



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES UNIDAD
LEÓN

TEMA: ANÁLISIS CINEMÁTICO PRE Y POST DE VARIABLES
ESPACIO-TEMPORALES Y ANGULARES DE LA MARCHA DE
PACIENTE DESARTICULADO DE HOMBRO CON
TRATAMIENTO FISIOTERAPÉUTICO. REPORTE DE CASO.

FORMA DE TITULACIÓN: ACTIVIDAD DE
INVESTIGACIÓN

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN FISIOTERAPIA

P R E S E N T A:

Fernando Insensé Arana

TUTOR: Mtra. Cristina Carrillo Prado.

ASESOR: Lft. Felipe de Jesús Martínez
Matehuala.

ASESOR: Dra. María Elena Juárez Colín.

León, Guanajuato 2019.





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dedicatorias

A mi padre por todo el tiempo y apoyo que me ha brindado. Por enseñarme a dar todo de mí, a ser responsable, perseverante y a luchar siempre sin importar las circunstancias.

A mi hermano y hermana por darme su cariño, el cual me dio la fuerza para seguir adelante durante mi carrera.

A mis amigos por el tiempo que compartieron conmigo, por las experiencias buenas y malas por las que pasamos. Son mi familia y siempre contarán con mi apoyo.

A mis profesores por brindar su tiempo y compartirme sus experiencias no sólo académicas si no también personales. Por comportarse como profesionales y al mismo tiempo como amigos.

A mis pacientes, personas que me han enseñado a ver la vida de forma distinta.

A la escuela Pierre Faure, por todos los años que me brindaron apoyo.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

A la Escuela Nacional de Estudios Superiores campus UNAM, Unidad León.

A mis profesores a lo largo de mi historia académica.

Al M en C Javier de la Fuente.

A la Dra. Aline Cristina Cintra Viveiro.

Al Instituto de Neurobiología de la UNAM, campus Juriquilla.

A la Unidad de Investigación de Neurodesarrollo, especialmente a la Dra. Thalía Harmony Baillet, L. E. E. M Consuelo Pedraza Aguilar y al Dr. Jesús Barrera Reséndiz.

A mi tutor de tesis Mtra. Cristina Carrillo Prado.

A mis asesores LFT. Felipe de Jesús Martínez Matehuala y Dra. María Elena Juárez Colín.

Al Laboratorio Universitario de Biomecánica y a todo el equipo, especialmente a Daniela Amador Farré y Carlos Fernando Aranda González.

Índice	
Dedicatorias	
Agradecimientos	
Resumen	
Capítulo I	8
Introducción.....	8
Capítulo II	9
Marco teórico.....	9
2.1.- Generalidades de amputación.....	9
2.1.1.- Amputación de miembro superior.....	13
2.1.2.- Desarticulación de hombro.....	14
2.2.- Anatomía de la cintura escapular	15
2.2.1.- Anatomía funcional de la cintura escapular.....	16
2.3.- Marcha.....	21
2.3.1.- Conceptos básicos de mecánica y biomecánica.....	22
2.3.2.- Cinemática de la marcha.....	24
2.3.3.- Intervención del miembro superior en la marcha.....	28
Capítulo III	30
3.1.- Justificación.....	30
3.2.- Objetivos.....	31
3.2.1.- Objetivo general.....	31
3.2.2.- Objetivos específicos.....	31
Capítulo IV	32
4.1.- Reporte de caso clínico.....	32
4.2.- Metodología.....	33
4.3.- Implicaciones éticas.....	38

Capítulo V.....39

5.1.- Resultados.....40

5.2.- Discusión.....49

5.3.- Conclusión.....51

Bibliografía.....52

Anexos.....56

Índice de tablas

Tabla I:	Movimientos de las articulaciones de la cintura escapular.....	16
Tabla II:	Músculos de la cintura escapular.....	18
Tabla III:	Angulación de las articulaciones del MMII en intervalos de la marcha.....	24
Tabla IV:	Valoración fisioterapéutica y rehabilitatoria inicial.....	34
Tabla V:	Tratamiento inicial.....	35
Tabla VI:	Valoración fisioterapéutica intermedia a partir de la 15ta. terapia.....	36
Tabla VII:	Tratamiento final a partir de la 15ta. terapia.....	37
Tabla VIII:	Valoración fisioterapéutica y rehabilitatoria final.....	39
Tabla IX:	Variables espacio-temporales.....	40
Tabla X:	Gráficas de variables espacio-temporales con diferencia significativa.....	41

Índice de figuras:

Figura 1:	Cambios en la corteza motora de hombro, codo y mano de la zona contralateral; antes y después del uso de la TMR del miembro afectado.....	11
Figura 2:	Complejo de la cintura escapular.....	16
Figura 3:	Angulación el movimiento de las articulaciones del MMII en la marcha respecto al plano sagital en cada intervalo.....	25
Figura 4:	Sitios anatómicos considerados en el modelo Davis, modificado con puntos específicos en columna.....	27
Figura 5:	Sistema de coordenadas integradas de la zona de la pelvis con sus respectivos vectores y vector final.....	27
Figura 6:	Algoritmo para el centro de la cadera.....	27
Figura 7:	Ángulos de Euler.....	27
Figura 8:	Inclinación pélvica.....	43
Figura 9:	Rotación pélvica.....	44
Figura 10:	Oblicuidad pélvica.....	44
Figura 11:	Flexión-extensión de cadera.....	45
Figura 12:	Abducción-aducción de cadera.....	45
Figura 13:	Flexión-extensión de rodilla.....	46
Figura 14:	Valgo de rodilla.....	47
Figura 15:	Rotación de rodilla.....	47
Figura 16:	Dorsi-plantiflexión de tobillo.....	48
Figura 17:	Inversión-eversión de tobillo.....	48

Resumen

Introducción: El análisis y la información cinemática de la marcha son una herramienta de evaluación clínica que nos permite cuantificar la normalidad o el grado de alteración patológica, ya que describe los movimientos del cuerpo humano en conjunto durante las fases de la marcha; sin embargo, en presencia de una desarticulación de hombro, suele afectarse sustancialmente la biomecánica de la marcha debido a la ausencia de masa corporal y del movimiento pendular, representando repercusiones posturales, de equilibrio y de esquema corporal. **Objetivo:** Analizar las variables espacio-temporales y angulares pre y post tratamiento de la marcha de un paciente desarticulado de hombro. **Metodología:** Estudio de caso de paciente desarticulado de hombro de 58 años de edad con secuelas de 51 años de evolución tratado con fisioterapia (30 sesiones). Se realizó análisis biomecánico de la marcha, pre y post tratamiento, con un sistema 3D optoelectrónico (SMART BTS) con 12 cámaras infrarrojas y modelo biomecánico de Davis. **Resultados:** Se realizó prueba de normalidad Shapiro-Wilks y prueba de contraste de hipótesis Wilcoxon observando diferencia estadísticamente significativa ($p \geq .05$) en las variables espacio-temporales: doble apoyo (.345), longitud de paso derecho (.657), tiempo de balanceo derecho (.734), tiempo de doble apoyo (.735), velocidad de apoyo izquierda (.063), tiempo de apoyo izquierdo (.933), velocidad en promedio (1.00). Dentro de las variables angulares, la cinemática de la pelvis muestra diferencias en todo el ciclo de la marcha, mientras que en cadera, rodilla y tobillo persistieron diferencias en fase de apoyo principalmente. **Conclusión:** La información cuantitativa obtenida a través del análisis biomecánico de la marcha, contribuye a identificar puntualmente los movimientos patológicos y compensatorios dentro de la misma, lo que facilita la elaboración de un programa fisioterapéutico eficiente, que permitirá mejorar la calidad de la postura, equilibrio y por lo tanto de la marcha, y mejorando en gran medida la calidad de vida del paciente.

Palabras clave: desarticulación de hombro, amputación de miembro superior, marcha, biomecánica, análisis cinemático.

CAPÍTULO I

1.1.- Introducción:

La biomecánica se refiere a la aplicación de la mecánica clásica a diversos problemas biológicos combinando el campo de la ingeniería mecánica con los campos de la biología y fisiología. La mecánica se ocupa del estudio del movimiento, lo que implica la causa y su descripción, se divide en a) Dinámica; encargada de estudiar la causa del movimiento y b) Cinemática; se refiere a la descripción del movimiento (7, 8).

La marcha es el proceso de locomoción en bípedo cuyo objetivo es el desplazamiento del cuerpo hacia delante. Para su estudio, la marcha se divide en ciclos, dentro de los cuales se toma en cuenta la biomecánica del miembro inferior desde el contacto del talón al despegue del primer orjejo (fase de apoyo), y el balanceo que presenta hasta contactar con el talón del mismo pie (fase de oscilación) (28, 29).

La amputación es un procedimiento en el cual se extirpa una porción o la totalidad de un miembro de manera perpendicular, teniendo distintas causas donde se incluyen aspectos vasculares, traumáticos, malignos y congénitos. La desarticulación es un tipo de amputación que se realiza de manera paralela respetando la interlínea articular, siendo una opción para casos infantiles (12). La marcha suele verse afectada tras una amputación, existe escasa literatura donde se estudie la repercusión de la amputación de miembro superior dentro del ciclo de la marcha (40).

El uso del análisis cinemático apoyado por modelos computacionales, es una herramienta confiable para el estudio de la marcha debido a la información cuantitativa que aporta. Existen modelos computacionales encargados de estudiar la marcha como el modelo Davis, que utiliza marcadores optoreflejantes y cámaras infrarrojas para permitir al sistema detectar posiciones en tiempo real a una alta, media o baja velocidad de muestreo (30, 31).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES.

2.1.- Generalidades de amputación:

La amputación se puede definir como el procedimiento que extirpa una parte o la totalidad de un miembro a través de uno o más huesos, siendo un proceso reconstructivo para dotar al paciente de un muñón que le permita un buen equipamiento protésico y con esto una buena calidad de vida (12). La amputación se distingue de una desarticulación debido a que ésta se realiza a través de una interlínea articular, es decir, la desarticulación se realiza de forma paralela respetando el espacio de la articulación, mientras que la amputación se ejecuta de forma perpendicular al eje longitudinal del miembro. La desarticulación es una opción para amputación realizada en niños para respetar la lámina de crecimiento. Sin embargo, ésta presenta dificultades para una eficiente adaptación de un aparato protésico (14).

Generalmente la pérdida de un miembro causa un gran trauma psicológico al afectado, por citar: a) Miedo por disminución de aceptación social; b) Modificación de la imagen corporal; y c) Baja autoestima. El paciente, de igual manera, se enfrentará a la posibilidad de pérdida de la locomoción, invalidez permanente, cambios en sus costumbres hogareñas y probable pérdida del trabajo (13). Las principales causas por la cual se realiza una amputación son:

- Enfermedades vasculares: la falta de circulación en un miembro es un factor importante para indicación absoluta de amputación, donde la insuficiencia circulatoria secundaria a enfermedad vascular arterioesclerótica constituye la causa principal (14). La opción de una amputación en estos casos se considera si se presentan los siguientes signos: pulso ausente, pérdida de temperatura y color azulado (27). La Diabetes Mellitus Tipo II (DT2), representa la principal patología causante de una amputación dentro de las enfermedades vasculares, la cual representa al 81% de los casos (15). Los pacientes que presentan este

tipo de amputación se diferencian por presentar un periodo de latencia muy largo, dentro de los cuales el 90% de éstos inicia con una ampolla en el pie (17).

- Traumáticas: las amputaciones traumáticas representan al 16% y son caracterizadas por presentar una latencia muy corta (15), pérdida completa del sistema neuromuscular, aplastamiento grave, compromiso vascular y deterioro marcado de la piel (14). Dentro de las principales causas de una amputación traumática se considera la exposición a fuerzas mecánicas, quemaduras y transporte motorizado con predominancia del sexo masculino con un 75% (16).
- Tumores malignos o causas congénitas: representan el 3% de los casos (15). Las amputaciones congénitas se caracterizan por la ausencia parcial o completa de un miembro en el momento del nacimiento considerándose como un trastorno de crecimiento (17).

Las amputaciones llevan consigo complicaciones y repercusiones tanto en el ámbito ortopédico como neurológico.

Dentro del aspecto neurológico, la amputación lleva consigo cambios a nivel cortical y subcortical. Está claro que la amputación afecta la función de la corteza motora promoviendo una expansión de los segmentos representados en la corteza de la extremidad removida (18).

Tendencias similares se han comprobado en humanos con lesión de nervios periféricos tras una amputación de miembro superior, es importante señalar que un método utilizado para tratar de restaurar la función motora es la Reinervación Muscular Dirigida (TMR) generando que dichos cambios regresen a su zona original. La TMR es un procedimiento de transferencia nerviosa quirúrgica utilizado para mejorar el control de la prótesis, para ello se insertan los nervios periféricos lesionados a músculos proximales para simular el movimiento que anteriormente realizaban (19).

En caso de una desarticulación de hombro, el objetivo de la TMR es crear cuatro sitios independientes de control mioeléctrico para restaurar la continuidad del sistema nervioso

a pesar de la ausencia del segmento nativo distal del nervio. La TMR puede considerarse en el contexto del trauma agudo para prevenir un neuroma y preparar a los pacientes para futuras prótesis mioeléctricas (20). Además, se ha encontrado que las representaciones motoras se modifican y se trasladan adyacentes a su zona original, sugiriendo así, que con la combinación de esta intervención quirúrgica y la rehabilitación se podría restaurar la actividad cortical que normalmente controlaba a dichos movimientos (19) (Fig. 1), sin embargo, no se cuenta aún con tecnología que demuestre un establecimiento sensorial inmediato por un dispositivo protésico en el control motor sin un período de aprendizaje / adaptación basado en la práctica (18).

