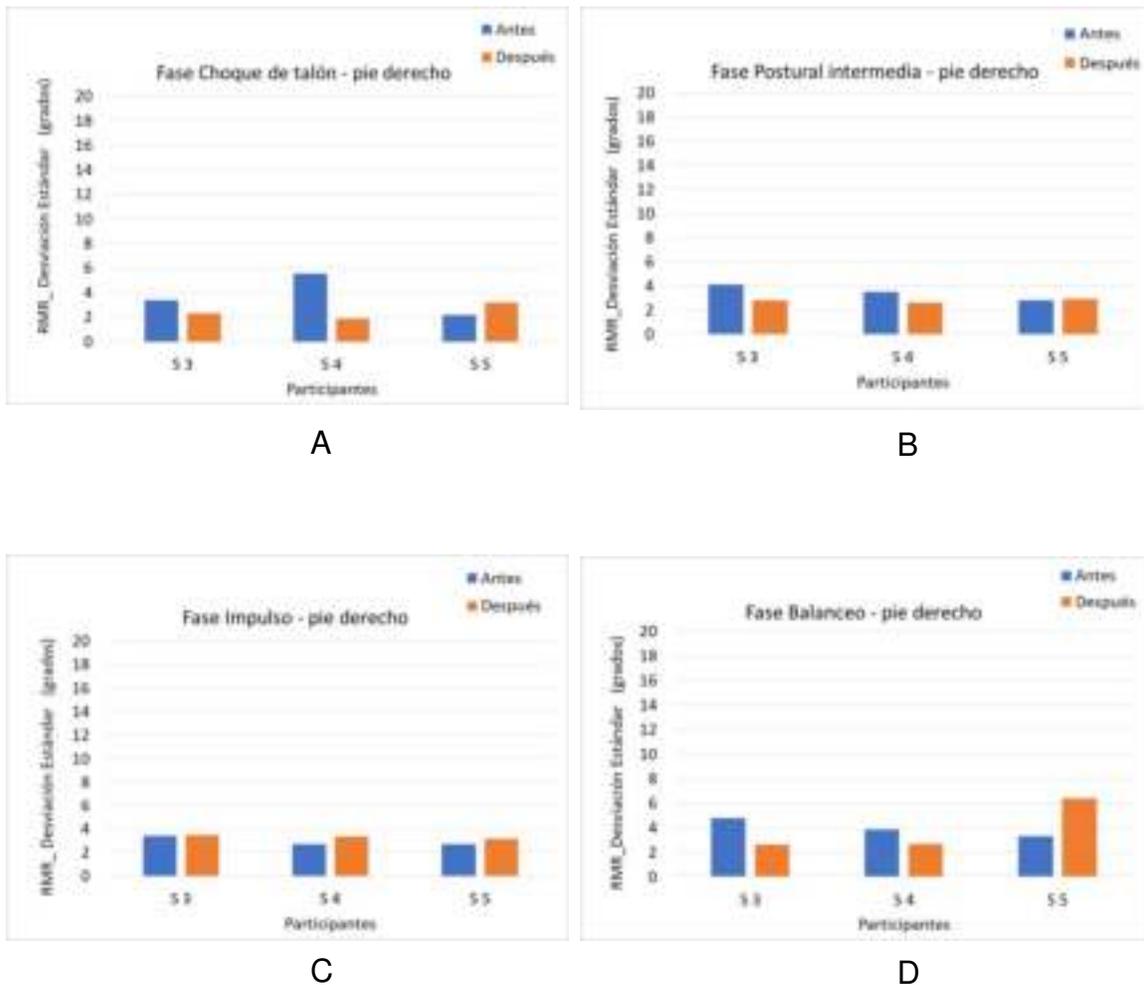
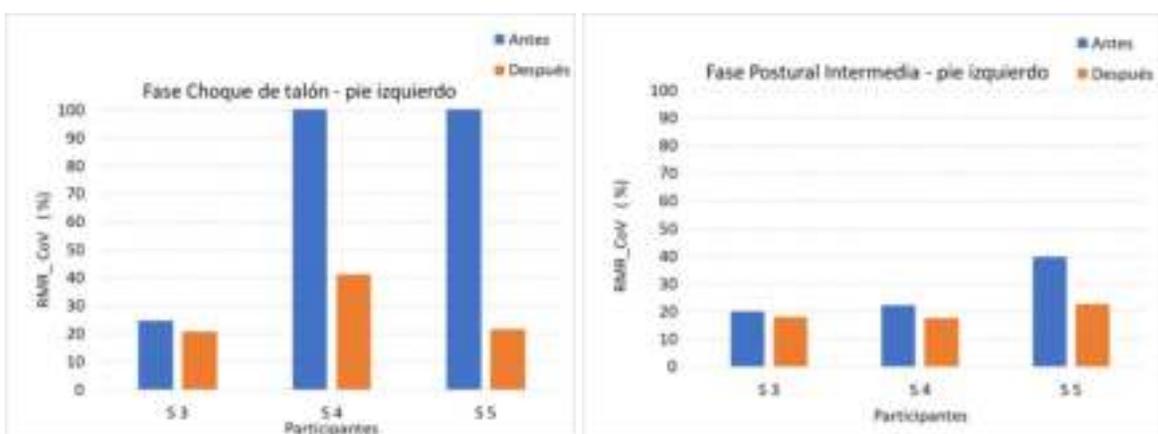


Figura 7.45 Gráficas de barras comparando las Desviaciones Estándar de rodilla derecha, antes y después de la intervención de cada participante. A- Choque de talón. B- Postural intermedia. C- Impulso. D- Balanceo intermedio.

COEFICIENTE DE VARIACIÓN

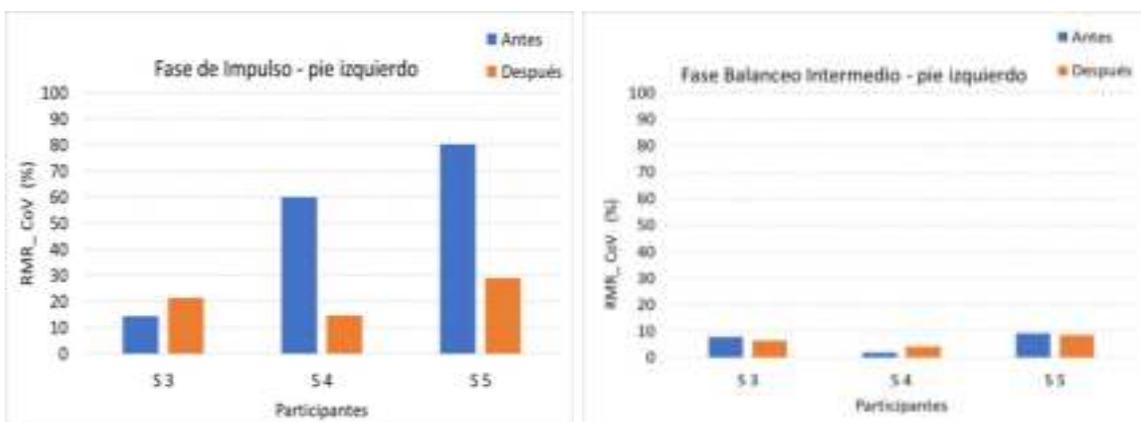
Tabla 7.17 Vaciado de los Coeficientes de Variación de rodilla izquierda de las fases seleccionadas de cada participante, separados por antes y después de la intervención.

CoV	Rodilla izquierda antes				Rodilla izquierda después			
	I-talón	I-post-int	I-impulso	I-balanceo	I-talón	I-post-int	I-impulso	I-balanceo
S 3	24.7611313	20.0986312	14.3140607	7.7159908	20.7939102	18.1804269	21.2851282	6.41357914
S 4	119.970415	22.335309	60.0712404	1.97014645	41.32684	17.5722567	14.6863869	4.22211843
S 5	250.186617	39.8341235	80.4503144	9.28591251	21.6232221	22.6315708	29.0587878	8.55705243



A

B



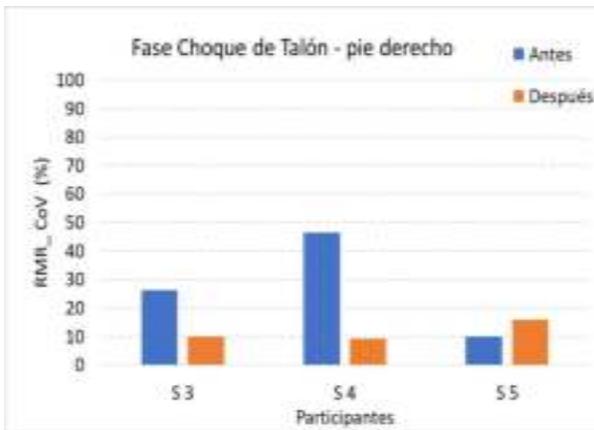
C

D

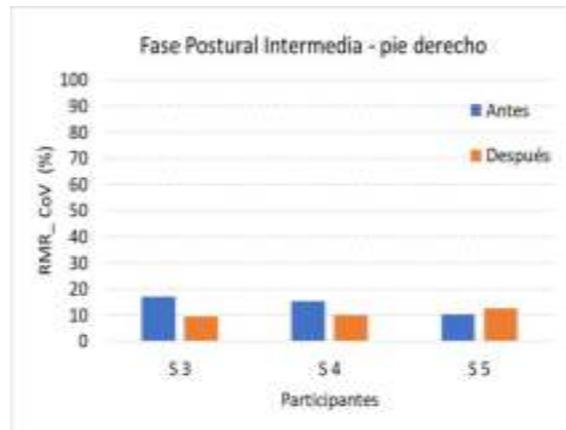
Figura 7.46 Gráficas de barras comparando los Coeficientes De Variación de rodilla izquierda, antes y después de la intervención de cada participante.
A- Choque de talón. B- Postural intermedia. C- Impulso. D- Balanceo intermedio.

Tabla 7.18 Vaciado de los Coeficientes de Variación de rodilla derecha de las fases seleccionadas de cada participante, separados por antes y después de la intervención.

CoV	Rodilla derecha antes				Rodilla derecha después			
	D-talón	D-post-int	D-impulso	D-balanceo	D-talón	D-post-int	D-impulso	D-balanceo
S 3	26.366673	17.1930368	12.5158742	7.03289831	10.1462312	9.46627677	10.7859565	3.51208572
S 4	46.602908	15.2856032	11.5003942	5.38257054	9.21602918	10.0850588	11.0999459	3.73082219
S 5	9.99984262	10.262212	10.8716033	4.9279471	15.9094735	12.6946522	13.9800566	9.94866735



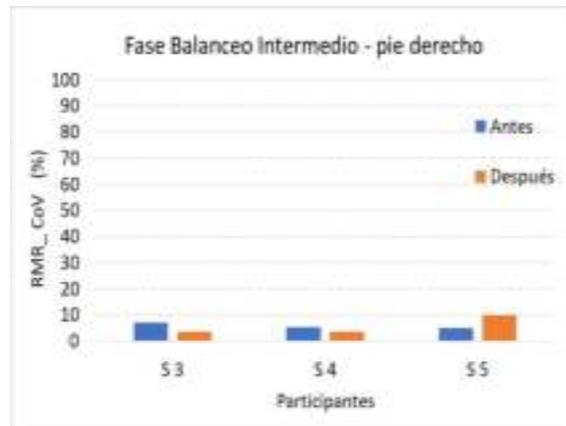
A



B



C



D

Figura 7.47 Gráficas de barras comparando los Coeficientes De Variación de rodilla derecha, antes y después de la intervención de cada participante.
A- Choque de talón. B- Postural intermedia. C- Impulso. D- Balanceo intermedio.

7.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Consideramos la comparación de las medidas del mismo sujeto en base a dos muestras emparejadas o relacionadas. Se seleccionó un método comparativo, univariado, paramétrico, de relación: Prueba T-Student pareada.

Utilizando el programa SSPS Statistics 17.0, se seleccionó Analizar, Comparación de Medias, Prueba T-Student pareada.

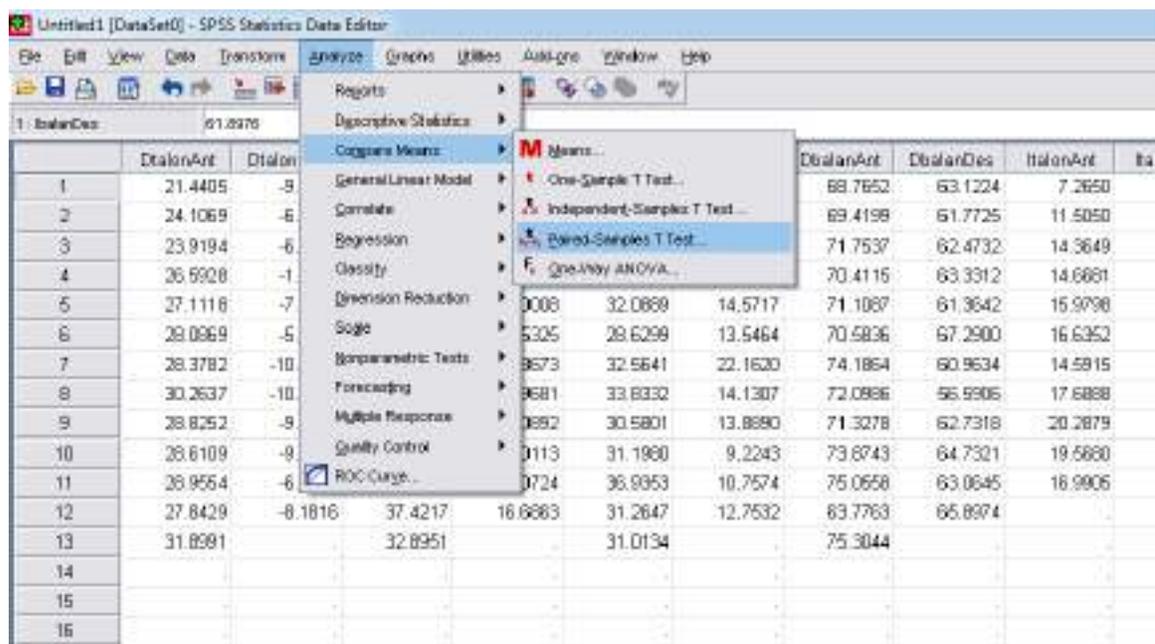


Figura 7.48 Captura de pantalla que muestra el seguimiento en el programa SPSS para el análisis estadístico aplicando la prueba T-Student pareada.

Los datos de flexión de rodilla antes y después de la intervención para determinar los hallazgos:

Probar si:

¿Hay diferencia significativa entre los valores angulares de flexión de rodilla antes y después de la intervención?

Cuando la significación o P-valor < 0.05 se concluye que **si hay diferencia significativa** entre el valor de flexión de rodilla durante el choque de talón antes y después de la intervención.

Cuando la significación o P-valor > 0.05 se concluye que **no hay diferencia significativa** entre el valor de flexión de rodilla durante el choque de talón antes y después de la intervención.

Tabla 7.19 Resultados de los p Valores

RESULTADO DE LOS p VALORES	PARTICIPANTE 3		PARTICIPANTE 4		PARTICIPANTE 5	
	Izq	Der	Izq	Der	Izq	Der
Choque de talón	0.293	0.000	0.144	0.029	0.000	0.040
Postural intermedia	0.671	0.000	0.892	0.265	0.001	0.001
Impulso	0.862	0.000	0.019	0.005	0.000	0.066
Balanceo intermedio	0.002	0.000	0.005	0.904	0.531	0.057

Tabla 7.20 Diferencia significativa de los p Valores. No hay un patrón.

DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	PARTICIPANTE 3		PARTICIPANTE 4		PARTICIPANTE 5	
	Izq	Der	Izq	Der	Izq	Der
Choque de talón	NO	SI	NO	SI	SI	SI
Postural intermedia	NO	SI	NO	NO	SI	SI
Impulso	NO	SI	SI	SI	SI	NO
Balanceo intermedio	SI	SI	SI	NO	NO	NO

8 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

No se encuentra un patrón claro o tendencia como resultado del tratamiento realizado durante la intervención de las 12 semanas de acondicionamiento físico.

¿En qué consistió esa diferencia significativa? Se tiene 4 opciones para la variación en los grados angulares del movimiento de rodilla:

- Aumento del valor de flexión de rodilla.
- Disminución del valor de flexión de rodilla.
- Se acercó a los valores de la marcha normal en el adulto.
- Se alejó de los valores de la marcha normal en el adulto.