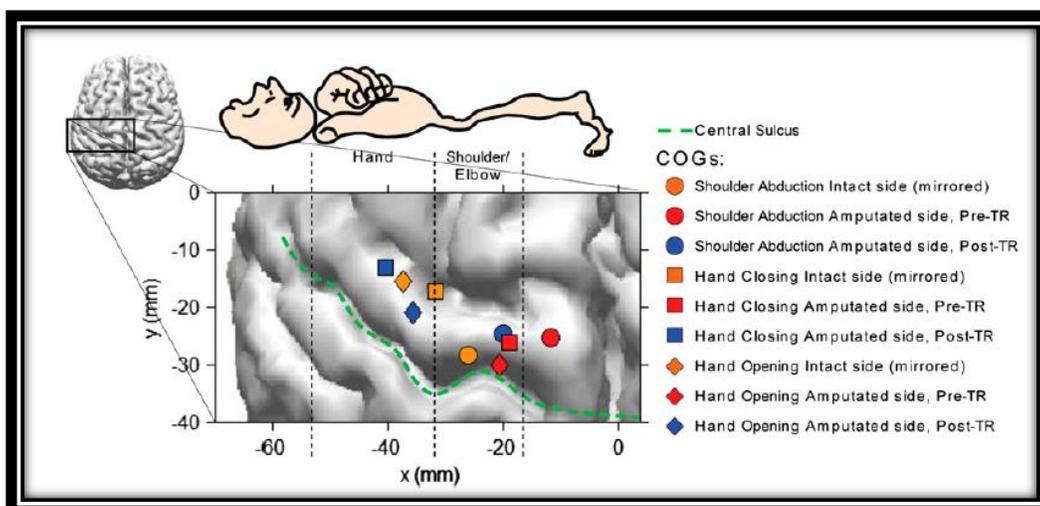


Figura 1. Cambios en la corteza motora de hombro, codo y mano de la zona contralateral; antes y después del uso de la TMR del miembro afectado.

(Chen A et al., 2013)

Por otro lado, en estudios en monos se ha demostrado cambios en motoneuronas y atrofia de la médula espinal en la extremidad residual, mismos que podrían relacionarse con cambios subcorticales después de la amputación (17).

En otro estudio, se demostró que posterior a 30 semanas de amputación de extremidad anterior en ratas, se produce una pequeña entrada sensorial en el núcleo cuneado en la zona antigua de la extremidad y que la principal reorganización ocurre alrededor de la misma, lo que confirma que no sólo se producen cambios a nivel cortical, sino de igual manera a nivel subcortical (18).

Cabe mencionar también que la repercusión neurológica que comúnmente se encuentra en las amputaciones es el dolor fantasma, definido como la percepción de sensaciones de conexión y funcionamiento del miembro amputado con el cuerpo. El porcentaje estimado para presentar dolor fantasma oscila entre un 50% y 83%, este tipo de dolor puede afectar la deambulación y la movilidad de la persona dando como resultado una disminución en la calidad de vida (21).

Dentro del aspecto ortopédico, la amputación implica distintas complicaciones como son: a) forma del muñón, b) estado y coloración de la piel, c) cicatriz, d) sensibilidad, e) fuerza muscular, y f) elasticidad / flexibilidad muscular (22). El valor práctico y la utilidad del muñón deben ser especialmente determinados por el cirujano, el cual estudiará de manera más amplia y definida posible el sitio adecuado de la amputación, la técnica adecuada y las condiciones reconstructivas para lograr un elemento anatómico funcionalmente preparado para recibir y utilizar una prótesis tomando en cuenta las próximas tres condiciones: a) forma suavemente cónica, b) sensibilidad normal, y c) cicatriz situada y móvil (23).

En los pacientes cuya causa de amputación derive de una enfermedad vascular la complicación dermatológica más común es la dermatitis, esto debido al contacto con el material protésico, es importante mencionar que una cicatriz adherida o una hipoestesia dificultarán la adaptación protésica del paciente, al igual que la debilidad y la retracción muscular causada por sedentarismo (22).

Es importante mencionar que la amputación quirúrgica no supone solamente la eliminación de un miembro, sino la creación de un nuevo órgano compensador, por ello la amputación debe cubrir las necesidades para una correcta adaptación protésica y así,

lograr un avance eficiente en la rehabilitación. En general, puede afirmarse que es preferible una óptima prótesis mecánica que una extremidad anatómica ineficaz y generadora de problemas psicofísicos (23).

2.1.1.- Amputación de miembro superior:

Las amputaciones de la extremidad superior a menudo ocurren en el trabajo, éstas implican la extracción de todo o parte de los dedos, la mano, el antebrazo, la parte superior del brazo o el hombro. La extremidad superior representa solo del 3% al 15% de todas las amputaciones y es poco común. Las principales razones para la amputación en la extremidad superior son trauma (43%), ausencia congénita (18%) y cáncer (14%) (24,25).

Dentro de las amputaciones y desarticulaciones de miembro superior se encuentran las siguientes: a) amputación digital (22%); b) amputación de mano parcial (19%); c) desarticulación de la muñeca (2%); d) amputación transradial (19%); e) desarticulación de codo (0.3%); f) amputación transhumeral (28%); g) desarticulación de hombro (5%). El nivel de amputación determinará en gran medida el grado de discapacidad funcional, es decir, el impacto en la calidad de vida y la capacidad para llevar a cabo tareas de la vida diaria (26).

La rehabilitación en la amputación de extremidad superior está influenciada por una variedad de factores los cuales son: a) nivel de amputación; b) deterioro cognitivo; c) acondicionamiento físico; d) estado nutricional; e) apoyo social; f) factores psicológicos; y g) motivación. La mayoría de los pacientes con amputación de miembros superiores son candidatos para una prótesis; sin embargo, algunas personas pueden no elegir usar una prótesis, para esos pacientes, se deben considerar otros enfoques terapéuticos, como el entrenamiento de movimientos de la cintura escapular para la reeducación de la marcha, con el fin de que sean funcionalmente independientes (27).

2.1.2.- Desarticulación de hombro:

La premisa de la desarticulación es similar a la de cualquier amputación, separar la zona proximal de las estructuras distales para permitir la eliminación del segmento distal, ésta divide la extremidad mediante la disección de todas las conexiones de tejido blando que estabilizan la articulación. Respecto al procedimiento quirúrgico de una desarticulación continúa siendo polémico la conservación o eliminación del cartílago articular, el preservar el cartílago ofrece varios beneficios potenciales, incluido el mantenimiento de cavidad de médula cerrada y prevenir la adherencia de la piel directamente a hueso, por otro lado remover el cartílago aumenta el riesgo de infección cutánea (28).

La técnica quirúrgica que proporciona la construcción más estable sobre el extremo del hueso distal, se denomina miodesis. La estabilización de las unidades del tendón del músculo de la extremidad residual será la base para proporcionar un cómodo almohadillado para el alvéolo protésico, al tiempo que previene la formación de bursa dolorosa en las unidades musculares móviles, de ésta manera preservará las características óptimas de contractilidad del músculo, mejorando la calidad de la señal muscular y maximizando el control protésico mioeléctrico (27).

2.2.- Anatomía de la cintura escapular:

La cintura escapular se define como el conjunto de estructuras que conecta la extremidad superior con el tórax. Ésta se puede denominar como complejo articular del hombro, ya que consiste en una serie de articulaciones que trabajan en conjunto para orientar la extremidad superior; el hecho de que ésta sea una zona con varias articulaciones le confiere su principal característica, la cuál es el tener una amplia movilidad, por este motivo resulta complejo su estudio biomecánico integrado (1).

La cintura escapular, segmento proximal del miembro superior, se conforma por la escápula y la clavícula, estas trabajan como una unidad. Los patrones de la escápula se activan, ya sea por movimiento o por estabilización, dentro de los patrones de la extremidad superior (2). La verdadera articulación de la cintura escapular se realiza por medio de unión de músculos, llamada *sisarcosis* (del griego *syn-* “unión”; y *sarcos-* “carne, músculo”). Algunos músculos y sus fascias constituyen verdaderas superficies de desplazamiento de la escápula sobre la caja torácica, otros intervienen a modo de ligamentos limitando sus desplazamientos (3).

El hombro es la articulación más móvil del cuerpo humano (4). Se encuentra limitado superiormente por la clavícula y el borde superior de la escápula, e inferiormente por un plano tangente al borde inferior del músculo pectoral mayor (3). El cíngulo del hombro está compuesto por tres articulaciones específicas y una articulación general: a) Esternoclavicular, b) Acromioclavicular, c) Glenohumeral y d) Escapulotorácica; todas estas articulaciones trabajan juntas en ritmo sincrónico para permitir la movilidad general (Fig. 2) (4).

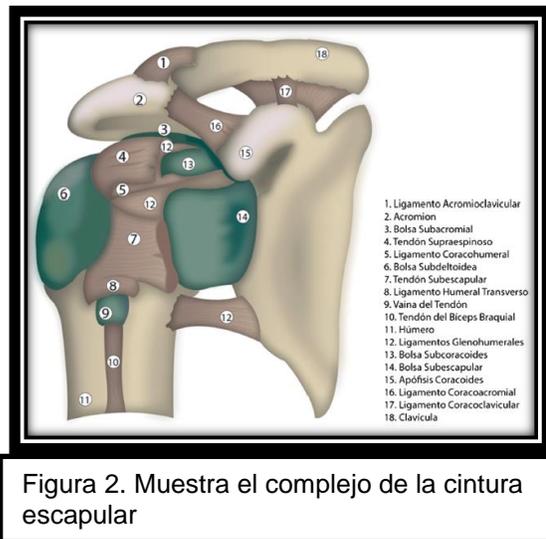


Figura 2. Muestra el complejo de la cintura escapular

2.2.1.- Anatomía funcional de la cintura escapular:

El hombro posee tres grados de libertad, lo que le permite orientar a la extremidad superior en relación a los tres planos del espacio mediante tres ejes principales: a) Eje transversal (plano frontal); b) Eje anteroposterior (plano sagital); y c) Eje vertical (plano horizontal) (10), aunque también se agrega un cuarto eje longitudinal, el cual será aquel donde el miembro superior penderá de forma vertical a lo largo del cuerpo donde se ejecutarán principalmente los movimientos de rotación (interna/externa) del hombro (11); por lo tanto, podremos concluir que la articulación del hombro presenta tres ejes principales y tres grados de libertad, siendo capaz de coincidir el eje longitudinal del húmero con uno de ellos, o situarse en una posición intermedia para permitir su movimiento (10).

Tabla I. Movimientos de las articulaciones de la cintura escapular.

Articulación	Características
Esternoclavicular	Articulación de tipo silla de montar que por limitación de contacto entre las superficies se le añade un tercer eje. <ul style="list-style-type: none"> • Eje transversal.- elevación clavicular (10cm) y descenso clavicular (3cm).

	<ul style="list-style-type: none"> • Eje anteroposterior.- anteversión (10cm) y retroversión (3cm). • Eje longitudinal.- rotación longitudinal (30°).
Acromioclavicular	<p>Articulación de tipo artrodia. La movilidad de esta articulación se encuentra limitada por el tórax y por las sujeciones musculares, siendo capaz de realizar movimientos muy moderados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eje longitudinal: rotación longitudinal clavicular (30°).
Escapulotorácica	<p>Articulación tipo “pseudoarticulación”.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eje transversal.- antepulsión (60°) y retropulsión (70°). • Eje anteroposterior.- rotación externa (45-60°) <p>Además se le añaden dos tipos de desplazamiento.- desplazamiento del borde medial hacia lateral (10-12 cm) y un desplazamiento del ángulo inferior hacia superior (10-12 cm).</p>
Glenohumeral	<p>Articulación tipo esferoidal denominada como articulación “colgada” de la escápula. Esta articulación presenta movimientos en todos los ejes.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eje transversal.- flexión (180°) y extensión (45-50°). • Eje anteroposterior.- abducción (180°) y aducción (30-45°).

	<ul style="list-style-type: none"> • Eje longitudinal.- rotación interna (30°) y externa. • Eje vertical.- flexión horizontal (140°) y extensión horizontal (30-40°)
(Tomado de Kapandji, 2007; Rouviere, 2005; Miralles, 1998)	

El diagnóstico diferencial de los problemas de la cintura escapular requiere de una especial atención a la inervación de los músculos, ya que ésta y la extremidad superior contienen muchos músculos de inervación puramente motora. Los músculos principales de la cintura escapular son los siguientes: a) Trapecio, b) Elevador de la escápula, c) Romboides mayor y menor, d) Serrato mayor, e) Pectoral menor, f) Pectoral mayor, g) Deltoides, h) Coracobraquial, i) Supraespinoso, j) Infraespinoso, k) Subescapular, l) Bíceps, y por último m) Tríceps (6). Se describen en la siguiente tabla (Tabla II):

Tabla II. Músculos de la cintura escapular.

Músculo	Origen	Inserción	Inervación	Acción
Trapecio	Fibras superiores: protuberancia occipital y apófisis espinosa C7. Fibras medias: apófisis espinosa de T1 a T5. Fibras inferiores: apófisis espinosa de T6 a T12.	Fibras superiores: 1/3 lateral de la clavícula y acromion. Fibras medias: borde medio del acromion y labio superior de la espina de la escápula. Fibras inferiores: vértice del tubérculo de la espina de la escápula.	Porción espinal del nervio accesorio C2-C3-C4.	Lateralización, extensión y rotación cervical; depresión y aducción de la escápula.