PARTICIPANTE 3

Al revisar detalladamente los promedios de los valores iniciales y finales, se encontró que la variación de los resultados de los ángulos de flexión de rodilla izquierda muestran que:

- Choque de talón: Aumentó 1.13° No significativo.
- Postural intermedia: Disminuyó 0.5° No significativo.
- Impulso: Aumentó 0.3° No significativo.
- Balanceo intermedio: Aumentó 6.34°. **Si significativo.**

La variación de los resultados de los ángulos de flexión de rodilla derecha muestran que:

- Choque de talón: Aumentó 9.98° **Si significativo.**
- Postural intermedia: Aumentó 5.96°. **Si significativo.**

- Impulso: Aumentó 5.08° **Si significativo.**
- Balanceo intermedio: Aumentó 6.58°. **Si significativo.**

PARTICIPANTE 4

La variación de los resultados de los ángulos de flexión de rodilla izquierda muestran que:

- Choque de talón: Aumentó 3.83° No significativo.
- Postural intermedia: Aumentó 2.69° No significativo.
- Impulso: Aumentó 11.45° **Si significativo.**
- Balanceo intermedio: Disminuyó 3.86°. **Si significativo.**

La variación de los resultados de los ángulos de flexión de rodilla derecha muestran que:

- Choque de talón: Aumentó 8.51° **Si significativo.**
- Postural intermedia: Aumentó 3.08° No significativo.
- Impulso: Aumentó 7.21° **Si significativo.**
- Balanceo intermedio: Disminuyó 0.05° No significativo.

PARTICIPANTE 5

La variación de los resultados de los ángulos de flexión de rodilla izquierda muestran que:

- Choque de talón: Aumentó 17.61° **Si significativo.**
- Postural intermedia: Aumentó 11.98° **Si significativo.**

- Impulso: Aumentó 12.44° **Si significativo.**
- Balanceo intermedio: Aumentó 0.28°. No significativo.

La variación de los resultados de los ángulos de flexión de rodilla derecha muestran que:

- Choque de talón: Disminuyó 1.65° **Si significativo.**
- Postural intermedia: Disminuyó 4.25° **Si significativo.**
- Impulso: Disminuyó 2.23° No significativo.
- Balanceo intermedio: Disminuyó 2.37° No significativo.

8.1 Interpretación clínica de los resultados

La gran mayoría de los parámetros espaciales de la flexión de rodilla de las niñas participantes estaban fuera de rango al realizar la evaluación inicial, y al finalizar la intervención la mayoría de ellos continuó fuera de los rangos ideales. Incluso algunos de estos valores aumentaron.

En la tabla 8.1 está el vaciado de todos los registros de los promedios de flexión de rodilla antes y después de la intervención, junto con los grados de variación resultantes, de las 3 participantes, y desglosados en las tablas 8.2, 8.3 y 8.4 respectivamente para las participantes 3, 4 y 5, y se comparan con los rangos normales de flexión de rodilla en el adulto normal. Puede observarse en color blanco que son muy pocos los valores que se encuentran en el rango normal del adulto, ya sea antes o después de la intervención, y la mayoría de los valores se encuentran por arriba del rango normal.

Tabla 8.1 Comparación de los valores angulares normales de flexión de rodilla del adulto con los valores registrados de las niñas participantes. En el recuadro de abajo se observa en color la relación con el valor del adulto.

GRADOS ANGULARES DE FLEXIÓN DE RODILLA DURANTE LA MARCHA			RODILLA IZQUIERDA		RODILLA DERECHA	
FASE DEL CICLO DE LA MARCHA	ADULTO NORMAL	PARTICIPANTE	ANT	DESP	ANT	DESP
CHOQUE DE TALÓN	0-5°	3	14.724	15.855	12.907	22.892
		4	6.2521	10.09	11.9	20.415
		5	1.4825	19.093	21.65	19.994
POSTURAL INTERMEDIA	15-23°	3	23.701	23.192	23.991	29.954
		4	13.821	16.511	23.271	26.36
		5	9.1728	21.159	27.554	23.302
IMPULSO	10-18°	3	24.558	24.904	27.294	32.378
		4	7.8164	19.274	23.376	30.594
		5	6.2298	18.67	24.832	22.593
BALANCEO INTERMEDIO	58-70°	3	67.602	73.948	68.135	74.725
		4	72.284	68.419	71.541	71.485
		5	61.09	61.377	67.052	64.289

	POR ARRIBA
	APENAS ARRIBA
	NORMAL
	APENAS ABAJO
	POR ABAJO

Tabla 8.2 Se muestran los resultados de los valores angulares de flexión de rodilla en el adulto sano, comparándolos con los valores promedios resultantes de cada rodilla de la participante **3**, antes y después de la intervención. En la tercera columna de cada rodilla se muestra la variación en grados y señalándose en rojo el que fue un cambio significativo. Y abajo en color, la relación con el valor del adulto.

PARTICIPANTE 3		RODILLA IZQUIERDA			RODILLA DERECHA		
FASE DEL CICLO DE LA MARCHA	ADULTO NORMAL GRADOS ANGULARES	ANT	DESP	VARIACIÓN	ANT	DESP	VARIACIÓN
CHOQUE DE TALÓN	0-5°	14.72	15.85	+ 1.13	12.91	22.89	+9.98
POSTURAL INTERMEDIA	15-23°	23.70	23.19	-0.5	23.99	29.95	+5.96
IMPULSO	10-18°	24.56	24.90	+0.3	27.29	32.38	+5.05
BALANCEO INTERMEDIO	58-70°	67.60	73.95	+6.34	68.14	74.72	+6.58

	POR ARRIBA
	APENAS ARRIBA
	NORMAL
	APENAS ABAJO
	POR ABAJO

Tabla 8.3 Se muestran los resultados de los valores angulares de flexión de rodilla en el adulto sano, comparándolos con los valores promedios resultantes de cada rodilla de la participante 4, antes y después de la intervención. En la tercera columna de cada rodilla se muestra la variación en grados y señalándose en rojo el que fue un cambio significativo. Y abajo en color, la relación con el valor del adulto.

PARTICIPANTE 4		RODILLA IZQUIERDA			RODILLA DERECHA		
FASE DEL CICLO DE LA MARCHA	ADULTO NORMAL GRADOS ANGULARES	ANT	DESP	VARIACIÓN	ANT	DESP	VARIACIÓN
CHOQUE DE TALÓN	0-5°	6.25	10.09	+3.83	11.90	20.41	+8.51
POSTURAL INTERMEDIA	15-23°	13.82	16.51	+2.69	23.27	26.36	+3.08
IMPULSO	10-18°	7.82	19.27	+11.45	23.38	30.59	+7.21
BALANCEO INTERMEDIO	58-70°	72.28	68.42	-3.86	71.54	71.49	-0.05

	POR ARRIBA
	APENAS ARRIBA
	NORMAL
	APENAS ABAJO
	POR ABAJO

Tabla 8.4 Se muestran los resultados de los valores angulares de flexión de rodilla en el adulto sano, comparándolos con los valores promedios resultantes de cada rodilla de la participante 5, antes y después de la intervención. En la tercera columna de cada rodilla se muestra la variación en grados y señalándose en rojo el que fue un cambio significativo. Y abajo en color, la relación con el valor del adulto.

PARTICIPANTE 5		RODILLA IZQUIERDA			RODILLA DERECHA		
FASE DEL CICLO DE LA MARCHA	ADULTO NORMAL GRADOS ANGULARES	ANT	DESP	VARIACIÓN	ANT	DESP	VARIACIÓN
CHOQUE DE TALÓN	0-5°	1.48	19.09	+17.61	21.65	19.99	-1.65
POSTURAL INTERMEDIA	15-23°	9.17	21.16	+11.98	27.55	23.30	-4.25
IMPULSO	10-18°	6.23	18.67	+12.44	24.83	22.59	-2.23
BALANCEO INTERMEDIO	58-70°	61.09	61.38	+0.28	67.05	64.29	-2.37

	POR ARRIBA
	APENAS ARRIBA
	NORMAL
	APENAS ABAJO
	POR ABAJO

Debe contemplarse el hecho de que aún se encuentran en etapa de maduración de su motricidad y su sistema neuromotor se encuentra realizando las correcciones espaciales del engrama motor de la marcha que aun corresponden a su edad.

Las siguientes figuras muestran un análisis general de todos los ciclos de la marcha antes y después de la intervención, de cada pie, de cada niña participante:

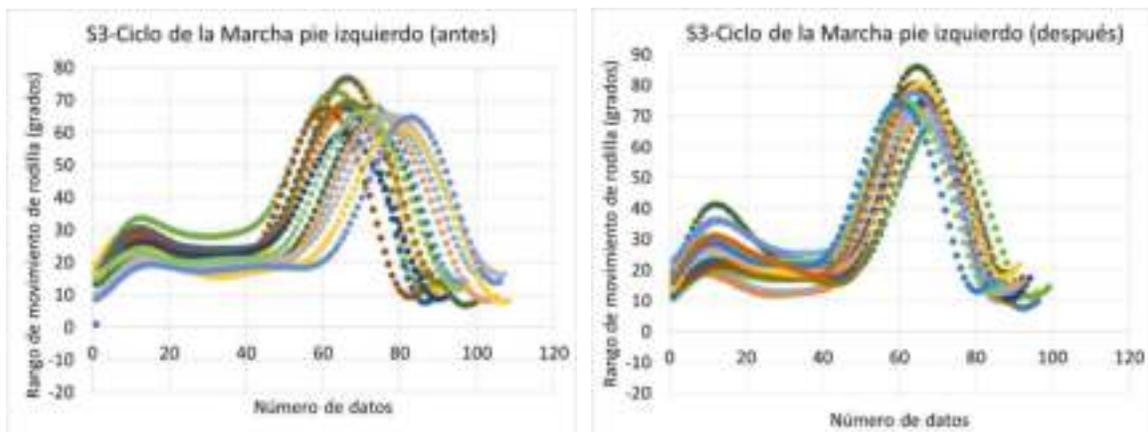


Figura 8.1 Participante 3- Registro y comparación de todos los ciclos de marcha del pie izquierdo antes y todos los ciclos del pie izquierdo después.

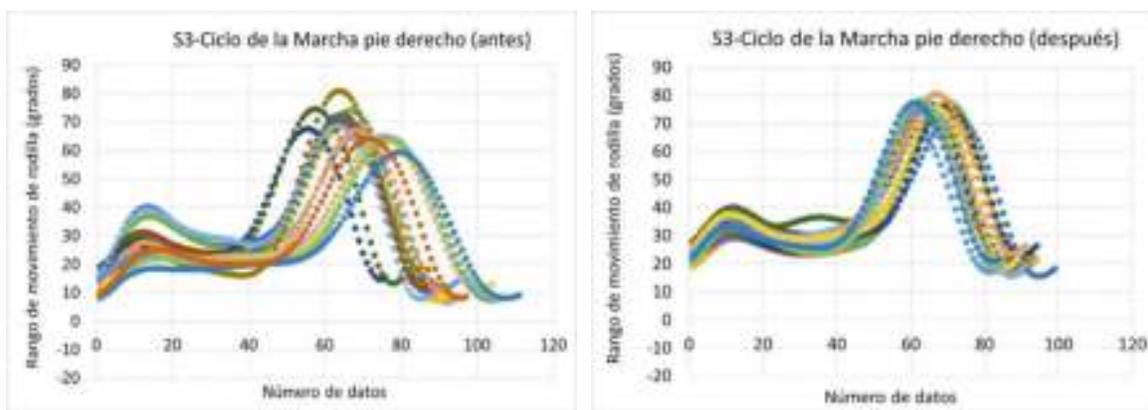


Figura 8.2 Participante 3- Registro y comparación de todos los ciclos de marcha del pie derecho antes y todos los ciclos del pie derecho después

Las figuras 8.1 y 8.2 muestran agrupados todos los ciclos de la marcha de la participante número 3, todos del mismo pie, a la izquierda antes de la intervención y a la derecha todos los ciclos después de la intervención de acondicionamiento físico de 12 semanas. Puede observarse en las gráficas de la izquierda, antes de la intervención, los pasos tanto del pie izquierdo como del derecho eran muy inconstantes y existe mucha variación en la cantidad de datos registrados en cada paso. La marcha se muestra irregular e inconstante.

Y en las gráficas de la derecha, tanto el pie izquierdo como el derecho, a pesar de que la mayoría de los trazos continúan con los valores de flexión de rodilla fuera de rango, los pasos se muestran más constantes y regulares. Eso solo puede ser resultado de un mayor control muscular del equilibrio dinámico durante la marcha.

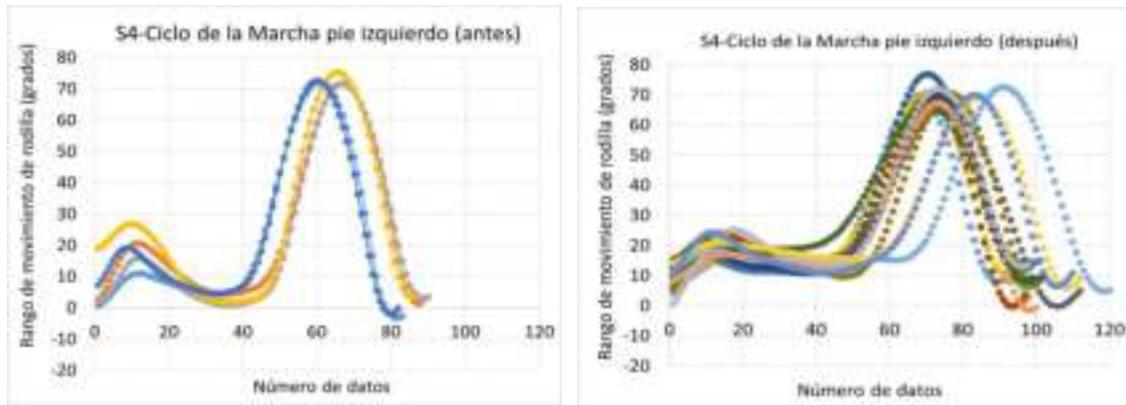


Figura 8.3 Participante 4- Registro y comparación de todos los ciclos de marcha del pie izquierdo antes y todos los ciclos del pie izquierdo después

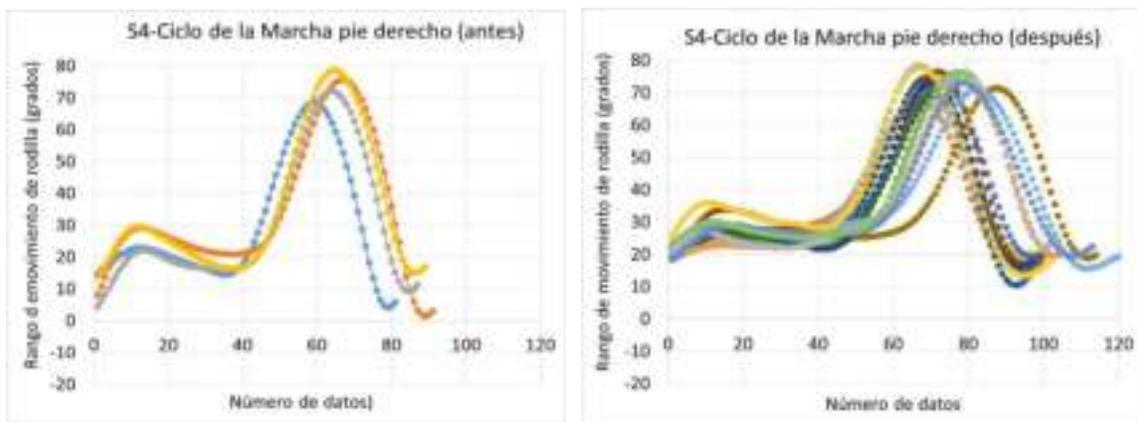


Figura 8.4 Participante 4- Registro y comparación de todos los ciclos de la marcha del pie derecho antes y todos los ciclos del pie derecho después

Las figuras 8.3 y 8.4 muestran los ciclos de la participante 4, la cantidad de registros que pudieron conservarse de antes de la intervención fueron muy pocos comparados con las otras dos participantes; y los ciclos después de la intervención

muestran en ambos pies que sigue habiendo irregularidad en la cantidad de datos registrados de cada ciclo. El beneficio observado en la participante 3 no se aprecia en la participante 4.