Elevador de la escápula	Apófisis transversas de C1 a C4.	Borde interno de la escápula.	C3-C4-C5.	Flexión y rotación de cervicales; elevación de la escápula.
Romboides mayor y menor	Mayor: apófisis espinosa de T2 a T5. Menor: apófisis espinosa de C7 y T1.	Mayor: borde medial y ángulo inferior de la escápula. Menor: borde medial en la raíz de la espina escapular.	N. escapular dorsal C4-C5.	Aducción, elevación y rotación de la escápula.
Serrato mayor	Superficie externa de los bordes superiores de las nueve primeras costillas.	Borde medial de la escápula.	N. Torácico largo C5-C6-C7-C8.	Abducción y estabilización de la escápula.
Pectoral menor	Caras externas de los cartílagos costales tercero, cuarto y quinto.	Cara superior de la apófisis coracoides en su borde medial.	Pectoral medial C6-C7-C8.	Inclinación anterior de la escápula.
Pectoral mayor	Fibras superiores: cara anterior del 1/3 medio de la clavícula. Fibras inferiores: cara anterior del esternón, cartílagos de las primeras seis-siete costillas y aponeurosis del oblicuo externo.	Fibras superiores: Cresta del troquíter. Fibras inferiores: Cresta del troquíter en posición más posterior y craneal al de las fibras superiores.	Fibras superiores: N. pectoral lateral C5-C6-C7. Fibras inferiores: N. pectoral lateral y medio C6-C7-C8-T1.	Aducción y rotación interna de húmero.
Deltoides	Fibras anteriores: borde anterior y 1/3 lateral de la clavícula. Fibras medias: borde lateral y cara superior del acromion. Fibras posteriores: borde posterior	Tuberosidad deltoidea del húmero.	N. axilar C5-C6.	Flexión, abducción y extensión del hombro.

	de la espina de la escápula.			
Coracobraquial	Vértice de la apófisis coracoides de la escápula.	1/2 del cuerpo humeral en su superficie medial.	Musculocutáneo C6-C7.	Flexión y aducción de hombro.
Supraespinoso	Fosa supraespinosa de la escápula.	Cara superior del troquíter y cápsula articular del hombro	N. supraescapular C4-C5-C6.	Abducción de hombro y estabilización de la cabeza humeral en la cavidad glenoidea.
Infraespinoso	2/3 mediales de la fosa infraespinosa de la escápula.	Cara medial del troquíter y cápsula articular.	N. supraescapular C4-C5-C6.	Rotación externa de hombro.
Subescapular	Fosa subescapular de la escápula.	Troquín y cápsula articular.	N. subescapular superior e inferior C5-C6-C7.	Rotación interna de hombro.
Bíceps	Cabeza corta: vértice de la apófisis coracoides. Cabeza larga: tubérculo supraglenoideo de la escápula.	Tuberosidad del radio y aponeurosis del bíceps braquial.	N. musculocutáneo C5-C6.	Flexión de hombro; flexión y supinación de codo.
Tríceps	Cabeza larga: tubérculo infraglenoideo de la escápula. Cabeza lateral: 1/2 proximal del cuerpo del húmero en su superficie lateral y posterior. Cabeza medial: 2/3 distales de la cara medial y posterior del húmero.	Cara posterior del olecranon.	N. radial C6-C7-C8-T1.	Aducción y extensión de hombro; extensión de codo.

(Tomado de Rouviere, 2005; Kendall, 2007)

2.3.- Marcha:

El movimiento corporal es el resultado de la interacción de diferentes dominios y sistemas brindándole al hombre un alto grado de independencia y funcionalidad para sus actividades de la vida diaria (28). La marcha constituye un patrón fundamental de gran complejidad, que está relacionado con el desplazamiento en el espacio y con la interacción del hombre en el ambiente. La marcha se puede definir como el proceso de locomoción en bípedo, conformado por una serie de movimientos alternantes del tronco y las extremidades que determinan un desplazamiento del centro de gravedad hacia delante. Para su estudio, se tomará en cuenta el ciclo de la marcha definido como el periodo entre el contacto inicial de un pie y el contacto final del mismo pie.

El ciclo de la marcha se dividirá en dos fases las cuales se alternarán de una pierna a otra durante la marcha: a) Fase de apoyo: representa al 60% del ciclo y está dividido en cinco intervalos.- 1) Contacto del talón, 2) Apoyo plantar, 3) Apoyo medio, 4) Elevación del talón y 5) Despegue del primer ortejo; b) Fase de oscilación representando al 40% del ciclo y dividido en tres intervalos.- 1) Aceleración, 2) Balanceo medio y 3) Desaceleración. Dentro del ciclo se puede añadir a una tercera fase llamada “Fase de doble apoyo” la cual representa al 20% del ciclo y se encuentra en el punto medio de ambas fases (29).

La marcha está relacionada con factores extrínsecos, intrínsecos, físicos, psicológicos, patológicos, traumáticos y neurológicos, musculoesqueléticos y psiquiátricos. El déficit en la interacción de estos factores podría modificar el patrón de la marcha generando alteraciones transitorias o permanentes, locales o generales. Sus trastornos se caracterizan por una disminución en la velocidad, inestabilidad, alteración del paso o modificación en la sincronía de los miembros inferiores generando una deficiencia en su desplazamiento alterando las actividades de la vida diaria. Para su evaluación se utilizan métodos cualitativos como la observación del patrón de la marcha o métodos cuantitativos que permitan obtener una valoración más compleja evitando datos subjetivos y posibles errores producto de la evaluación cualitativa (28).

Existen diversos modelos que describen cuantitativamente la marcha humana inspirados en la morfo-fisiología del sistema locomotor, los cuales van desde un simple péndulo invertido, hasta algoritmos computacionales complejos que integran la dinámica de la marcha como la interacción del sistema nervioso y musculoesquelético.

A partir de un modelo simplificado del cuerpo humano se realiza un análisis que permitirá identificar movimientos normales o patológicos dentro del ciclo de la marcha, éstos evalúan diferentes aspectos de la función neuromuscular tomando en cuenta distintas variables; a) Variables cinemáticas: describirán el desplazamiento del cuerpo registrando variaciones angulares y movimientos relativos de los segmentos corporales en el espacio, y al mismo tiempo, los parámetros espacio-temporales y de distancia necesarios para el estudio de la marcha; b) Variables cinéticas: cuantifican las relaciones entre las fuerzas de acción-reacción, momentos y potencias medidas para cada segmento corporal permitiendo describir la oscilación vertical del centro de gravedad y analizar relaciones de generación o absorción de energía en las articulaciones producidas por la acción muscular; y c) Variables de activación muscular: evalúan la actividad eléctrica de la acción muscular durante el ciclo de la marcha (30).

2.3.1.- Biomecánica:

La descripción del movimiento implica representar un mundo dinámico, es la rama de la física que se ocupa del estudio del movimiento, lo que lo produce y lo que afecta se denomina como mecánica. La mecánica suele dividirse en dos partes: a) Cinemática, la cual se ocupa de describir el movimiento de los objetos sin importar la causa que lo produzca; y b) Dinámica, que estudia las causas que producen dicho movimiento (7).

A partir del estudio de la evolución de la mecánica clásica, surge una rama la cual utiliza sus aplicaciones básicas a los sistemas biológicos y fisiológicos, llamándose biomecánica (8). La biomecánica es una disciplina científica cuyo objetivo es el estudio de las estructuras de carácter mecánico que existen en los seres vivos. La biomecánica

está presente en diversos ámbitos, aunque tres de ellos son los más destacados en la actualidad (7):

- La biomecánica médica: evalúa las patologías respecto al cuerpo humano con la finalidad de generar soluciones capaces de evaluarlas y repararlas.
- La biomecánica deportiva: analiza la práctica deportiva para mejorar el rendimiento, desarrollo de técnicas de entrenamiento y diseño de complementos, materiales y equipamiento.
- La biomecánica ocupacional: estudia la relación mecánica que el cuerpo presenta con los elementos que interactúan en los diversos ámbitos como son las actividades de la vida diaria humana (AVDH), para adaptarlos a sus necesidades y capacidades, relacionándose con otra disciplina como es la ergonomía física.

La biomecánica surge de la necesidad de responder preguntas y hallar soluciones a problemas médicos y biológicos que involucren el conocimiento de la mecánica, la geometría y los materiales, dados los avances científicos que ha presentado, se ha bifurcado en dos grandes ramas: a) La biomecánica experimental y b) La computacional, las cuáles podrían englobar a las ya mencionadas anteriormente (9). Los conocimientos de la biomecánica son fundamentales para el conocimiento de los profesionales que se dedican al aparato locomotor, representando también una fase muy importante en la formación del fisioterapeuta (8).

El estudio de la biomecánica nos permite comprender la manera en que actúan las fuerzas internas y externas sobre las estructuras del cuerpo humano, mientras que la anatomía nos permite el estudio de dichas estructuras en estado de reposo, en un momento dado o las formas de un proceso fisiológico (1).

2.3.2.- Cinemática de la marcha:

El análisis de la cinemática de la marcha permite dividir el ciclo en tres intervalos, de los cuales el intervalo uno y dos pertenecen a la Fase de apoyo y el intervalo tres pertenece a la Fase de oscilación: a) Intervalo I: contacto de talón y punto de apoyo medio plantar, b) Intervalo II: apoyo medio plantar y despegue del primer ortejo, c) Intervalo III: etapa de balanceo (Tabla III) (29). Durante la marcha, se producen movimientos importantes en los tres planos: sagital, frontal y transversal; sin embargo, los movimientos más representativos se producen en el plano sagital, los cuales se generalizarán en movimientos de flexión y extensión en cada articulación del MMII (Fig. 3) (32).

Tabla III. Angulación de las articulaciones del MMII en intervalos de la marcha.

Articulación	Fase de apoyo		Fase de oscilación
	Intervalo I	Intervalo II	Intervalo III
Cadera	30°/ 0°	0°/ -20°	0°/ 30°
Rodilla	0°/ 20°/ 0°	0°/ 4°/ 40°	40°/ 50°/ 0°
Tobillo	0°/ -10°/ 5°	0°/ 15°/ -25°	0°/ 10°

(Tomado de Stengele, 2008)

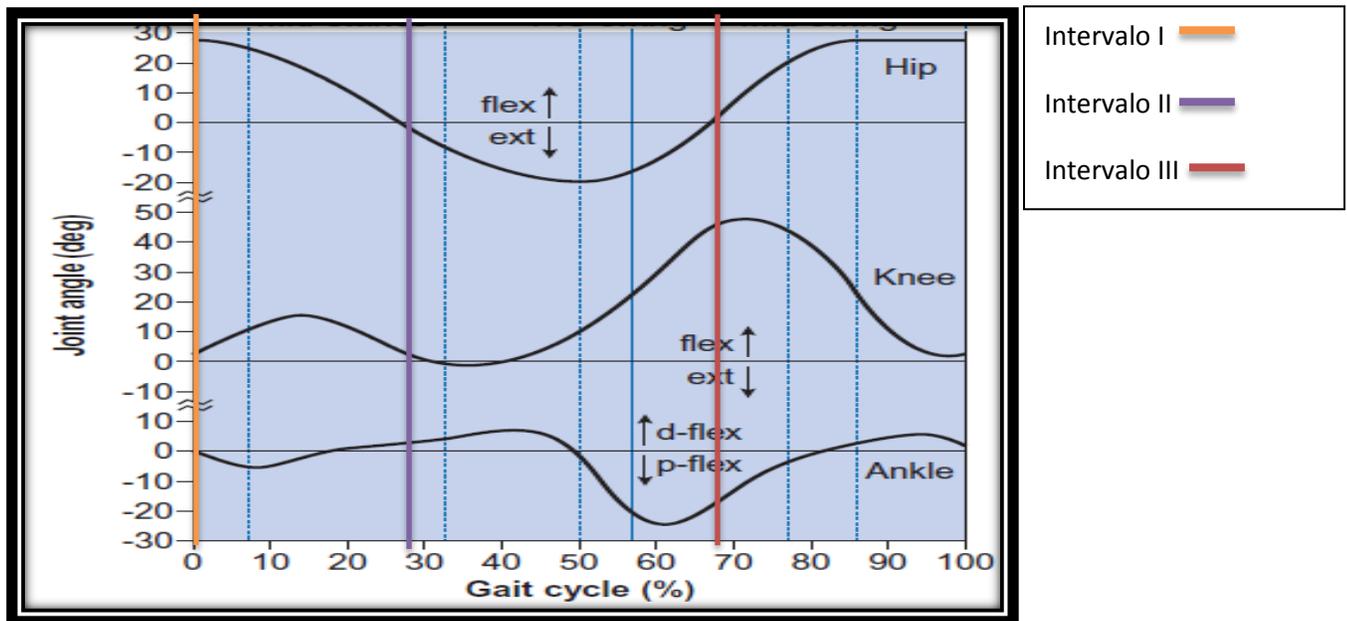


Figura 3. Muestra la angulación el movimiento de las articulaciones del MMII en la marcha respecto al plano sagital en cada intervalo.
(Modificado de Whittle, 2007)

Clínicamente el ojo humano es muy sensible a la detección de anomalías dentro de la marcha, pero no lo suficiente para la identificación de movimientos compensatorios, por lo que el uso del análisis cinemático de la marcha coadyuva en una óptima medición de la misma (44). Existen modelos cinemáticos que nos permiten describir el movimiento de un segmento corporal a lo largo de un movimiento dinámico como en el caso de la marcha, los más populares son: Modified Helen Hayes (MHH), Vaughan, Newington, Kadaba, Davis, Gage, or Vicon Clinical Manager (VCM) (31). La información que nos proporciona la posición del marcador tri-dimensional es usada para: a) determinar la orientación del sistema de coordenadas integrado de forma segmentada, b) localizar instantáneamente el centro de la articulación, y c) angular los movimientos de las articulaciones (30).

El modelo más utilizado para el análisis de la marcha es el modelo Davis (Fig. 4). Davis sugiere utilizar marcadores opto reflejantes en sitios específicos como son: a) apófisis

espinosa de la vértebra cervical C7, b) acromion, c) sacro, d) espina ilíaca antero-superior, e) trocánter, f) cóndilo femoral, g) cóndilo tibial, h) maléolo externo, y i) cabeza del quinto metatarsiano, de manera bilateral; así como información antropométrica del paciente y toma de un video previo a la examinación como tal para evaluar la marcha de forma cualitativa.

Al finalizar la marcha y haber recolectado toda la información bi-dimensional y tri-dimensional, ésta es realineada de acuerdo al sistema de coordenadas integradas, a los centros articulares y a la angulación del movimiento articular. El sistema de coordenadas integradas utiliza el proceso de ortogonalización de Gram-Schmidt con el objetivo de construir a partir del conjunto de vectores del espacio vectorial de una articulación, otro conjunto ortonormal de vectores que genere el mismo subespacio vectorial (Fig. 5). La localización de los centros de cadera, rodilla y tobillo se calculan en relación con el origen del sistema de coordenadas, utilizando un algoritmo desarrollado en el Newington Children's Hospital a través de exámenes radiográficos. Para la angulación del movimiento articular se utiliza un algoritmo determinado por los ángulos de Euler mediante un eje x-y-z, éstos ángulos constituyen un conjunto de tres coordenadas angulares que sirven para especificar la orientación de un sistema de referencia de ejes ortogonales (30).

La orientación de un cuerpo rígido puede especificarse completamente considerando un sistema de coordenadas fijo a él, para ello, es necesario especificar la relación entre un sistema de ejes fijo en el espacio y uno fijo en el cuerpo. Los ángulos de Euler se introducen para construir la transformación entre estos dos sistemas con tres rotaciones virtuales sucesivas del cuerpo rígido. Para elegir el orden de las rotaciones en este caso se usa la conversión "x", cuya secuencia es la siguiente: rotación del eje xyz alrededor del eje z con el ángulo " ϕ "; rotación el nuevo eje x con el ángulo " θ ", para producir otro conjunto intermedio de ejes; y finalmente, rotación del nuevo eje z con el ángulo " ψ " (Fig. 3) (47). Es decir, se tomará como el sistema de ejes fijo a la zona proximal de la zona que se pretenda calcular su angulación de manera alineada. Los ejes fijos se utilizarán

como constante para que la zona a evaluar sea capaz de sobreponerse en tales ejes, con esto los ángulos de Euler podrán calcular la angulación del movimiento mediante la diferencia de dichos ejes.

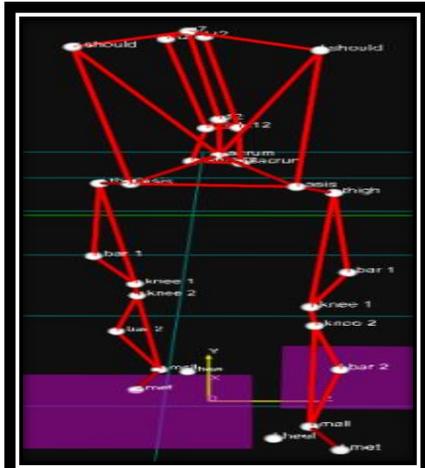


Figura 4. Sitios anatómicos considerados en el modelo Davis, modificado con puntos específicos en columna.
(Laboratorio Universitario de Biomecánica)

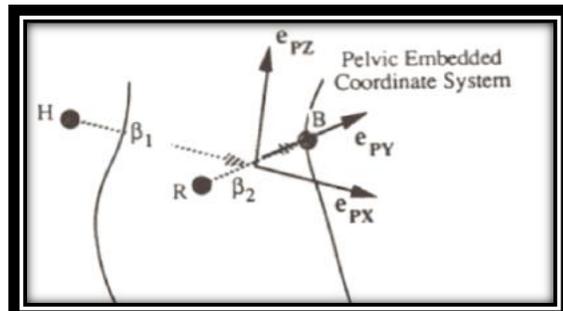


Figura 5. Sistema de coordenadas integradas de la zona de la pelvis con sus respectivos vectores y vector final.
R y B: espinas anterosuperiores.
H: sacro.
B₁ y B₂: vector Epy y Epx.
Epz: vector final.
(Davis, 1991)

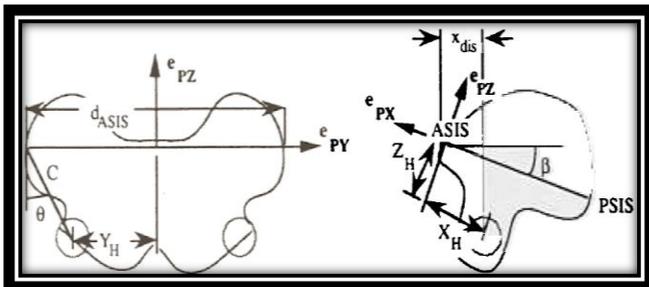


Fig. 6.- Algoritmo para el centro de la cadera.
(Davis, 1991)

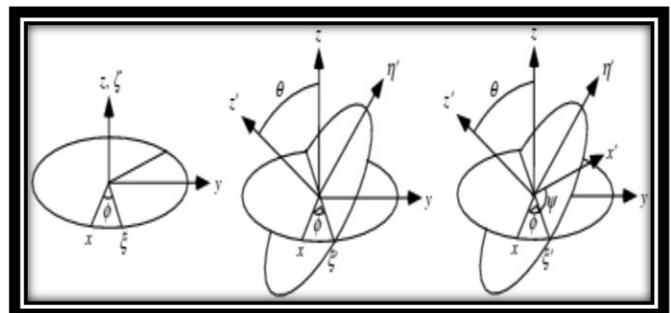


Fig. 7.- Ángulos de Euler.
(Gavilán, M. & Muñoz, J. 2006)

2.3.3.- Intervención del miembro superior en la marcha:

En la marcha normal se ha demostrado que el balanceo recíproco de las extremidades superiores es un proceso activo, sugiriendo que los brazos no se mueven como un simple péndulo, sino que son manejados o guiados por activación muscular del hombro (34), indicando un gasto energético metabólico durante el proceso (35). Los músculos de los hombros se disparan incluso cuando el brazo está restringido durante la marcha, lo que sugiere que el control neural de la oscilación del brazo puede ser controlado por un generador de patrones locomotores (36).

Posteriormente se propuso un mecanismo de la marcha demostrando que la aceleración angular de los brazos era igual que la del tronco pero en dirección opuesta. Hinrichs proporcionó pruebas similares al correr, mostrando que el momento angular horizontal del cuerpo superior e inferior es de igual magnitud y en dirección opuesta, dando como resultado un momento angular neto cercano a cero para todo el cuerpo, ayudando a incrementar la estabilidad, mejorar el equilibrio y reducir el gasto energético (36).

Finalmente, se mostró que el momento angular neto en todos los ejes se mantiene notablemente cerca de cero durante la marcha, y se proporcionó evidencia adicional respecto a los momentos del brazo sirven para cancelar momentos de los miembros inferiores sobre los ejes verticales del cuerpo (37).

Las alteraciones mecánicas en la marcha debido a una alteración en el balanceo se caracterizan por una disminución de la velocidad y por un incremento en la actividad muscular de la extremidad inferior como compensación para el mantenimiento del equilibrio. Esto se genera debido a la mala función de la extremidad superior, la cual altera la activación muscular de la extremidad inferior, traduciéndose en una disminución de la fase de oscilación y por consiguiente, un aumento en la fase de apoyo bipodal (38).

Un gran número de efectos acerca de la importancia del movimiento de pendulación del miembro superior han sido hipotetizados y descritos, sin embargo, debido a que han sido

propuestos en distintos estudios es difícil crear una comparación de sus méritos relativos directamente. Múltiples efectos podrían ser comparados mediante modelos computacionales que evalúen la interacción dinámica entre el miembro superior con el resto del cuerpo (35), así como su repercusión en la marcha al no presentarse.

En las amputaciones unilaterales de brazo, se produce una postura asimétrica causada por el cambio de posición del centro de gravedad debido a la pérdida de peso por el miembro amputado. La asimetría muscular y la mala postura pueden revertirse añadiendo peso con una prótesis con la única condición de que se implemente lo más rápido posible en combinación con terapia física y ocupacional, lo que minimizaría efectos adversos a largo plazo como lo es la escoliosis (39).

En la marcha, se ha descrito que el momento vertical aumenta debido a la pérdida de pendulación del brazo amputado causando un movimiento excesivo de pendulación y de flexión de codo del miembro no amputado. En la articulación de rodilla, se produce una postura en varo de manera ipsilateral a la amputación, la cual aumenta durante la marcha, así como las fuerzas en el compartimiento medial de la articulación (42). La amputación de miembro superior conduce a patrones patológicos específicos de movimiento, existe escasa información sobre la influencia de éstos sobre las condiciones de carga total del sistema locomotor durante la marcha y la posición de pie (40).

Capítulo III

3.1.- Justificación:

La alteración en la cinemática de la marcha y la expresión clínica de ésta en caso de una desarticulación de hombro a través de una valoración clínica y su correspondiente análisis biomecánico, conformarán una herramienta eficaz que nos facilitará y hará más preciso encontrar las variables anormales para el diseño de planes de tratamientos fisioterapéuticos óptimos y dirigidos para tratar de normalizar los movimientos dentro de la misma, en este mismo tenor, los pacientes que cursan con esta situación redundan en el déficit de equilibrio, fuerza muscular y velocidad que repercuten en su desempeño funcional y psicosocial.

La elaboración de este tipo de estudios dinámicos permite describir las diferencias entre la normalidad y la anormalidad dentro del movimiento, actualmente existe muy poca evidencia sobre la repercusión biomecánica en caso de desarticulación de hombro en la marcha, así como de estudios que utilicen modelos computacionales que apoyen a realizar una evaluación eficaz que describa el movimiento de manera cuantitativa en este caso.

La evaluación cuantitativa de la marcha, basada en un modelo computacional, es una herramienta diagnóstica que nos permitirá detectar anomalías dentro de la misma como en el caso de una desarticulación de hombro. En conclusión, este tipo de investigaciones aportan gran validez científica en el ámbito fisioterapéutico por la capacidad de cuantificar el movimiento de forma dinámica.

3.2.- Objetivos:

3.2.1.- Objetivo general:

Analizar las variables espacio-temporales y angulares pre- y post- análisis cinemático de la marcha de paciente desarticulado de hombro, así como su evolución clínica.

3.2.2.- Objetivos específicos:

Identificar las variables angulares y espacio-temporales con diferencia significativa.

Capítulo IV

4.1.- Reporte de caso:

Paciente masculino de 58 años de edad, bibliotecario de profesión, con un peso de 64.5Kg y una talla de 1.65cm, realiza actividad física cada tercer día en bicicleta estática durante 10-15 min. Se realiza valoración fisioterapéutica inicial y análisis de la cinemática de la marcha en la Unidad de Biomecánica del INB el día 14 de septiembre del 2017. En la anamnesis el paciente refiere haber sido intervenido quirúrgicamente mediante desarticulación de hombro a la edad de 7 años, por quemadura de tercer grado, refiere también no haber asistido a rehabilitación hasta la edad de 52 años, lo anterior debido a dolor en rodilla de miembro inferior izquierdo (MII), por lo que le fue realizada una resonancia magnética y radiografía lateral. En la interpretación, se menciona: ruptura del ligamento colateral lateral, tendinitis del ligamento cruzado anterior y meniscopatía medial con rótula descendida. Fue tratado en el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE) durante el mes de octubre del 2011, con una duración de 20 sesiones, 3 veces por semana. El tratamiento comprendió: a) electroterapia, b) termoterapia, c) ultrasonido y d) láser.

4.2.- Metodología:

Estudio de caso clínico, tipo observacional descriptivo donde se realizó valoración fisioterapéutica y rehabilitatoria inicial (Tabla IV), intermedia (Tabla VI) y final (Tabla VIII) comprendida por una historia clínica utilizando la Escala Numérica Análoga (ENA), inspección, palpación, examen clínico muscular utilizando la Escala Daniel's, arcos de movimiento medidos con goniómetro, valoración postural y de la marcha mediante observación. Además, se realizaron dos análisis de la cinemática de la marcha a través del programa *SMART BTS capture*, *SMART BTS tracker* y *SMART BTS analyzer* en el Laboratorio Universitario de Biomecánica del Instituto de Neurobiología de la Universidad Nacional Autónoma de México campus Juriquilla (INB en adelante) antes y después de un tratamiento fisioterapéutico inicial (Tabla V) y final (Tabla VII) dosificado mediante evaluación clínica y análisis biomecánico comprendido por 30 sesiones para su comparación pre- y post- tratamiento y una base de datos de pacientes sanos. Respecto al proceso de estadística y comparación de los análisis cinemáticos, se realizaron dos tipos de evaluación: a) para variables espacio-temporales, y b) para variables angulares. Se utilizó el programa de estadística "Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)" para evaluar las siguientes variables espacio-temporales: Fase de apoyo, Fase de oscilación, Doble apoyo, Cadencia, Cadencia en promedio, Longitud de paso, Velocidad de apoyo, Velocidad de oscilación, Velocidad en promedio, Tiempo de ciclo, Tiempo de balanceo, Tiempo de apoyo y Tiempo de doble apoyo. Para dichas variables se realizaron los siguientes pasos: 1) Estadística descriptiva con la prueba de normalidad Shapiro-Wilk y 2) Pruebas de contraste de hipótesis con Wilcoxon. Para las variables angulares se utilizó la prueba paramétrica T-student representándose en dos gráficas: 1) Comparación de movimientos angulares y 2) Diferencia significativa entre primera y segunda evaluación.

Tabla IV. Valoración fisioterapéutica y rehabilitatoria inicial.