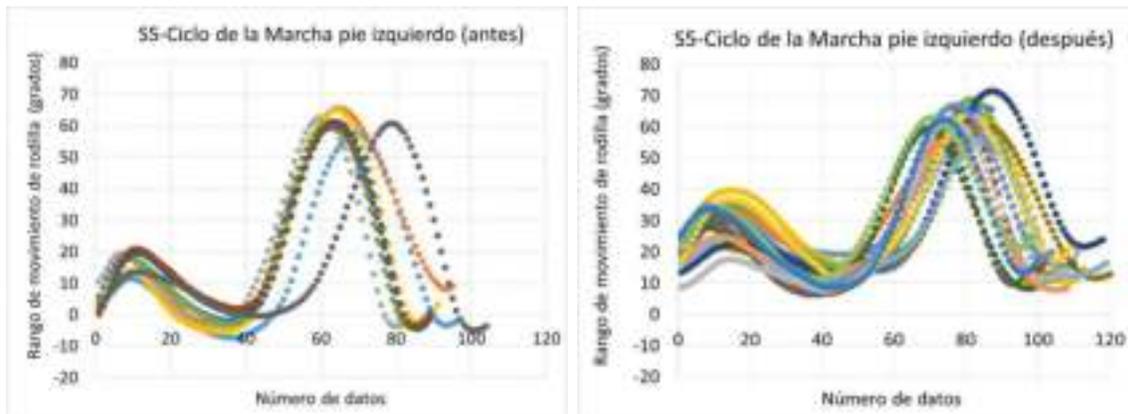


Figura 8.5 Participante 5- Registro y comparación de todos los ciclos de la marcha del pie izquierdo antes y todos los ciclos del pie izquierdo después

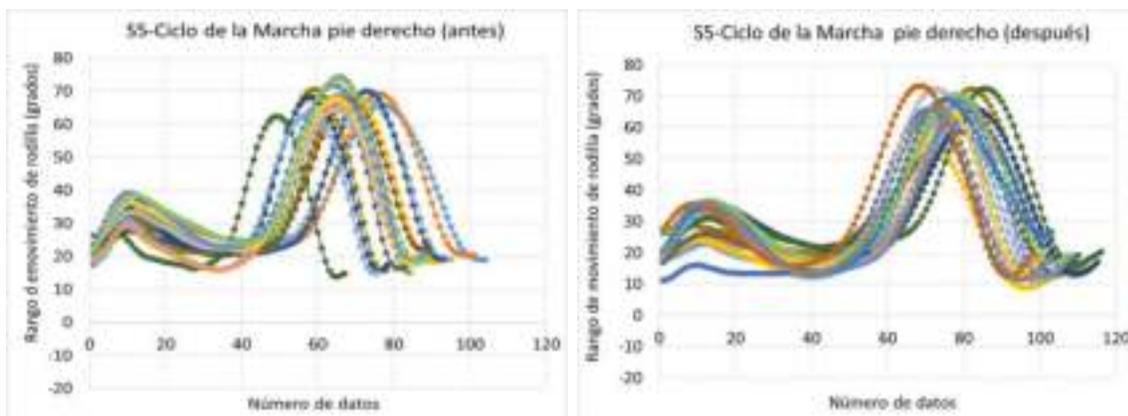


Figura 8.6 Participante 5- Registro y comparación de todos los ciclos de la marcha del pie derecho antes y todos los ciclos del pie derecho después

Las figuras 8.5 y 8.6 corresponden a la participante 5. En ambos pies se observa que antes de la intervención los pasos eran muy irregulares, y después de la intervención se aprecian con un poco más regularidad.

8.2 CONCLUSIONES

No se logró el objetivo general de alcanzar la corrección de los parámetros espaciales de flexión de rodilla durante la marcha, pero si se observó mejoría parcial en el ritmo, por lo tanto la Hipótesis Nula se cumple parcialmente:

Ho - El programa de acondicionamiento físico de 12 semanas no corregirá los parámetros espaciales de flexión de rodilla en las niñas participantes con la anteversión femoral ni proporcionará efectos favorables de ningún tipo.

El primer objetivo específico: Realizar la evaluación de la marcha en el grupo de intervención, para obtener los parámetros espaciales de la flexión de rodilla antes y después del programa de acondicionamiento físico; si fue alcanzado.

El segundo objetivo específico: Diseñar un Manual de manejo para niños con anteversión femoral, que pueda ser aplicado por los docentes de Educación Física de todas las escuelas de Educación Básica; no fue alcanzado ya que, los resultados no sugieren que el diseño de la intervención haya sido efectivo en su totalidad. Por lo tanto, el diseño de la intervención debe ser modificado.

El análisis cinemático en las gráficas resultantes después de la intervención muestran que en general el grado de flexión de rodilla se mantuvo prácticamente igual, sin embargo el acondicionamiento físico ganado durante las 12 semanas les permitió obtener ciclos más regulares con ritmo más constante.

Eso se aprecia con claridad en ambos pies en la participante 3; en la participante 5 se logra apreciar con mayor claridad en el pie derecho que en el izquierdo. Y en la participante 4 no logra apreciarse beneficio.

Es conveniente contemplar dedicar más tiempo a los estiramientos de los grupos musculares que favorecen la anteversión femoral. En especial los isquiotibiales ya que proporcionarían mayor ajuste y equilibrio dinámico de la pelvis con la región lumbar y sobre todo permiten una mayor extensión de rodilla durante la marcha.

Los principios del entrenamiento, de carga deben ser considerados más detalladamente para poder obtener mejores resultados (carga, adaptación, umbral, fatiga, recuperación, etc.).

9 REFERENCIAS

- Accadbled, F., Ibnoulkhatib, A., & Cahuzac, J.-P. (2015). Anomalías rotacionales de los Miembros inferiores en la infancia. Elsevier, 48 (4), 1-13.
- Aguado, X. (1995). *Educación postural de tareas cotidianas en la enseñanza primaria: una visión ergonómica*. Tesis Doctoral: Universidad de Barcelona.
- Agudelo, A. I., Briñez, T. J., Guarín, V., Ruiz, R., & Zapata, M. (2013). Marcha: Descripción, métodos, herramientas de evaluación y parámetros de normalidad reportados en la literatura. *CES Movimiento y Salud* 1(1).
- Andújar, O.P., Santonja, M.F., García, S., (1996), Higiene Postural en el escolar. V. Ferrer, L. Martínez y F. Santonja (Eds). *Escolar, Medicina y Deporte*. Albacete: Diputación Provincial de Albacete. 342-367.
- Bernaldo, Q.A.M., (2012). *Psicomotricidad. Guía de evaluación e intervención*. Madrid, España. Editorial Pirámide.
- Bonvecchio, A.A., Fernández-Gaxiola, A.C., Plazas, B.M., Kaufer-Horwitz, M., Pérez, L.A., Rivera, D.J., (2015). *Guías alimentarias y de actividad física en contexto de sobrepeso y obesidad en la población mexicana*. México. Editorial Intersistemas, S.A. de C.V.
- Bril, B., Breniere, Y., (1992). Postural Requirements and Progression Velocity in Young Walkers. *Journal of Motor Behavior*; 24, 1, 105-106.
- Bril, B., Breniere, Y., (1998), Development of postural control of gravity forces in children during the firsts 5 years of walking. *Experimental Brain Research*. 121: 255-262.
- Cavagna, G.A., Franzetti, P., Fuchimotto, T., (1983), The mechanics of walking in children. *Journal of Physiology*. 343, 323-339.

- Cerda, L., (2010), Evaluación del paciente con trastorno de la marcha. *Rev Hosp Clín Univ Chile*; 21: 326-36.
- Cobos, A.P., (1995). *El desarrollo psicomotor y sus alteraciones*. Ed. Pirámide. Madrid, España.
- Collado, V.S. (2004). La Marcha. Historia de los procedimientos de análisis. *Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud*. Edición de Biociencias. Madrid, España.
- Collado, V.S., (2005). Desarrollo de la Marcha. *Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud*. 3. Madrid, España.
- Comité de Nutrición de la AEP. (2007) *Manual práctico de Nutrición en Pediatría*. Editorial Ergon. Madrid, España.
- Comisión Nacional de Protección Social en Salud. Manual de Exploración Neurológica para Niños Menores de Cinco Años en el Primer y Segundo Nivel de Atención. (2013). Primera edición. México D.F.: Secretaría de Salud.
- Conejero, C.J.A.; Romero, T.M.D.; (2018). Problemas Ortopédicos. *ADOLESCERE*, Vol VI, No. 2., Mayo 2018.
- Córdova C., J.L., Regino J., J.C., de la Cruz G., López M., C., Pimentel D., B.C., (2015). Prevalencia de defectos posturales de miembros inferiores en pacientes de 2 meses a 14 años de edad del Centro de Rehabilitación y Educación Especial de Tabasco. *Salud en Tabasco*, vol 21, no. 2-3.
- Darmana, R., Cahuzac, J. (2014) Trastornos estáticos de los miembros inferiores y sus consecuencias sobre la marcha del niño. Trastornos rotacionales. *EMC-Podología* 16(3),1-10.
- De la Calle, T., (2015). Raquitismo carencial. Raquitismos resistentes. *Pediatr Integral*; XIX (7): 477–487.

- Domínguez, LaR.P., Espeso, G.E., (2003). Bases fisiológicas del entrenamiento de la fuerza con niños y adolescentes. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*. Vol.3, 9,61-68.
- Fernández-Mayoralas, D., Fernández-Jaén, A., Fernández, P.A.L., Calleja-Pérez, B., Muñoz-Jareño, N. (2015). Detección y manejo del retraso psicomotor en la infancia. *Pediatr Integral*; XIX, 8: 532-539.
- Gallagher, J.D.,Thomas, J.R., (1986). Developmental Effects of Grouping and Recording on Learning a Movement Series. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 57, 2, 117-127.
- Ganong, Barret, K.E., Barman, S.M., Boitano, S., Brooks, H.L., (2010). *Fisiología Médica*. (23 ed). China. Editorial McGrawHill.
- García, P. A., Martínez, G.M., (2016), Desarrollo psicomotor y signos de alarma. *Curso de Actualización Pediatría 2016*. AEPap (ed.). Madrid: Lúa Ediciones 3.0; p. 81-93.
- Guerrero, R.D.E. (2016). Estudio sobre neuromotricidad y lateralidad de niños y niñas de la Etnia Nükak Makú. *Tesis de Maestría. Universidad Internacional de la Rioja*. Colombia.
- Gutierrez, L.Y. Anteversión Femoral. Folleto. Sociedad Española de Rehabilitación Infantil.
- Haro, M. (2014). Laboratorio de análisis de marcha y movimiento. *Rev. Med. Clin. Condes*, 25(2), 237-247.
- Jacquemier, M., Glard, Y., Pomero, V., Viehweger, E., Jouve, J.L., & Bollini, G.,(2008), Rotational profile of lower limb in 1319 healthy children. *Science Direct*, 28,187-193.

- Jiménez, D.J.; Araya, V.G., (2009). Efecto de una intervención motriz en el desarrollo motor, rendimiento académico y creatividad en preescolares. *Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*. 7, 1, 11-22.
- Kendall's, (1985). *Músculos. Pruebas, funciones y dolor postural*. (4ta ed.). Santiago de Chile: Editorial Mediterraneo.
- Kisner, C., Allen, L. (2005). *Ejercicio Terapéutico*. Barcelona, España. Editorial Paidotribo.
- Kirtley, C., (2006). *Clinical Gait Analysis. Theory and Practice*. Londres, Inglaterra. Editorial Churchill Livingstone.
- Krusen, Kottke, F.J., Lehmann, J.F. (1993). *Medicina Física y Rehabilitación*. (4ta ed.). Madrid, España: Editorial Médica Panamericana.
- Larson, D.E., (March,1976), Sitting posture of children. *JAMA*, 235, 11, 1106.
- Ledebt, A., Breniere, Y., (1994). Dynamical implication of anatomical and mechanical parameters in gait initiation process in children. *Human Movement Science*. 13, 801-815.
- Ledebt, A., Brill, B., Breniere, Y., (1998). The build-up of anticipatory behavior. An analysis of the development of gait initiation in children. *Exp Brain Res*. 120: 9-17.
- López, Ch.J., Fernández, V.A., (2006). *Fisiología del ejercicio*. (3ª ed). Madrid, España. Editorial Médica Panamericana.
- Magee, D., (1994), Valoración de la marcha. *Ortopedia*. México. Editorial Interamericana-McGraw-Hill, 558-74.
- Martín, C.P., Meneses, M.A., Beneit, M.J.V., Atín, A.M.A., (2014). El desarrollo de la marcha infantil como proceso de aprendizaje. *Acción Psicológica*. Junio, 11, 1, 45-54.

- Martín-Lobo, P.; *Procesos y programas de neuropsicología educativa*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Gobierno de España. ISBN: 978-84-369-5653-5 ibd. No se le encontró año de publicación.
- Martinez, R.M. (2005). *La salud del niño y del adolescente* (5ª ed.). Ortopedia Pediátrica. México: El Manual Moderno.
- Miralles, M.R., Puig, C.M., (2000), *Biomecánica clínica del aparato locomotor*. Reimpresión. Barcelona, España. Ed. Masson, S.A.
- Morrissy, R.T., Weinstein, S.L., (2001), *Lovell and Winter's Pediatric Orthopaedics, 5 ed, vol. 2*. Ed. Lippincott Williams & Wilkins.
- Mujica, B.E., (1981), *Desviaciones de los ejes de los miembros inferiores en la infancia*. Guijón, España. Editorial S.E.C.O.T.
- Pérez, C.R., (2004) *Teoría y Praxis del Desarrollo Psicomotor en la Infancia*. Editorial Ideas Propias. España.
- Piccinini, L., Cimolin, V., Turconi, A.C., & Galli, M. (2009). Relationship between kinematic knee deviations and femoral anteversión in children with cerebral palsy. *Hip International*, 19(1), S63-S68.
- Roche-Herrero, M.C., (2007). Desarrollo psicomotor del niño de menor edad: una aproximación práctica. *An Pediatr Contin* 5(4):197-204.
- Rodríguez, P.L. (1998). *Educación Física y salud del escolar: programa para la mejora de la extensibilidad isquiosural y del raquis en el plano sagital*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Sainz, B.P., Rodríguez, G.L., Santonja, M.F., (2010) Efectos sobre la disposición sagital del raquis de un programa de educación postural en educación física de primaria. *Apunts: Educación física y deportes*; 102(4):16-5.

SEP. Aprendizajes Clave, (2017). Ciudad de México, México.

Sundermier, L., Woollacott, M., Roncesvalles, N., Jensen, J., (2001). The development of balance control in children: comparison of EMG and kinetic variables and chronological and developmental groupings. *Exp Brain Res.* 136: 340-350.

Turley, G.A., Ahmed, M.Y., Williams, M.A., & Griffin, D.R., (2012). Validation of the femoral anteversion measurement method used in imageless navigation, *Computer Aided Surgery.* 17:4, 187-197.

UNICEF, (2013). *Estado mundial de la Infancia 2013. Niñas y niños con discapacidad.* Editorial Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF).

UNICEF, (2013). *Niños, niñas y jóvenes con discapacidad. Hoja informativa.*

Vaughan, C.L., Davis, B.L., O'Connor J.C., (1999). *Dinamics of Human Gait*, 2nd Edition. Kiboho Publishers, South Africa.

Vicon Bonita Cams. Quick start guide.

Vicon Hardware Reference. Revision 1.4, (2004-2006).

Vicon Nexus Reference Guide, (2016-2019).

Vicon Nexus User Guide, (2016-2018).

Vicon. Plug-in Gait Reference Guide, (2016-2018).

Vidarte, J. A., & Orozco, C. I., (2015). Relaciones entre el desarrollo psicomotor y el rendimiento académico en niños de 5 y 6 años de una institución educativa de La Virginia (Risaralda, Colombia). *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 11(2), 190-204.

Xhardez, Y., (2002). *Vademécum de Kinesioterapia y de Reeducción Funcional* (4ta ed.). Buenos Aires: El Ateneo.

Zurita O., F., Ruiz R., L., Zaleta M., L., Fernández S., M., Fernández G., R., Linares M., M., (2014). Análisis de la prevalencia de escoliosis y factores asociados en una población escolar mexicana mediante técnicas de cribado. *Gaceta Médica de México*, 150: 432-9.