Valoración fisioterapéutica inicial		Valoración médico rehabilitador inicial	
Inspección	Cicatriz en zona glenoidea de MSD.	Inspección	Nistagmus horizontal y vertical; seguimiento visual y auditivo normal; simetría facial.
Palpación	Molestia en masa común y paravertebrales en zona lumbar bilateral, cuadrado lumbar izquierdo, piramidal bilateral, tuberosidad isquiática del lado derecho, así como en todo el recorrido de la musculatura isquiotibial y planta del pie del MII 5/10.	Palpación	Molestia en zona plantar e isquiotibiales de MII 3/10.
Arcos de movimiento	Rodilla: ext. -10(D), -5(I).	Arcos de movimiento	Activos completos.
Fuerza muscular	Cadera: flx. ext. -4(G), abd. add. rot. +3 (I) 4(D); Rodilla: flx. ext. -4(G); Tobillo: +3(G).	Fuerza muscular	Cadera: -4(G); Rodilla: ext. -4(D), 4(I). flx 3(D), -3(I); Tobillo: dorsi -3(D), 3(I).
Sensibilidad	Hipoestesia L1 a S2 de MII.	Sensibilidad	Hipoestesia L1 a S2 de MII.
Pruebas ortopédicas	Cajón anterior: -. Bostezos laterales: -. Mcmurray: -.	Pruebas ortopédicas	Cajón anterior: -. Bostezos laterales: -. Mcmurray: -.
Pruebas neurológicas de equilibrio y coordinación	Romberg: tandem -. Coordinación: supino rodilla-talón +. Bípodo rodilla-talón – debido a inestabilidad.	Pruebas neurológicas de equilibrio y coordinación	Romberg: tandem -. Intenta equilibrio unipodal con déficit de lado derecho (3´´). Logra marcha posterior.
Valoración postural	Rotación derecha de cuello, hombro izquierdo descendido, escoliosis con concavidad hacia la derecha, espina ilíaca antero-superior ascendida(I), valgo de rodillas y rotación externa de cadera con predominio del miembro derecho	Valoración postural	Lateralización Izquierda de cuello y derecha de tronco; escoliosis cervico-dorsal alta derecha y dorsal-lumbar izquierda.
Valoración cualitativa de la marcha	Claudicación hacia la derecha; fase de apoyo en medio pie, disminución de apoyo de primer orjejo;	Valoración cualitativa de la marcha	Lateropulsión alternante con predominio izquierdo; patrón claudicante y segador del MID; tendencia del

rotación externa de cadera (D).	tronco hacia la derecha y lateralización de cuello hacia la izquierda.
Fuerza muscular: derecho (D), izquierdo (I), general (G); flexión (flx), extensión (ext), abducción (abd), aducción (add), rotación (rot), dorsiflexión (dorsi).	
Miembro Inferior Izquierdo (MII), Miembro Inferior Derecho (MID), Miembro Superior Derecho (MSD).	

Es importante señalar que el tratamiento fisioterapéutico tuvo como objetivo el aumento de fuerza muscular de miembro inferior, fortalecimiento de la musculatura CORE (abdomen, cadera y espalda baja), tratamiento de escoliosis dorso-lumbar, reeducación de la marcha y entrenamiento de equilibrio, por lo cual se optaron por los siguientes ejercicios:

Tabla V. Tratamiento inicial.

Ejercicio	Dosificación	Material	Objetivo
Ejercicios isométricos de MII en abducción de cadera y flexión de rodilla.	5 X 15 seg.	Liga azul.	Estabilidad muscular en soporte a valoración postural.
Ejercicio general para miembros inferiores (MMII) con sentadilla en pared manteniendo una base de sustentación regular.	4 X 15.	Pelota amarilla.	Fortalecimiento muscular de MMII para equilibrio muscular.
Ejercicios para musculatura CORE. A) Abdomen: ejercicios Solja para transversos, oblicuos y fibras inferiores y superiores del recto abdominal. B) Espalda y glúteo: Pilates en decúbito prono.	4 X 10 respiraciones para ejercicios de transversos. 4 X 15 para demás ejercicios.	Pelota amarilla y banco.	Higiene de columna y fortalecimiento de cadena posterior.
Ejercicios Klapp para columna torácica T5-T7.	3 X 20 seg.	Pelota amarilla y banco de Neurodesarrollo.	Estiramiento para zona cóncava de columna por escoliosis.
Facilitación Neuromuscular Propioceptiva (FNP) en	2 X 20.	Colchoneta.	Reconocimiento del patrón de la marcha.

decúbito lateral para marcha.				
Entrenamiento de equilibrio y propiocepción en bípedo: estable- inestable, ojos abiertos-cerrados, bipodal-unipodal.	2 X 10.		Desestabilizadores y bosú.	Reconocimiento de la ubicación espacial de los segmentos corporales y estabilidad muscular.
Reeducación de la marcha con apoyo.	6 vueltas.		Barras paralelas.	Reconocimiento y ejecución del patrón de la marcha.
Estiramiento muscular para cuádriceps asistido en decúbito prono y flexores plantares en sedente.	2 X 20 seg.		Colchoneta y silla.	Estiramiento de cuádriceps debido a ascensión de rótula y planta del pie por fascitis.
Tratamiento fisioterapéutico inicial comprendido por: fortalecimiento muscular, higiene de columna, reeducación de la marcha y ejercicios de equilibrio estáticos.				

Tabla VI. Valoración fisioterapéutica intermedia a partir de la 15ta terapia.

Valoración fisioterapéutica intermedia.	
Observaciones	El paciente realizó ejercicios de equilibrio estático con mayor facilidad por lo cual se modificó el plan de tratamiento incluyendo ejercicios de equilibrio dinámico.

A partir de la valoración realizada en la décimo quinta terapia, se optó por modificar ejercicios de equilibrio estático a ejercicios de equilibrio dinámico.

Tabla VII. Tratamiento final a partir de la 15ta terapia.

Ejercicio	Dosificación	Material	Objetivo
Ejercicios isométricos de MII en abducción de cadera y flexión de rodilla.	5 X 15 seg.	Liga azul.	Estabilidad muscular en soporte a diagnóstico mediante RM y valoración postural.
Ejercicio general para miembros inferiores (MMII) con sentadilla en pared	4 X 15.	Pelota amarilla.	Fortalecimiento muscular de MMII para equilibrio muscular.

disminuyendo base de sustentación cada 5 repeticiones.			
Ejercicios para musculatura CORE. A) Abdomen: ejercicios Solja para transverso, oblicuos y fibras inferiores y superiores del recto abdominal. B) Espalda y glúteo: Pilates en decúbito prono.	4 X 10 respiraciones para ejercicios de transverso. 4 X 15 para demás ejercicios.	Pelota amarilla y banco.	Higiene de columna y fortalecimiento de cadena posterior.
Ejercicios Klapp para columna torácica T5-T7	3 X 20 seg.	Pelota amarilla y banco de Neurodesarrollo.	Estiramiento para zona cóncava de columna por escoliosis.
Facilitación Neuromuscular Propioceptiva (FNP) en decúbito lateral para marcha.	2 X 20.	Colchoneta.	Reconocimiento del patrón de la marcha.
Entrenamiento de equilibrio y propiocepción en bípedo dinámico con movimiento activo de MMSS anterior, lateral y posterior generando un paso en cada movimiento.	4 X 12.	Piso.	Reconocimiento de la ubicación espacial de los segmentos corporales y estabilidad muscular.
Entrenamiento de equilibrio y propiocepción en bípedo dinámico con movimiento activo de MMSS realizando desplantes.	4 x 12.	Desestabilizador TheraBand y barra sueca.	Reconocimiento de la ubicación espacial de los segmentos corporales y estabilidad muscular.
Reeducación de la marcha con apoyo.	6 vueltas.	Barras paralelas.	Reconocimiento y ejecución del patrón de la marcha.
Reeducación de la marcha enfatizando en el patrón cruzado y realizando movimiento activo de MMSS con rotación de columna.	4 vueltas.	Piso.	Reconocimiento y ejecución del patrón cruzado de la marcha, además de entrenamiento de equilibrio dinámico en marcha.

Reeducación de la marcha realizando resistencia a la rotación pélvica.	4 vueltas.	Barras paralelas.	Reconocimiento y ejecución del patrón de la marcha enfatizando en rotación pélvica.
Estiramiento muscular para cuádriceps asistido en decúbito prono y flexores plantares en sedente.	2 X 20 seg.	Colchoneta y silla.	Estiramiento de cuádriceps debido a ascensión de rótula y planta del pie por fascitis.
Tratamiento fisioterapéutico final comprendido por: fortalecimiento muscular, higiene de columna, reeducación de la marcha y ejercicios de equilibrio dinámicos.			

4.3.- Implicaciones éticas:

Según la **Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial** en materia de investigación en seres humanos se debe promover y velar por la salud, dignidad, integridad, derecho de autodeterminación, intimidad, y confidencialidad de la información. Por ello, el paciente firmó voluntariamente el término de Consentimiento Informado apegándose a los principios bioéticos establecidos para la investigación médica en seres humanos de la declaración de Helsinki, respetando cada punto y prestando atención a aquellos relacionados con la investigación y atención médica simultánea (anexo 1).

De acuerdo a la **Ley General de Salud** el artículo 17 menciona que se considera como riesgo en la investigación a la probabilidad de que el sujeto de investigación sufra algún daño como consecuencia inmediata o tardía al estudio. Por consiguiente, este estudio se clasifica como investigación con mínimo riesgo para el participante por la realización de procedimientos con exámenes físicos.

Capítulo V

5.1.- Resultados:

Posterior al tratamiento compuesto por 30 sesiones, se llevó a cabo una valoración fisioterapéutica final y una valoración del médico rehabilitador final (Tabla VIII).

Tabla VIII. Valoración fisioterapéutica y rehabilitatoria final.

Valoración fisioterapéutica final		Valoración médico rehabilitador final	
Inspección	Cicatriz en zona glenoidea de MSD.	Inspección	Nistagmus horizontal y vertical; seguimiento visual y auditivo normal; simetría facial.
Palpación	Molestia en tuberosidad isquiática del lado derecho 2/10.	Palpación	Espasmo en trapecio con predominio izquierdo, así como paravertebrales dorsales.
Arcos de movimiento	Rodilla: ext. -10(I), -5(I).	Arcos de movimiento	Activos completos.
Fuerza muscular	Cadera: flx. ext. 4(G), abd. add. rot. 4(G); Rodilla: flx. ext. 4(G); Tobillo: 4(G).	Fuerza muscular	Cadera: 4(G); Rodilla: ext. 4. flx -4; Tobillo: dorsi -4(D), 4(I).
Sensibilidad	Hipoestesia L1 a S2 de MII.	Sensibilidad	Hipoestesia L1 a S2 de MII.
Pruebas ortopédicas	Cajón anterior: -. Bostezos laterales: -. Mcmurray: -.	Pruebas ortopédicas	Cajón anterior: -. Bostezos laterales: -. Mcmurray: -.
Pruebas neurológicas de equilibrio y coordinación	Romberg: tandem -. Coordinación: supino rodilla-talón +. Bípodo rodilla-talón – debido a inestabilidad.	Pruebas neurológicas de equilibrio y coordinación	Romberg: tandem -. Intenta equilibrio unipodal con déficit de lado derecho (2´´). Logra marcha posterior.
Valoración postural	Rotación derecha de cuello, hombro izquierdo descendido, escoliosis con concavidad hacia la derecha, espina ilíaca antero-superior ascendida (I), valgo de rodillas y rotación externa de cadera con predominancia del miembro derecho	Valoración postural	Lateralización Izquierda de cuello y derecha de tronco; escoliosis cervico-dorsal alta derecha y dorsal-lumbar izquierda;
Valoración cualitativa de la marcha	Claudicación hacia la derecha; fase de apoyo en medio pie, disminución de apoyo de primer orjejo;	Valoración cualitativa de la marcha	Lateropulsión alternante con predominio izquierdo; patrón claudicante y segador

rotación externa de cadera (D).	del MID; tendencia del tronco hacia la derecha y lateralización de cuello hacia la izquierda.
Fuerza muscular: derecho (D), izquierdo (I), general (G); flexión (flx), extensión (ext), abducción (abd), aducción (add), rotación (rot), dorsiflexión (dorsi).	
Miembro Inferior Izquierdo (MII), Miembro Inferior Derecho (MID), Miembro Superior Derecho (MSD).	

Los resultados de la prueba Shapiro-Wilk indicaron realizar pruebas no paramétricas. Una vez elegido la opción de pruebas no paramétricas se utilizó la prueba de Wilcoxon para determinar la igualdad entre variables. En dicha prueba la resultante tendrá dos significados dependiendo del valor de “p”: a) Si $p \leq .05$, las variables evaluadas no tendrán diferencia significativa, es decir, no presentaron cambios significativos entre la primera y la segunda evaluación, b) Si $p \geq .05$, las variables presentan diferencia significativa, teniendo cambios significativos entre la primera y segunda evaluación. En la tabla IV se mencionan las variables evaluadas:

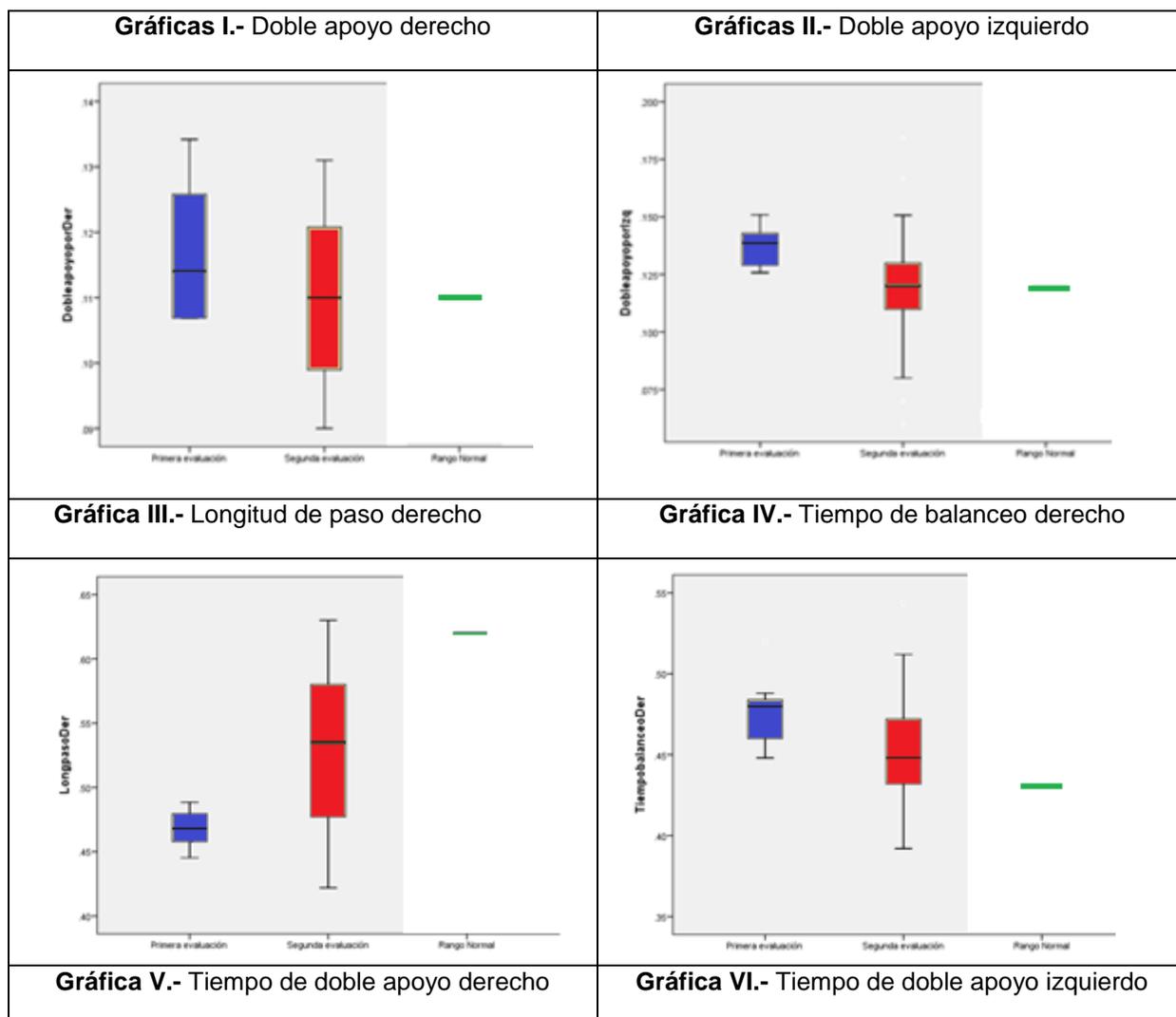
Tabla IX.- Variables espacio-temporales.

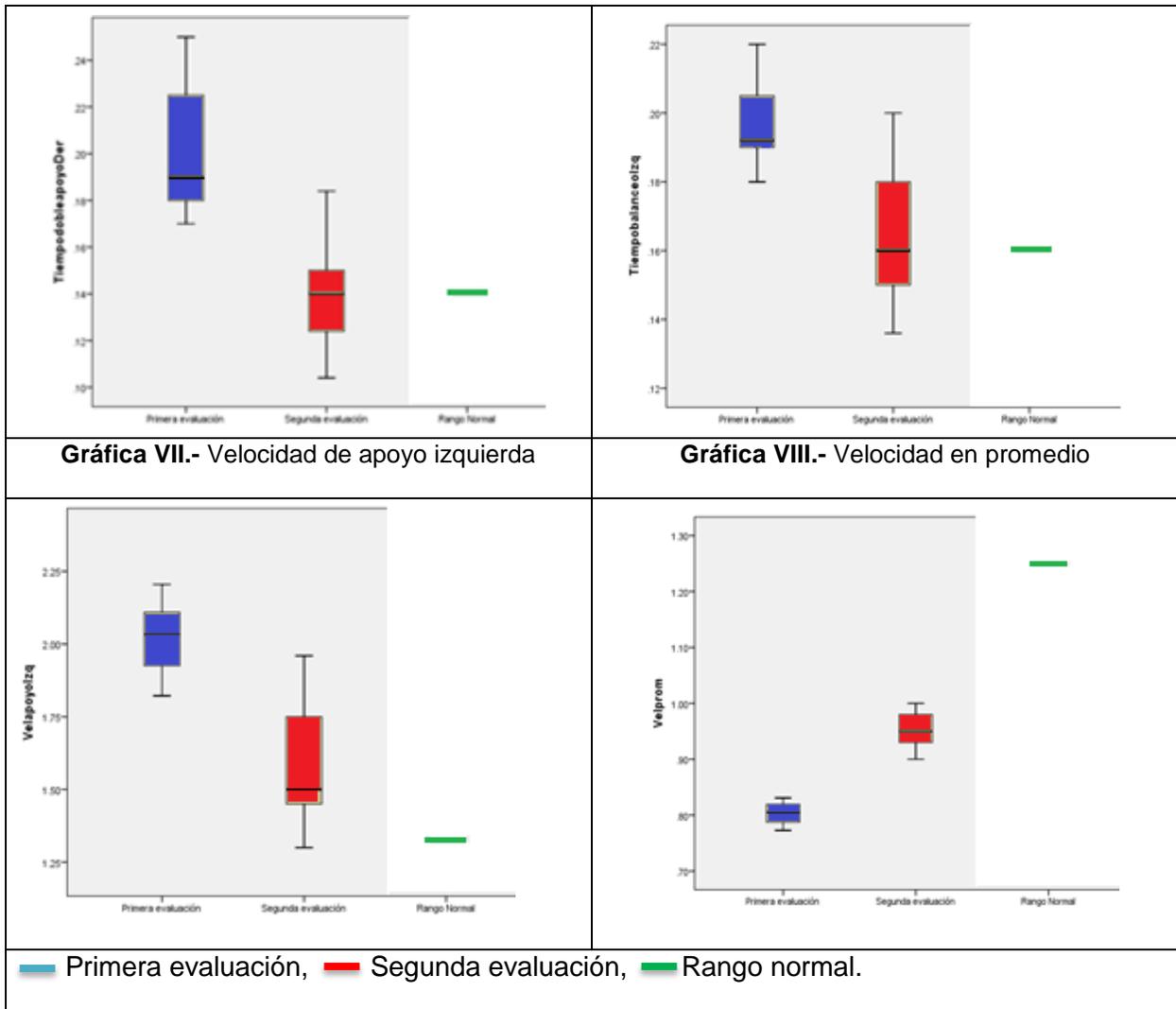
Variable espacio-temporal	Significancia para la prueba Wilcoxon $p \geq .05$	Variable espacio-temporal	Significancia para la prueba Wilcoxon $p \geq .05$
Fase de apoyo	.018	Velocidad de apoyo derecha	.028
Fase de oscilación	.018	*Velocidad de apoyo Izquierda (Gráfica VII)	.063
*Doble apoyo (Gráfica I, II)	.345	Velocidad de oscilación	.018
Cadencia Derecha	.045	*Velocidad en promedio (Gráfica VIII)	1.00
Cadencia Izquierda	.034	Tiempo de ciclo Derecha	.042
Cadencia	.046	Tiempo de ciclo Izquierda	.028
*Longitud de paso Derecha (Gráfica III)	.657	Tiempo de apoyo Derecha	.018

Longitud de paso Izquierda	.003	Tiempo de apoyo Izquierda	.033
*Tiempo de balanceo Derecha (Gráfica IV)	.734	Tiempo de balanceo Izquierda	.018
*Tiempo de doble apoyo Derecha (Gráfica V)	.271	*Tiempo de doble apoyo Izquierda (Gráfica VI)	.735

*Diferencia significativa ($p \geq .05$) con prueba Wilcoxon para contraste de hipótesis

Tabla X.- Gráficas de variables espacio-temporales con diferencia significativa.



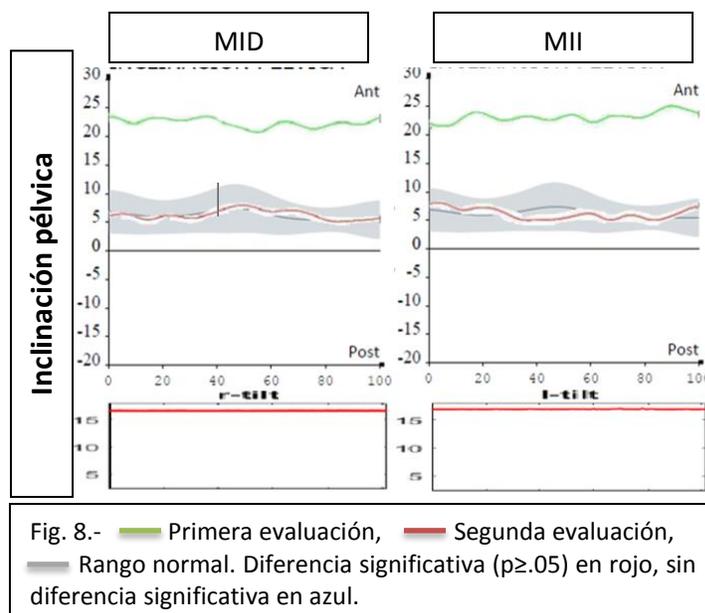


Para las variables angulares, se recolectaron los datos de la primera y segunda evaluación de los movimientos de cada articulación evaluada. Los movimientos evaluados por articulación fueron los siguientes: a) Pelvis: basculación, rotación, inclinación; b) Cadera: flexión-extensión, abducción-aducción; c) Rodilla: flexión-extensión, rotación; d) Tobillo: dorsi-plantiflexión, inversión-eversión.

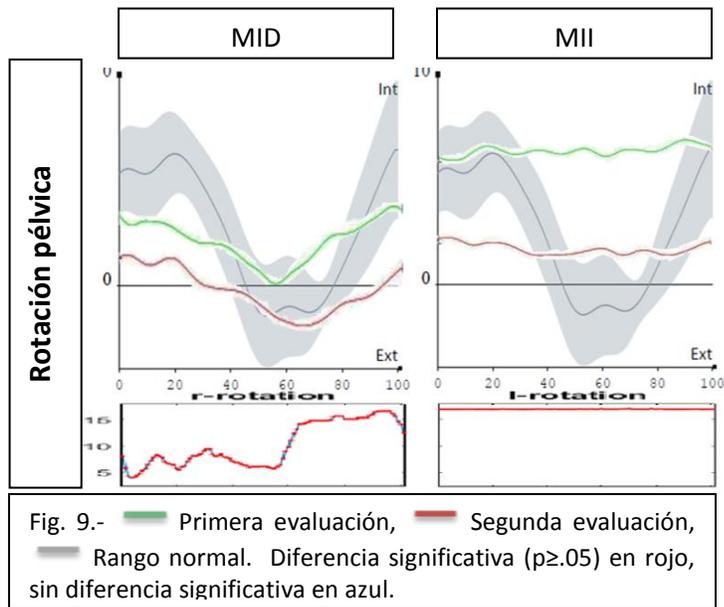
Los datos de los movimientos son tomados por cada porcentaje del ciclo de la marcha y se comparan mediante dos gráficas, superior e inferior. La gráfica superior muestra la angulación del movimiento, en el cuál se compara la primera y la segunda evaluación dividido en MID y MII respecto al rango normal; la gráfica inferior representará la

significancia estadística donde se realizó la prueba Wilcoxon para determinar diferencia significativa observando zonas de color rojo, teniendo diferencia significativa, y zonas de color azul, los cuáles no presentan diferencia significativa.

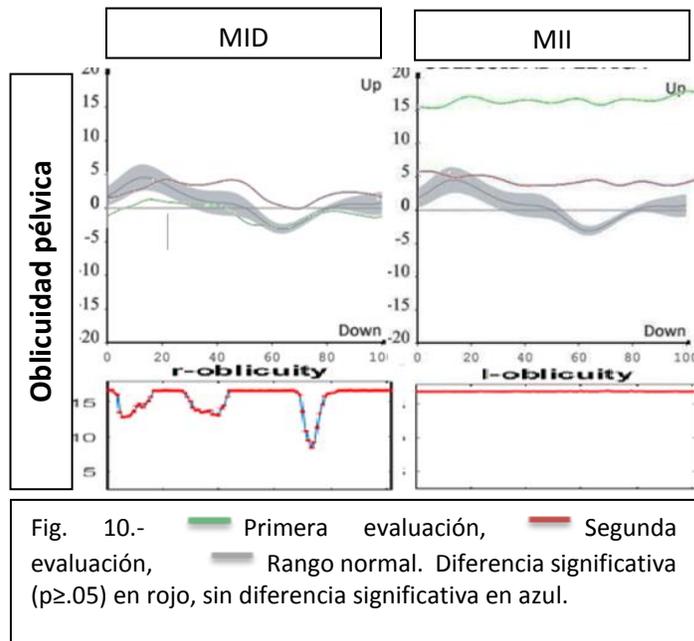
En la *figura 8* se muestra la inclinación pélvica derecha e izquierda en ángulos normalizados al ciclo de la marcha. En las gráficas superiores los valores positivos corresponderán a un movimiento de anterversión y los valores negativos a un movimiento de retroversión. Se observa que a lo largo de todo el ciclo de la marcha (0/100%) se presenta una diferencia significativa entre la primera y segunda evaluación en ambos miembros inferiores.



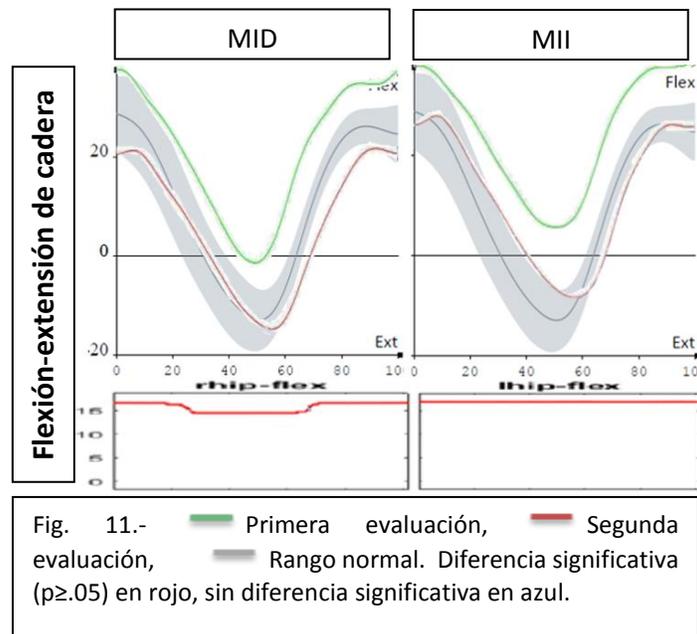
En la *figura 9* se muestra la rotación pélvica derecha e izquierda en ángulos normalizados al ciclo de la marcha, en este movimiento se examinará: a) Rotación pélvica hacia la derecha al momento del paso con el MII, y b) Rotación pélvica hacia la izquierda con el MID. Se observa una diferencia significativa con predominancia hacia la rotación derecha efectuada por el MII donde la significancia perdura durante todo el ciclo de la marcha, comparado con la rotación hacia la izquierda efectuada por el MID donde la significancia perduró más en la fase de oscilación.