REFERENCIAS EN LÍNEA

ENSANUT

<http://oment.uanl.mx/cifras-de-sobrepeso-y-obesidad-en-mexico-ensanut-mc-2016/>

INEGI-Datos estadísticos

<https://www.inegi.org.mx/temas/discapacidad/>

OMS - 10 datos sobre la actividad física:

https://www.who.int/features/factfiles/physical_activity/es/

OMS - Nivel de actividad recomendado

https://www.who.int/dietphysicalactivity/physical_activity_intensity/es/

OMS - Tiempo y actividades recomendados

https://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_young_people/es/

VICON

<https://www.vicon.com/>

10 ANEXOS

Anexo 1- Cuestionario sobre antecedentes médicos y desarrollo motriz

Por favor responda las siguientes preguntas:

- ¿Hay algún reporte médico que indique que la niña tiene algún trastorno genético?
- ¿Los médicos alguna vez le han dicho que tiene algún trastorno neurológico?
O ¿Le han dicho los médicos si su hija ha presentado un desarrollo neurológico normal? SI___ NO___
- ¿La niña presentó Retraso en su Desarrollo Psicomotor? SI___ NO___
- ¿Recuerda a qué edades se sentó, caminó, corrió, habló?
Se sentó_____ Caminó_____ Corrió_____ Habló_____
- ¿Notó si desde que empezó a estar aprendiendo a caminar, las puntas de sus pies se dirigían hacia dentro? SI___ NO___
- ¿En qué momento notó que las rodillas se dirigían hacia dentro?
- ¿Se tropezaba o se caía cuando empezó a caminar?
- Si se caía ¿era debido a que se tropezaba con sus propios pies o con el suelo, o sus rodillas?
- ¿la ha valorado algún ortopedista? SI___ NO___
- ¿en alguna ocasión el ortopedista le mencionó torsión femoral o tibial? SI___ NO___

Anexo 2. Carta de Consentimiento informado



CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Estimado(a) Señor/Señora:

La Facultad de Deportes de la Universidad Autónoma de Baja California; en su nivel de Posgrado, se encuentra realizando la investigación:

“DETECCIÓN DE ANTEVERSIÓN FEMORAL EN NIÑAS DE 6 AÑOS, SU MANEJO CON ACONDICIONAMIENTO FÍSICO DE 12 SEMANAS, Y SU EVALUACIÓN EN EL LABORATORIO DE BIOMECÁNICA.”

La C. Lic. en Fisioterapia y Rehabilitación Alicia López Ortiz, se encuentra realizando este proyecto de investigación en el cual es necesario trabajar con niñas de 6 años, inscritas regularmente en la escuela primaria Juan Escutia.

El trabajo que realizar con las niñas es el siguiente:

- Serán candidatas aquellas niñas que: Al ser evaluada en las instalaciones de la escuela, mientras camina, se identifican alteraciones en la marcha en las cuales las puntas de los pies se desvían marcadamente hacia dentro, debido a debilidad muscular de los músculos de la articulación de la cadera que rotan el fémur hacia fuera, sin presentar ningún otro tipo de trastorno de salud.

- Se realiza una evaluación postural. Evaluación que se realizará en el Laboratorio de Biomecánica. La niña es colocada de pie, en una posición específica, relajada, con ropa ligera (camiseta de manga sacada y pegada al cuerpo, short de licra pierna corta y sin calcetines), que permita observar todas las estructuras anatómicas para identificar el grado de desviación presentada, en caso de existir, debidas a debilidad muscular y posibles de ser corregidas con actividad física.

- La niña seleccionada, debe acudir a las instalaciones de la UABC Facultad de Deportes, al laboratorio de Biomecánica, para hacerles una evaluación de la marcha. Uno de sus padres debe acompañarla. Esta se realiza con las mismas condiciones de ropa del examen postural, colocando una serie de marcadores (bolitas que se pegan sobre la piel con cinta tape engomada, no doloroso), y se le pide a la niña que camine algunos metros, en los cuales, se toma video de sus movimientos, que posteriormente podrá ser evaluado a través de un programa de computadora que permite medir con un grado fino de exactitud la desviación articular identificada con el examen postural.

- La niña participará en un programa de actividad física diseñado específicamente para corregir su postura en general y enfocado a alinear sus pies durante la marcha y mejorar su condición de salud en general. Todas las actividades se realizarán dentro del rango de la fase sensible en la que se encuentra. No se incluyen deportes. Se trabajará con actividades y juegos que mientras favorecen el desarrollo de las capacidades coordinativas, aumenten la fuerza de los grupos musculares que interesan al proyecto. La duración será de 12 semanas. Cada sesión con duración de 50 minutos, 3 veces por semana: los lunes, miércoles y viernes.



- Al finalizar las 12 semanas de acondicionamiento físico, la niña será evaluada nuevamente en el Laboratorio de Biomecánica, dentro de las instalaciones de la Facultad de Deportes de la UABC. Nuevamente, uno de los padres debe acompañarla.

Confidencialidad:

Todos los datos obtenidos, videos y fotografías serán estrictamente de carácter confidencial, utilizados solo con fines científicos y de investigación. En caso de ser necesario utilizar los datos en una conferencia, se hará omitiendo los nombres y rostros de los participantes.

Riesgos Potenciales:

Ninguno.

Participación Voluntaria / Retiro del estudio:

Tanto la niña como el padre o tutor están en completa libertad de continuar el estudio, o abandonarlo en cualquiera de sus etapas, sin que por ello exista represalia alguna respecto a su derecho de continuar con sus actividades escolares, no habrá represalias por parte de algún maestro, ni de sus compañeras; y en ningún caso se negará el acceso a las instalaciones escolares.

Personal y número de contacto:

- Alicia López Ortiz
- Celular: 686 135 3973

Si usted tiene preguntas generales relacionadas con sus derechos como participante de un estudio de investigación, puede consultar la página <https://www.insp.mx/insp-cei.html>, o comunicarse con la presidente del Comité de Ética de Investigación Mtra. Angélica Ángeles Llerenas INSP al teléfono (777) 3293000 ext. 3222/7424 de 8:00 am a 16:00 hrs. O si lo prefiere, puede escribirle a la siguiente dirección de correo electrónico etica@insp.mx.

Si usted acepta participar en el estudio, se le entregará una copia de este documento que le pedimos sea tan amable de firmar.

Yo _____ padre/madre/tutor de la niña

_____ acepto que mi hija participe en el estudio denominado "DETECCIÓN DE ANTEVERSIÓN FEMORAL EN NIÑAS DE 6 AÑOS, SU MANEJO CON ACONDICIONAMIENTO FÍSICO DE 12 SEMANAS, Y SU EVALUACIÓN EN EL LABORATORIO DE BIOMECÁNICA." Y me comprometo a llevarla al inicio y al final del proyecto, a las instalaciones del Laboratorio de Biomecánica en la Facultad de Deportes de la UABC Campus Mexicali, para su evaluación.

Día _____ Mes _____ Año 2018.

Anexo 3



Estadímetro seca



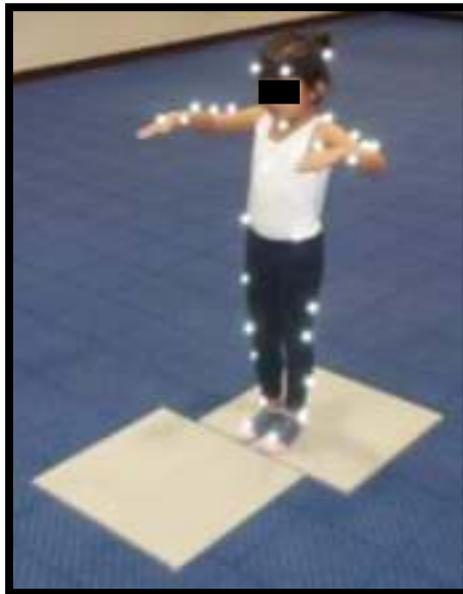
Talones pegados completamente hasta atrás



Habiendo hecho a un lado el cabello de las coletas, mientras la cabeza está completamente pegada hasta atrás y viendo al frente, bajar la barra suavemente pero con firmeza hasta llegar a la superficie de la cabeza

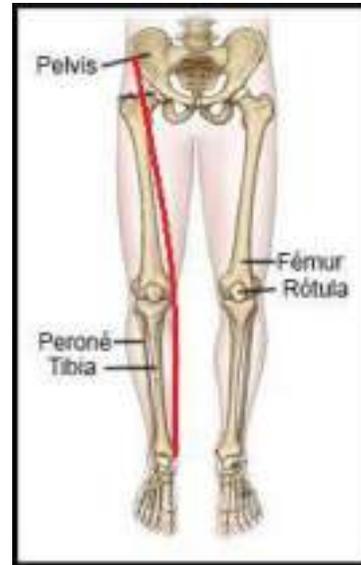
Anexo 3 .Técnica para medir la estatura con el estadímetro

Anexo 4



Anexo 4. Medición de masa corporal a través de las plataformas del laboratorio de Biomecánica

Anexo 5



Anexo 5. Cinta métrica flexible y puntos de referencia para la medición de la longitud de miembro inferior izquierdo y derecho: espina iliaca antero superior y maléolo interno

Anexo 6



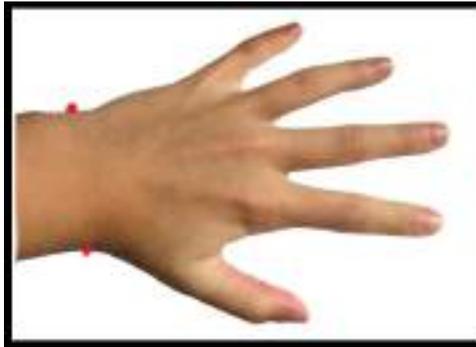
Anexo 6. Antropómetro Lafayette chico 30 cm Modelo SKU: LA-01291
Material: aluminio. Para registro de medidas antropométricas de: codo, muñeca, 3er metacarpiano, rodilla, tobillo.

Anexo 7



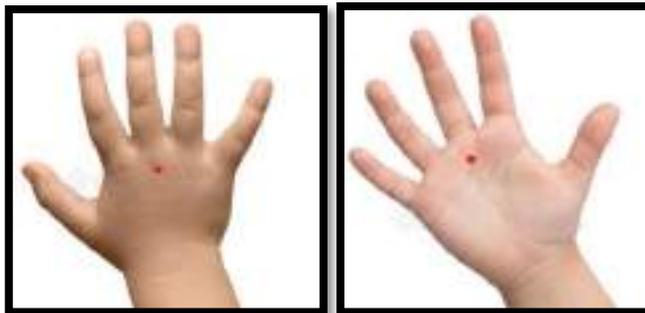
Anexo 7. Puntos de referencia óseos para medición de ancho de codo

Anexo 8



Anexo 8. Puntos de referencia óseos para medición de ancho de muñeca

Anexo 9



Anexo 9. Puntos de referencia para medición de ancho de la cabeza del 3er metacarpiano

Anexo 10



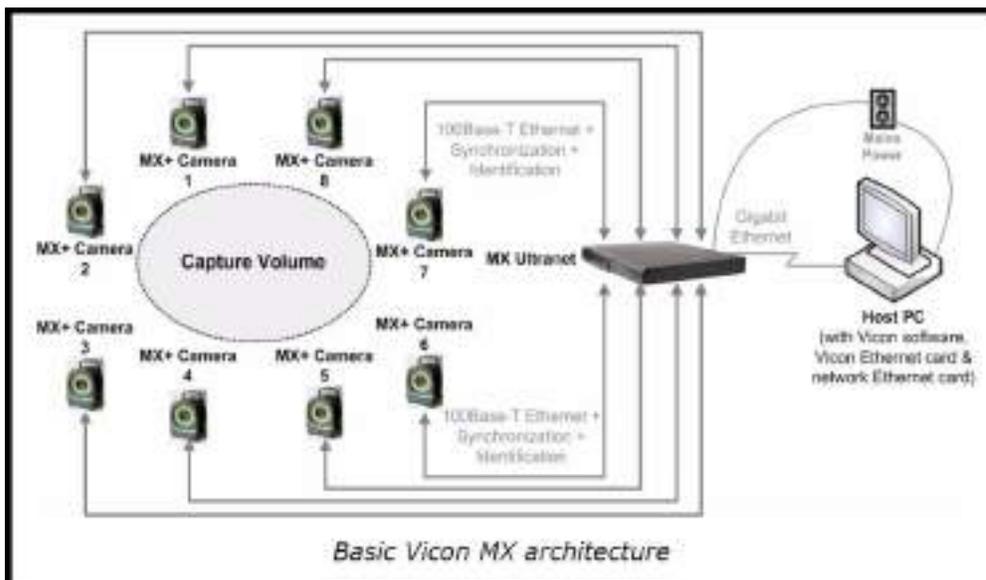
Anexo 10. Puntos de referencia óseos para medición de ancho de rodilla

Anexo 11



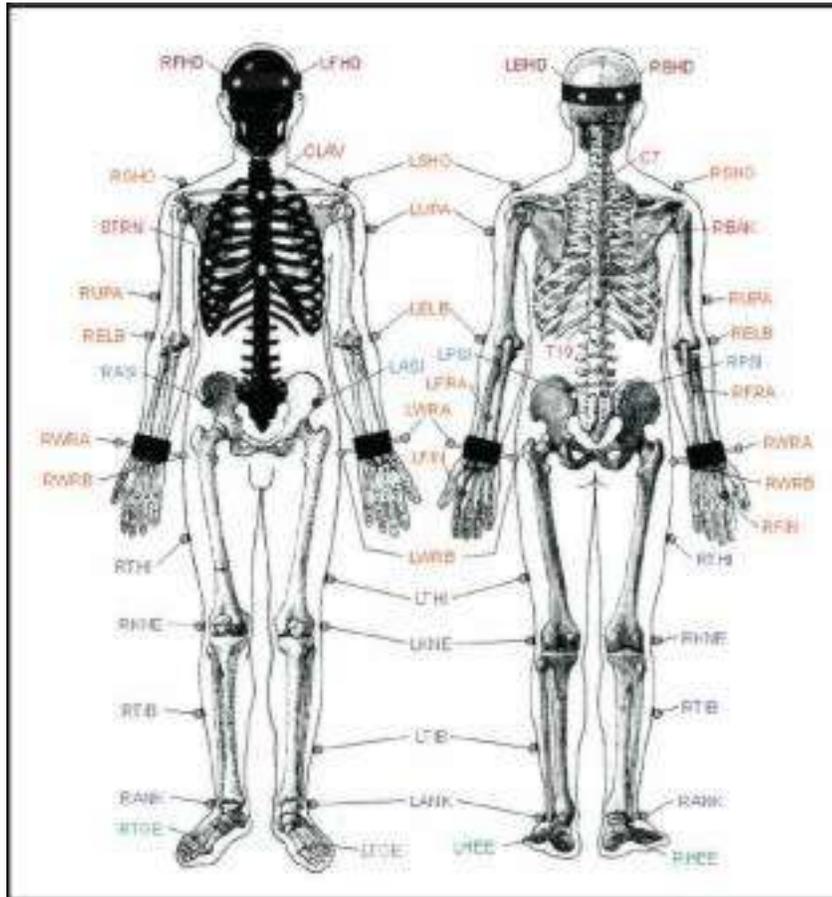
Anexo 11. Puntos de referencia óseos para medición de ancho de tobillos

Anexo 12



Anexo 12. Esquema del hardware del sistema Vicon en el laboratorio de biomecánica. Tomado del Manual ViconHardwareReference

Anexo 13



Anexo 13. Posición de los marcadores en el Protocolo de Davis Cuerpo Completo
Tomado del folleto proporcionado por Vicon

11 ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 -Cuestionario sobre antecedentes médicos y desarrollo motriz....	125
Anexo 2- Carta de Consentimiento informado.....	126
Anexo 3-Técnica para medir la estatura con el estadímetro.....	128
Anexo 4-Medición de masa corporal a través de las plataformas.....	128
Anexo 5-Cinta métrica y puntos de referencia para la medición de la longitud de miembro pélvico.....	129
Anexo 6-Antropómetro.....	129
Anexo 7-Puntos de referencia óseos para la medición de ancho de codo...	130
Anexo 8-Puntos de referencia óseos para la medición de ancho de muñeca.....	130
Anexo 9-Puntos de referencia óseos para la medición de ancho de la cabeza del 3er metacarpiano.....	130
Anexo 10-Puntos de referencia óseos para medición de ancho de rodilla...	131
Anexo 11-Puntos de referencia óseos para medición de ancho de tobillos...	131
Anexo 12-Esquema del hardware del sistema Vicon en el laboratorio de biomecánica.....	131
Anexo 13-Posición de los marcadores en el Protocolo de Davis Cuerpo Completo.....	132