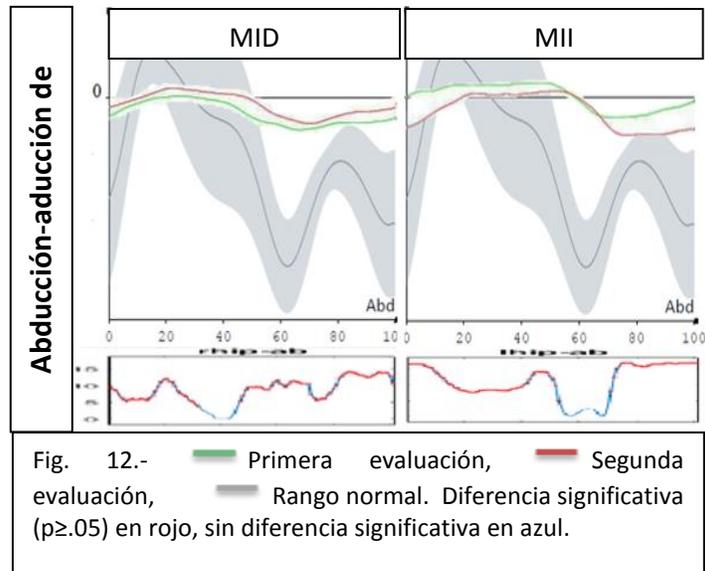
En la *figura 10* se muestra la oblicuidad pélvica derecha e izquierda en ángulos normalizados al ciclo de la marcha. En las gráficas observamos diferencia significativa con predominio en el MII en todo el ciclo de la marcha, comparado con el MID el cuál presenta mayor significancia en los porcentajes 20, 40/60 y 80/100% del ciclo.



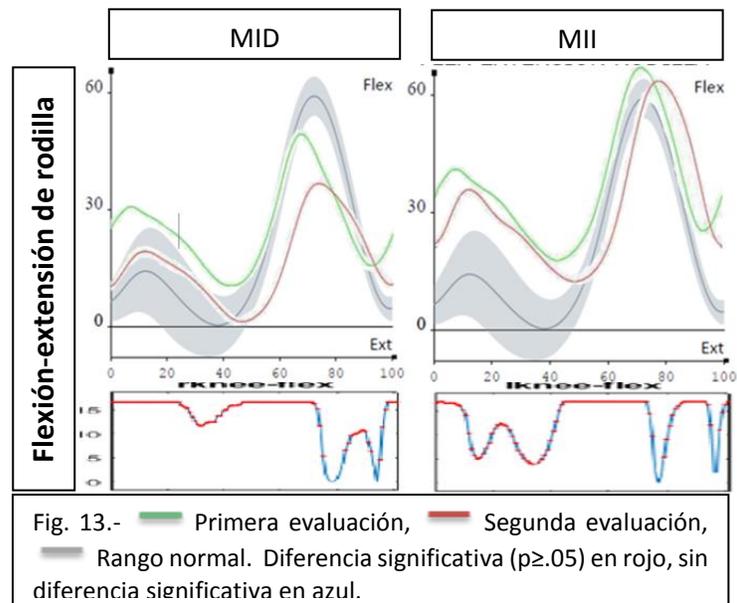
En la *figura 11* se muestran la flexión-extensión de cadera derecha e izquierda en ángulos normalizados al ciclo de la marcha. En la gráfica superior los valores positivos corresponderán a flexión de cadera y los valores negativos a la extensión. Se observa una diferencia significativa con predominancia en el MII que perdura durante todo el ciclo de la marcha, a diferencia del MID donde su significancia es mayor en los porcentajes 0/20 y 70/100% del ciclo.



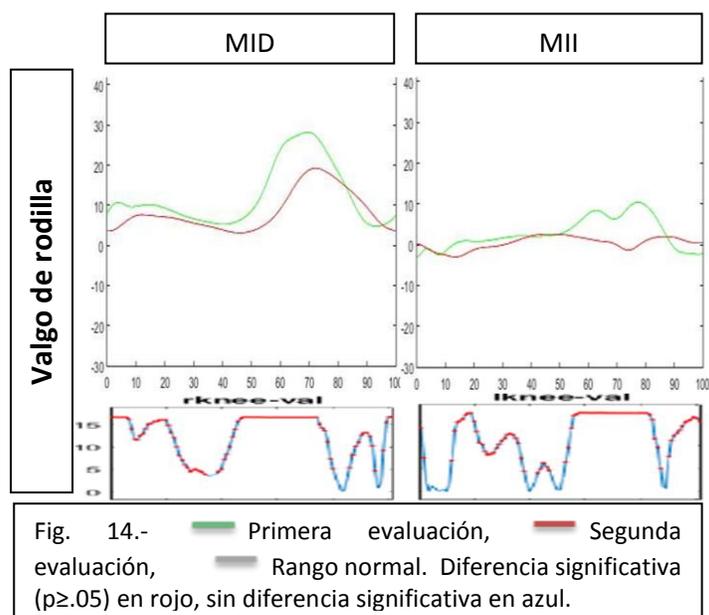
En la *figura 12* se muestra la abducción-aducción de cadera derecha e izquierda en ángulos normalizados al ciclo de la marcha. En la gráfica superior los valores positivos corresponderán a abducción y los valores negativos a aducción. Se observa que el MII presenta mayor diferencia significativa sobre todo en fase de oscilación entre el 70/100%, mientras que en el MID se presentan más picos en las que no existe diferencia significativa.



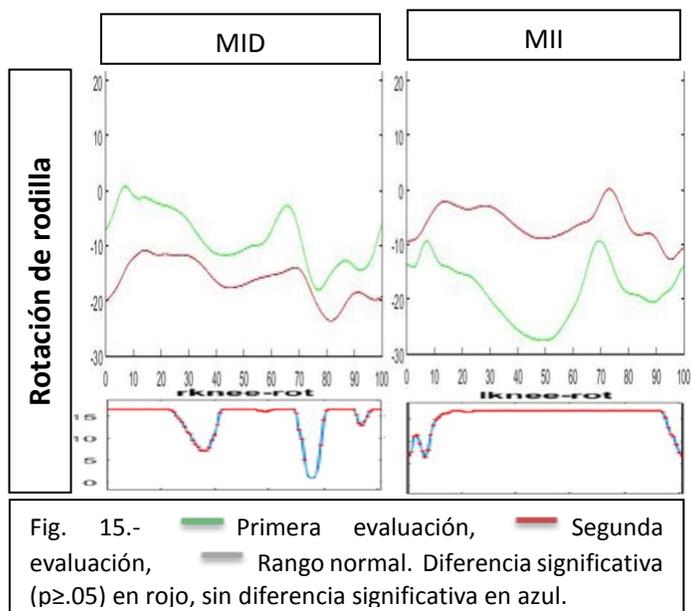
En la *figura 13* se muestra la flexión-extensión de rodilla derecha e izquierda en ángulos normalizados al ciclo de la marcha. En la gráfica superior los valores positivos representarán a la flexión, mientras que los valores negativos representarán a la extensión. Se observa que el MID presentó mayor diferencia significativa sobre todo en los porcentajes 0/20 y 40/70%, mientras que en el MII presentó diferencia significativa entre el 40/70% únicamente.



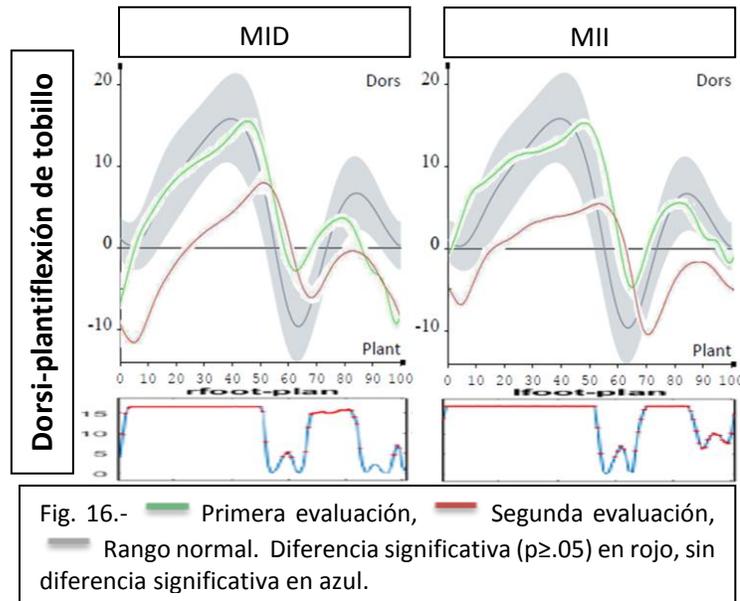
En la *figura 14* se muestran las gráficas correspondientes a valgo de rodilla. Los valores positivos corresponderán a valgo y los valores negativos corresponderán a varo. Se observa una diferencia significativa a finales de la fase de apoyo e inicios de la fase de oscilación; además, el MID presenta una posición aumentado en valgo comparado con el MII entre la primera y segunda evaluación.



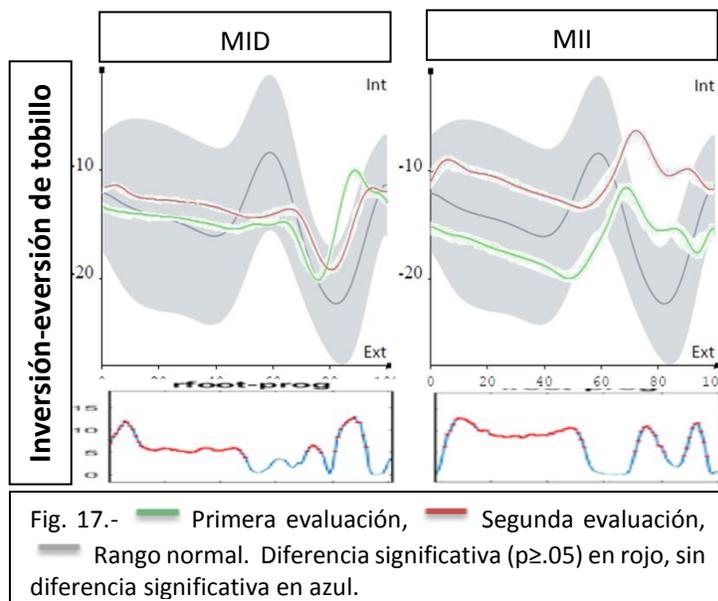
En la *figura 15* se muestran las gráficas correspondientes a rotación de rodilla. Se observa una diferencia significativa con predominancia en el MII entre los porcentajes 20/90%, mientras que en el MID presentó significancia entre los porcentajes 0/20, 40/70 y 80/90%.



En la *figura 16* se muestra la dorsiflexión y plantiflexión de tobillo derecha e izquierda en ángulos normalizados al ciclo de la marcha. Los valores positivos corresponderán al movimiento de plantiflexión y los valores negativos a dorsiflexión. Se observa una diferencia significativa muy similar en ambos miembros presentando significancia en los porcentajes 0/50 y 70/80%.



En la *figura 17* se muestran las gráficas correspondientes para inversión- eversión de tobillo. En la gráfica superior los valores positivos corresponderán al movimiento de inversión de tobillo y los valores negativos a la eversión. Se observa que se presentó una diferencia significativa en ambos miembros únicamente en los porcentajes 10/50%.



5.2.- Discusión:

Las alteraciones de la marcha se pueden producir por factores tanto intrínsecos como extrínsecos, como lo expresa Mendoza et al (24); estas alteraciones dan como resultado una disminución en la velocidad, inestabilidad, cambios en variables espacio-temporales y modificación en la sincronía de extremidades superiores e inferiores. En una desarticulación de hombro estas alteraciones se evidencian debido a la pérdida del miembro, Bertels et al (40) proponen la importancia del uso de prótesis con movimiento libre de péndulo para que junto con la rehabilitación se trate de normalizar las alteraciones que se presentan en la marcha.

En este trabajo, se demuestra la importancia del ejercicio terapéutico planificado mediante evaluación clínica y análisis cinemático de la marcha en la reeducación y entrenamiento de la misma; encontrándose una normalización predominante en la articulación pélvica, un aumento de la velocidad y una mejora en el equilibrio. Es importante mencionar que en este caso, se trabajó el entrenamiento de la marcha sin el uso de prótesis, por lo que se propone la combinación del tratamiento rehabilitatorio con el uso de prótesis con movimiento libre de péndulo, dado que muy probablemente se observarían resultados aún más significativos respecto a la recuperación funcional y esquema corporal. En el caso de una amputación, el objetivo del entrenamiento de la marcha será crear comodidad del miembro residual, mejorar la deambulación y reducir los movimientos compensatorios que con el tiempo pueden ser perjudiciales para el individuo. Baker et al (44) y Donker et al (45,46) proponen que la calidad de la marcha y su velocidad son medidas importantes en la recuperación de la marcha en ésta población, planteando que la velocidad está relacionada en la realización de movimientos rítmicos y coordinados.

En este trabajo, se encontró diferencia significativa en el porcentaje y tiempo de la variable doble apoyo, los cuáles repercutieron en la normalización de la velocidad en promedio siendo ésta la variable espacio-temporal con mayor diferencia significativa, así como la reducción en los movimientos compensatorios.

En las valoraciones posturales del paciente se encontró asimetría muscular en columna dando como resultado escoliosis dorso-lumbar, de acuerdo a Greitmann, GÜth y Baumgartner (39) ésta se puede presentar en las amputaciones unilaterales de hombro como un efecto secundario al no realizar terapia física y omitir el uso de prótesis. Baliunas et al (43) realizaron un estudio en personas con osteoartritis de rodilla reportando que en la marcha se producía hasta 2.5 veces más carga articular en el compartimento medial; Bertels et al (40) concluyeron que en la marcha la desarticulación de hombro sin prótesis se produce de igual manera carga en el compartimento medial, así como un aumento de movimiento articular en la flexo-extensión de manera ipsilateral. En este caso se encontró una postura de rodilla en valgo ipsilateral con aumento angular en la flexo-extensión de manera contralateral. Los resultados dentro de las variables angulares en este estudio indican que la articulación con mayor diferencia significativa en ambos miembros fue la pelvis.

Las limitaciones presentes en este estudio, es el número de muestra dados los escasos estudios que involucran el análisis de la cinemática de la marcha en el caso de la desarticulación de hombro y la repercusión de la amputación de miembro superior a cualquier nivel dentro de la misma. La relevancia de este estudio reside en el uso de un modelo computacional que aporte valores cuantitativos para estudiar la marcha en una amputación de miembro superior con las características mencionadas y la evolución del paciente.

En cuanto al aspecto clínico, el programa terapéutico contribuyó a la disminución del dolor en la zona lumbar, a una mejora en la postura a nivel cervical, un aumento de fuerza muscular en los MMII y una mejora en el equilibrio, con ello una mejora en la marcha repercutiendo a un aumento de la calidad de vida. Se recomienda incrementar el número de terapias con el fin lograr una mejoría clínica más evidente y por ende, aproximarse en la normalización de las variables espaciales y angulares posibles.

5.3.- Conclusión:

Los resultados en este estudio demuestran una mejoría cuantitativa evidente respecto al análisis de las variables espacio-temporales y angulares de la marcha del paciente desarticulado de hombro, respaldando además, los beneficios del ejercicio terapéutico para la reeducación de la misma. El aumento de la variable espacio-temporal de velocidad en promedio demuestra la realización de movimientos coordinados y rítmicos, además de un mayor acoplamiento del MSD con el MII, lo cuál produce un menor gasto energético. El plan de tratamiento fisioterapéutico sugerido, permitió en su conjunto el fortalecimiento muscular de MMII, fortalecimiento de cadena posterior y musculatura abdominal, de igual manera se observó que el considerar los ejercicios Klapp para escoliosis, técnicas para reconocimiento de las fases de la marcha y ejercicios de equilibrio estáticos y dinámicos, coadyuvaron en la normalización de la marcha del paciente en la velocidad y los movimientos angulares de la pelvis.

Dentro de las limitaciones del estudio se evidencia un estudio de caso, por lo tanto, resulta conveniente proponer el seguimiento del estudio de la marcha en este tipo de amputación para tratar de describir los posibles patrones patológicos o compensatorios que presentan durante la marcha. Los resultados obtenidos serán útiles para los profesionales de la salud como fisioterapeutas, ortopedistas, médicos en rehabilitación y deporte, debido a la información cuantitativa obtenida que aporta el análisis biomecánico, para identificar patrones patológicos o movimientos compensatorios de la marcha, y de esta manera crear planes de tratamiento específicos y/o puntuales.

Referencias.-

1. Adler S, et al. La Facilitación Neuromuscular Propioceptiva en la práctica. Madrid: Panamericana. 2012. (2)
2. Baker, R., et al. Gait analysis: clinical facts. European journal of physical and rehabilitation medicine. 2016; 560-74. (44)
3. Barouti H., Agnello M., Volckmann P. Amputación de miembro superior. Elsevier París: 2011; 26-269-A-10, 1-11. (25)
4. Baliunas A., et al. Increased knee joint loads during walking are present in subjects with knee osteoarthritis. Osteoarthritis cartilage 2002; 10: 573-579. (43)
5. Bertels T., Schmalz T. and Ludwigs E. Biomechanical influences of shoulder disarticulation prosthesis during standing and level walking. Prosthetics and Orthotics International; 2012, 165–172. (40)
6. Bulwer, E. Three – dimensional gait analysis. (32)
7. Chen A., et al. Cortical motor activity and reorganization following upper-limb amputation and subsequent targeted reinnervation. NeuroImage: Clinical 3. 2013; 498–506. (19)
8. Cifuentes, et al. Análisis teórico y computacional de la marcha normal y patológica: una revisión; Rev. Fac. Med. Vol. 18 No. 2; 2010. (30)
9. Collins S., et al. Dynamic arm swinging in human walking. Proc. R. Soc. B; 2009. (35)
10. Davis, R., et al. A gait analysis data collection and reduction technique. Human Movement Science 10, 575-587; 1991. (31)
11. Department of Veterans Affairs, Department of Defense. “VA/DoD clinical practice guideline for rehabilitation of lower limb amputation”. Washington, DC; 2014. (27)
12. Donker, S., et al. Coordination Between arm and leg movements during locomotion. J Mot Behav; 2001. (45)
13. Donker, S., et al. Effects of velocity and limb loading on the coordination between limb movements during walking. J Mot Behav; 2005. (46)
14. Dijkstra P., et al. Phantom pain and risk factors: a multivariate analysis. J Pain Symptom Manage. 2006; 32:103. (21)
15. Elftman, H. The function of the arms in walking. Human Biol. 1939; 11: 529–535. (34)

16. Farro L., et al. Características clínicas y demográficas del paciente amputado. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Rev Med Hered; 23; 2012. (16)
17. Garzón D, et al. Sobre la aparición de la biomecánica y la mecanobiología computacional: experimentos computacionales y recientes hallazgos. Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas. 2009; 28(3):83-101. (9)
18. Gavilán, M. & Muñoz, J. Simulación por dinámica molecular del movimiento de un trompo pesado. Revista Colombiana de Física. Vol:38, No.1; 2006. (47)
19. Greitmann B., Güth V., Baumgartner R. Asymmetry of posture and truncal musculature following unilateral arm amputation - a clinical, electromyographic, posture analytical and photogrammetric study. Z Orthop Ihre Grenzgeb. 1996; 134(6):498-510. (39)
20. Herr H. and Popovic M. Angular momentum in human walking; Journal of Experimental Biology; 2008, 467-481. (37)
21. Hoppenfeld S. Exploración física de la columna vertebral y las extremidades. Manual Moderno; 1979. (4)
22. Jain M., Robinson M. Upper Limb Amputation. Minist. Def; 2008. (24)
23. Jennifer, E., et al. Targeted muscle reinnervation in the initial management of traumatic upper extremity amputation injury. HAND; 2014; 9:253–257. (20)
24. Kapandji A. Fisiología Articular. Madrid: Medica Panamericana; 2008. (10)
25. Kendall F, et al. Músculos: pruebas funcionales, postura y dolor. España: Marbán; 2007. (6)
26. Levin M, et al. El pie diabético. España: Elsevier; 2008. (12)
27. Martín B., Pancorbo M. Amputación. En Cuidados avanzados en enfermería traumatológica (174-195). España: DAE-Paradigma; 2011. (17)
28. Mendioroz M. Importancia del miembro superior en la marcha de pacientes hemiparésicos (trabajo de fin de grado); Universidad Pública de Navarra, Navarra, España; 2017. (38)
29. Mendoza, et al. Marcha: descripción, métodos, herramientas de evaluación y parámetros de normalidad reportados en la literatura. CES Movimiento y Salud Vol. 1; 2013. (28)
30. Mendoza O., Gonzáles A. Cirugía Radical del aparato locomotor. En Cirugía II: cirugía ortopédica y traumatología. Lima: UNMSM; 2000. (14)
31. Miralles R, Puig M. Biomecánica clínica del aparato locomotor. Barcelona: MASSON; 1998. (1)

32. Nordin M, Frankel V. Biomecánica básica del sistema musculoesquelético. Madrid: Mc Graw Hill; 2001. (8)
33. Osorio L. Módulo de amputados. El portal de la salud; 2009. (13)
34. Ospina J. & Serrano F. El paciente amputado: complicaciones en su proceso de rehabilitación. Rev. Cienc. Salud. Bogotá. 2009; 36-46. (22)
35. Pontzer H., et al. Control and Function of arm swing in human walking and running. Journal of Experimental Biology; 2008, 523-534. (36)
36. Porrero J. & Hurlé J. Anatomía Humana. España: Mc Graw Hill; 2005. (5)
37. Ramos R. & Baryolo A. Rehabilitación del amputado del miembro inferior. Medicina de rehabilitación cubana. Cuba: 2005. (23)
38. Rosner B. Fundamentals of Bioestistics seventh edition. Boston: Cengage Learning; 2010. (41)
39. Rouvière H. & Delmas A. Anatomía de tronco y extremidades. In Anatomía Humana descriptiva, topográfica y funcional. Barcelona, España: MASSON; 2005. (3)
40. Shapiro, S. & Wilk, M. An analysis of variance test for normality (complete samples), Biometrika, Volume 52, Issue 3-4, 1 December 1965, Pages 591–611. (42)
41. Stengele F. Biomecánica de la marcha humana. En “Diseño y construcción de prototipo neumático de prótesis de pierna humana” (37-46). Puebla: Departamento de Computación, Electrónica y Mecatrónica, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Universidad de las Américas; 2008. (29)
42. Suárez N. & Osorio A. Biomecánica del hombro y bases fisiológicas de los ejercicios de Codman. Rev CES Med. 2013; 27(2):205-217. (11)
43. Steven A. & Morad A. Upper Extremity Amputations and Prosthetics. Seminars in plastic surgery Vol. 9. 2015. (28)
44. Vázquez Vela, E. Los amputados y su rehabilitación. Un reto para el estado. México: Academia Nacional de Medicina de México (ANMM); 2016. (15)
45. Department of Veterans Affairs, Department of Defense. VA/DoD clinical practice guideline for rehabilitation of lower limb amputation. Washington, DC; 2014. (27)
46. Whittle M. Gait analysis an introduction. Elsevier: Butterworth Heinemann; 2007. (32)
47. Wilson J, et al. Física. México: Pearson; 2007. (7)
48. Wheaton, L. Neurorehabilitation in upper limb amputation: understanding how neurophysiological changes can affect functional rehabilitation. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. 2017;14:41. (18)

49. Villanueva, I. Cómo redactar un caso clínico. Acta Ortopédica Mexicana; 2009.
50. Hernández, D. & Fonseca, A. Recomendaciones para redactar, diseñar y estructurar una publicación de caso clínico. Revista de especialidades Médico-Quirúrgicas; 2014.

Anexo 1: Consentimiento informado.



INSTITUTO DE NEUROBIOLOGÍA CAMPUS JURIQUILLA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO CONSENTIMIENTO INFORMADO

A usted se le invita cordialmente a ser parte de un programa de investigación para el área de fisioterapia titulado “ANÁLISIS CINEMÁTICO PRE Y POST DE VARIABLES ESPACIO-TEMPORALES Y ANGULARES DE LA MARCHA DE PACIENTE DESARTICULADO DE HOMBRO CON TRATAMIENTO FISIOTERAPÉUTICO. REPORTE DE CASO.” que se realizará en las instalaciones del Instituto de Neurobiología de la UNAM campus Juriquilla en la Unidad de Biomecánica y Neurodesarrollo del 14 de Septiembre del 2017 al 09 de Enero del 2018. El estudio tiene como finalidad describir la cinemática de la marcha en paciente desarticulado de hombro, diferenciando un análisis cinemático inicial y un análisis cinemático final después de un periodo de tratamiento fisioterapéutico. Se realizarán valoraciones e intervenciones no invasivas en las que la información obtenida será totalmente confidencial y utilizada para fines académicos y científicos.

YO _____ he leído la información proporcionada en cuanto al consentimiento.

Firmado consiento que:

- 1.- He tenido la oportunidad de hacer las preguntas sobre el estudio, la valoración y el tratamiento de forma comprensible.
- 2.- Entiendo y consiento en ser evaluado y tratado para fines de investigación académica y científica.
- 3.-Entiendo que al ser paciente de un estudio de investigación tendré que cumplir con la fecha establecida por el programa.
- 4.- Declaro haber facilitado de manera leal y verdadera los datos sobre estado físico y salud de mi persona que pudiera afectar a las pruebas y tratamientos que se me van a realizar.
- 5.- Entiendo y acepto no llevar otro tipo de terapia física que no esté dentro del estudio en el tiempo en que se esté realizando
- 6.- Autorizo la realización y publicación de fotos y videos de las valoraciones y tratamientos llevados para fines académicos y científicos.

NOMBRE Y FIRMA DEL PACIENTE

Anexo 2:

Historia clínica de Fisioterapia

Fecha: _____

1. Ficha de identificación:

Nombre:

Edad:

Sexo:

Fecha de nacimiento:

Estado civil:

Domicilio:

Celular:

Ocupación:

Correo electrónico:

2. Antecedentes familiares:

	Si	No		Si	No	
Ortopédicas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____
Neurológicas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____
Reumatológicas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____
Circulatorias	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____

Otros: _____

3. Antecedentes personales no patológicos:

Bebidas alcohólicas:

Tabaco:

Act. Física/Deporte:

Fármacos:

Motivo de consulta:

4. Antecedentes personales patológicos:

	Si	No		Si	No	
Ortopédicas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____
Neurológicas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____
Reumatológicas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____
Circulatorias	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____
				Endócrinas		
				Infeciosas		
				Mentales		
				Pulmonares		
Otros: _____						

Inspección:

Palpación:

Dermatomas

Izquierda		Derecha
	C5	
	C6	
	C7	
	C8	
	T1	
	L4	

	L5	
--	----	--

Valoración Postural

Anterior	Lateral	Posterior

Valoración de la marcha:
