

52 11245  
24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES

ANALISIS DE LA MARCHA HUMANA

**TESIS DE POSGRADO**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
ESPECIALISTA EN ORTOPEdia  
Y TRAUMATOLOGIA

P R E S E N T A :  
**DR. ISAAC KALACH BUCAY**

HOSPITAL DE TRAUMATOLOGIA Y ORTOPEdia  
MAGDALENA DE LAS SALINAS



**IMSS**

MEXICO, D. F.

1991

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## **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 está 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.

## INDICE

Introducción.....	1
Aspectos Filosóficos.....	3
Antecedentes.....	5
Exploración.....	10
Análisis de la Marcha.....	12
Los Tiempos de la Marcha.....	16
Primer Tiempo: Impulso por Apoyo Posterior.....	19
Segundo Tiempo: Balanceo u Oscilación.....	23
Tercer Tiempo: Choque de Talón.....	24
Cuarto Tiempo: Posición Media.....	27
Tipos de Marcha.....	30
I Cerebro Frontal.....	30
II Via Motora Piramidal.....	32
III Via Extrapiramidal.....	33
IV Organos del Equilibrio.....	33
V Nervios Periféricos.....	35
VI Miopatías.....	36
VII Alteraciones en las Extremidades.....	38
VIII Transtornos Psicógenos.....	41
Variaciones Normales de la Marcha	

Importancia de la Estatura.....	43
Importancia del Calzado.....	43
Importancia de la Pendiente del Terreno.....	44
Importancia del Transporte de Carga.....	45
Importancia de la Ocupación.....	46
Evolución de la Marcha Através de la Edad.....	47
Diferencias en la Marcha Según el Sexo.....	52
Síntesis.....	54
Formato Para la Exploracion de la Marcha.....	57

## INTRODUCCION

En esta revisión se deja implícita la importancia que reviste la investigación bibliográfica y la observación clínica para fines de recolección de información médica. Es un acopio sistematizado, dirigido y específico en el que se observa la gran diversidad de análisis para el estudio de la marcha como se confirma en los trabajos de Fisher (1,4) que propone 26 y 31 fases: posición 1 a 4 es el soporte monopodal en reposo; 5 a 10 soporte monopodal de la marcha; 11 como el soporte bipodal, 12 a 23 soporte de extremidad contraria, 24 soporte bipodal y 25 a 30 nuevamente monopodal, considerando la 31 como detención final; por consiguiente, si el individuo estaba andando, excluía las posiciones 1 a 4 y la 31 quedando 26 en total (1); y en los trabajos de Eberhart (20) con 5 fases; o mas aún en el análisis regional, topográfico y biomecánico que aparecen en distintos tratados especializados en cadera y tobillo como los anteriores y otros incluyendo rodilla.

Esto origina que aparezca un deseo por parte del médico general, el residente y el estudiante de que se unifiquen los términos propios de su análisis, que describa con la sola terminología, la fase correspondiente, exigiendo una lógica en su secuencia y una fácil nemotecnia que aporten una ayuda a la exploración (16,14,4).

La idea de realizar este estudio es el de ahorrar tiempo y proporcionar un entendimiento de esta función.

La revisión bibliográfica y observación clínica realizada para este trabajo, demuestra su apoyo a cualquier indagación clínica y bibliográfica así como a la propia práctica médica, que es fuente de enseñanza continua y ahorra recursos al unificar términos y facilitar la comprensión del evento.

## ASPECTOS FILOSOFICOS

...y D... dotó al hombre de piernas para erguirse "y tened dominio sobre los peces del mar, y sobre las aves del cielo, y sobre todo animal que se mueve sobre la tierra (Gen 1:28) "... y dijo el Eterno, D..., a la serpiente: por cuanto has hecho esto, maldita serás más que toda bestia y más que todo animal del campo; SOBRE TU VIENTRE ANDARAS, y polvo comerás todos los días de tu vida" (GEN 3:14).

Son estos testimonios de la importancia que se otorga a la marcha en el Libro Primero.

Antiguos literatos, por otra parte, ya describían formas de marcha como Juan Racine, que anuncia "un guía que conduce hacia usted su forma de andar tímida" y Honorato de Balzac en su libro titulado "Teoría de la forma de andar", determina mediante la observación de varios sujetos yendo y viniendo, parándose y marchando de nuevo, la formación del carácter (4).

Se puede considerar a la marcha como simple desplazamiento del cuerpo humano de un lugar a otro; pero así mismo es digno recordar "...es un pequeño paso para el hombre, pero un salto gigantesco para la humanidad" que pronunció el comandante del Apollo XI, Neil Armstrong, el 21 de julio de 1969 al ser el primer hombre que dejó su huella a la posteridad, marcando el fin e inicio de una era en la historia de la Humanidad.

Las expresiones "...un paso adelante..." alude al progreso, al avance hacia la meta determinada; "andar por buen camino" y "andar en malos pasos", señalan que por el derrotero de la vida, se "marcha".

Aunque todas estas expresiones metafóricas se pueden entender literalmente como la marcha física, y aunque el famoso astronauta la haya desarrollado realmente, es la marcha bípeda la que ha permitido al hombre desarrollar sus facultades que lo distinguen de los demás animales al tener las extremidades superiores libres.

Es el traslado real del hombre, ante su inquietud y prurito de no permanecer en un solo lugar, el que lo ha llevado a relacionarse, formar sociedades y aprender cosas que le sigan permitiendo dar saltos gigantescos con pasos pequeños.

## ANTECEDENTES

La esencia del estudio del movimiento es la capacidad del observador de registrar sus parámetros, por que sin tales registros, es imposible el análisis subsiguiente. Los primeros estudiosos del movimiento humano tuvieron que fiarse de lo que recordaban sobre lo que habían visto. Podían efectuar y establecer mediciones estáticas, basándose en magnitudes antropométricas que se usaban como medidas absolutas estándares de longitud ; como en la Roma Antigua en que las distancias se describían en pasos. El libro de Borelli, "*DE MOTU ANIMALIUM*"; publicado en 1679, se reconoce como el primer estudio de biomecánica: trata de la estática del cuerpo humano y describe la marcha como un proceso de caída interrumpida continua (15).

El desarrollo de la fotografía, en el siglo XIX, proporcionó el primer método exacto de registrar la cinemática animal. Tan pronto la técnica lo permitió, los hermanos Marey en 1873 (4), Braune y Fisher en 1889 y 1905 respectivamente (4,15), dirigieron la cámara a personas caminando. Antes de la llegada de la cinematografía con su obturador y su avance de película sincronizados, se habían obtenido buenos registros con la exposición múltiple (4).

Braune, matemático, y Fisher, anatomista, efectuaron mediciones del cuerpo humano e identificaron los ejes de rotación de las articulaciones. Seccionaron cadáveres y midieron las distribuciones de masas y pesos en los distintos segmentos del

cuerpo y calcularon los centros de masa y los radios de giro de todos los elementos; sólo carecían de datos referentes a la fuerza reactiva que se desarrolla entre pie y suelo. Sus estudios fueron reproducidos por Dempster en 1955 (15,4).

Desde 1900, Charles Ducroquet se interesa por el estudio del hombre en movimiento, en la marcha normal y en las cojeras, por medio de su estudio cinematográfico (4).

En la primera parte del siglo XX, los cirujanos ortopédicos emplearon procedimientos quirúrgicos que alteraban radicalmente la mecánica de las extremidades de los pacientes. En Estados Unidos, Schwartz, Heath y Misiek, en 1935, y en la Unión Soviética en 1940, Bernstein, usaron cinefotografía y medición de fases determinadas del ciclo de la marcha para obtener lo que ellos consideraban serían herramientas clínicas para mejorar el diagnóstico.

Steindler y Lindemann, en 1929, introdujeron la electromiografía para el análisis de la marcha y Schwartz publicó las primeras medidas cuantitativas de la fuerza reactiva desarrollada entre suelo y pie.

La necesidad del desarrollo de prótesis llevó a investigaciones extensas para la mejoría de la función y un estudio de la Universidad de California en 1945, de la cinemática y la dinámica para el diseño de las prótesis, tuvo como resultado descripciones de la biomecánica que han sido la base de la mayoría de las investigaciones posteriores, desarrollado por Saunders (15), Inman (9) y Eberthart (20).

En 1965, Paul y Rydell publicaron cálculos obtenidos en forma distinta de la magnitud de fuerzas internas en la cadera; McLeish y Charnley en 1970 efectuaron cálculos sobre la estática de la rodilla (15,19) y Morrison de la rodilla (10).

Johnston y Smidt en 1969, usaron goniómetros potenciométricos para medir ángulos de la cadera; junto con Kettlekamp, Chao y Walker en 1970, lo hicieron con la rodilla; Weight, Desai y Henderson lo hicieron en el tobillo. Grieve, Legget y Weatherstone en 1978, junto con Mitchelson, usaron sistemas goniométricos de luz polarizada para medir ángulos.

Murray, Drought y Kory en 1964; Muckherjee en 1976, realizaron estudios fotográficos de patrones de marcha. Lindholm en 1974, creó el sistema "selspot" (cambios de resistencia superficial de una placa fotoconductor, para localizar una fuente de luz infrarroja); la primera en un chasis y lo segundo en marcadores sobre el cuerpo graficando su desplazamiento.

El sistema Coda, de Mitchelson, similarmente, utiliza conversión digital de cada dimensión, usando sensores ópticos sensibles al desplazamiento en un eje.

El primer sistema de televisión de que se informó fue el de Winter, Hobson y Greenlaw en 1972, en el que toda señal televisiva se pasaba a forma digital y se introducía en un gran ordenador que buscaba en la imagen los marcadores de las extremidades de las personas examinadas. Jarret, Andrews y Paul en 1976 emplearon superficies de contacto especiales entre la cámara de televisión y el ordenador, pudiendo detectar los

marcadores brillantes en su campo de visión y pasar al ordenador las coordenadas de estos en forma digital unas 50-60 veces por segundo (15).

El agregado de dispositivos que señalan el contacto del pie con el piso para marcar y medir en el tiempo las fases de la marcha, constituye un significativo adelanto en la documentación objetiva de la marcha; su uso sobre una distancia conocida permite el cálculo de muchos parámetros críticos de la misma, pudiendo documentarse cadencia, velocidad, longitud del paso, los intervalos del apoyo monopodal y bipodal, comentar la estabilidad, eficiencia, simetría y efectividad de su desarrollo.

El registro de los datos cinemáticos en video-tape con codificación automática o en película de alta velocidad codificada en una computadora, abre más posibilidades para análisis y presentación de datos computarizados más específicos y detallados, que se pueden almacenar y utilizar para calcular el movimiento de articulaciones y segmentos corporales, fases, velocidad y aceleración, sin la necesidad de incorporar dispositivos para detectar el contacto del pie con el piso o de electrogoniómetros. La capacidad gráfica del actual software permite su presentación en formatos diferentes y puede sincronizar los datos electromiográficos con los cinemáticos. Este equipamiento es costoso y es necesario contar con personal para su mantenimiento; el análisis con estos sistemas complejos es más apropiado para la investigación o para solucionar

problemas de manejo difícil. La aplicación de la técnicas de análisis de la marcha a otros trastornos ofrece una apreciación más detallada.

El niño con una marcha anormal, probablemente no necesite un análisis computarizado, pero si un observador entrenado con la capacidad para documentar el problema y analizar datos una vez obtenida la información para poder dar recomendaciones en relación al tratamiento de los problemas que se traten.

## EXPLORACION

## GENERALIDADES

La marcha es la resultante de una serie de actos coordinados de iniciación voluntaria y que posteriormente se realizan en forma automática; requiere de un elemento determinativo y un elemento cerebrosplinal ejecutivo y coordinador.

Se basa en la actitud vertical: en el recién nacido no es posible a causa del predominio del tono de flexión; la marcha cuadrúpeda aparece con la tonización de la musculatura de extensión, hecho relacionado con la actividad funcional del mesencéfalo, el paso de ésta a la vertical está ligado al desarrollo de ciertas partes del cerebro frontal. el que mantiene la estación bípeda y la marcha.

Estudiar el paso de una persona consiste en examinar el plano sagital y frontal del sujeto evolutivo, es decir, de perfil y de frente, pero también en observar ciertos movimientos giratorios del tronco y pelvis en el plano horizontal aún cuando su expresión máxima se encuentre en las vueltas, se deben estudiar en la progresión rectilínea; por tanto, la evolución de la persona en terreno plano se rige por una combinación de movimientos en tres planos y que conduce a la armoniosa progresión de los diferentes modos de andar.

Se hace andar al sujeto en ropa interior, en una habitación espaciosa, bien iluminada, con buena temperatura, en un piso

plano, sin alfombra ni irregularidades que afecten el desarrollo de la misma, y sobre todo, limpio. Se examina al sujeto de perfil, de frente y por detrás; poniendo especial atención en las características y fases que posteriormente se describirán así como en los fenómenos que la acompañan; si es decidida o torpe, la postura y gallardía habituales; la línea de progresión que describe y la movilidad y relación de los segmentos corporales por separado y entre sí (8,14,16).

## ANALISIS DE LA MARCHA

Durante cada ciclo existen dos pasos: uno derecho y otro izquierdo; si la marcha es simétrica, los 2 pasos tendrán, al igual que las extremidades, las mismas dimensiones que se organizan en un sistema como el que ha continuación describimos:

Equilibrio: La estabilidad aumenta proporcionalmente a la separación de ambos pies; en la posición erecta habitual, los talones están separados 12 cm (4,8,12). Si unimos en esta posición con líneas rectas los talones y puntas, aparecerá por base de sustentación, un cuadrilátero: las huellas aparecen simétricas: talón posterior, borde externo y parte anterior del pie.

Comparando con el apoyo unipodal, la base mantiene su amplitud anteroposterior, pero reduce considerablemente su eje transversal al convertirse en triángulo cuyo vértice lo representa el talón en su punto medio y la base esta conformada por el eje transversal del antepié (Fig.1).

Así mismo, al variar el apoyo, ya sea de puntillas o sobre los talones, la base reduce su área y desestabiliza al sustentante.

En el paso hay mayor amplitud anteroposterior tanto en el plano frontal como sagital y transversal.

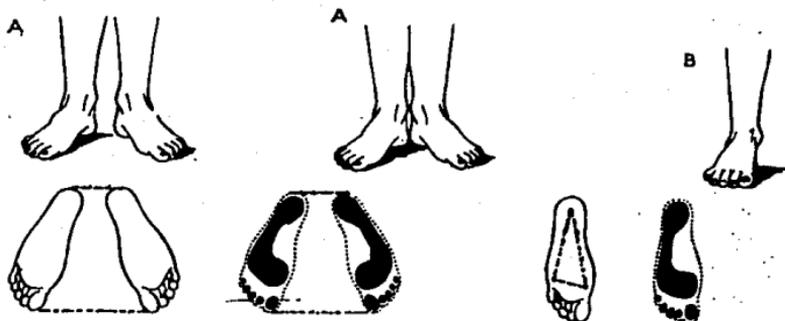


Fig 1. Si unimos en bipedestación, con líneas rectas los talones y las puntas, la base de sustentación será un cuadrilátero (A). En el apoyo unipodal, la base mantiene su amplitud anteroposterior pero reduce su eje transversal y se convierte en triángulo de vértice en talón y base en antepié (B).

#### Características del paso:

**Longitud del paso:** Es la distancia que separa dos apoyos sucesivos del mismo pie. Se mide de talón a talón y el "paso común" de la marcha es de 65 cm (4) o de 75-85 cm (4,12). Depende de la dimensión de las extremidades (Fig 2).

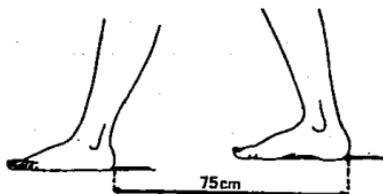


Fig 2. Longitud del paso: distancia de dos apoyos sucesivos

**Duración del paso:** Varfa según el tiempo de separación de los momentos de contacto con el suelo, ya sea en apoyo unipodal o bipodal.

**Velocidad:** Es el producto de la longitud del paso por su numero en un tiempo determinado, con valor estimado de 5-6.5 km/h.

**Amplitud o Anchura del paso:** Se mide la distancia del talón a la línea de progresión. Su media es de 6 cm en el sujeto normal y en terreno llano en cada lado, con total de 12 cm. (Fig 3).



Fig 3. Amplitud y ángulo del paso.

**Angulo del paso:** Se forma por el eje longitudinal del pie y la línea de progresión con 15 grados (Fig 3).

**Cadencia:** Es el numero de pasos en un minuto, estimado en 140 en un adulto de 1,70 m de estatura (4,12).

El centro de gravedad corporal, se determinó en cadáver congelado con localización en la 2a. vértebra sacra, pero siendo la marcha un proceso dinámico, se considera un centro de gravedad en cada segmento (Fig 4). No obstante su determinación es aproximada:

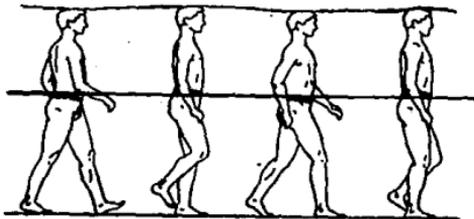


Fig 4. El centro de gravedad corporal durante la marcha

Se encuentra sobre la línea media sagital, cortando el torso en la mitad, ya en ésta o hacia adelante, según el desarrollo del abdomen; en altura, por encima de la línea umbilical, con grandes variaciones dependiendo de obesidad, estatura y proporción segmentaria (4).

El camino descrito es una curva suave y regular que se mueve hacia arriba y abajo del plano vertical con promedio de 5 cm.; alcanza su punto más bajo al volver a colocar el talón en el suelo y el más alto en la fase en que la planta toda, se halla en contacto con el pavimento (Fig 4); presenta, así mismo, desplazamiento lateral con una distancia total de más de 4 cm., ocurriendo el movimiento hacia la extremidad que carga peso y llegando a sus límites laterales en su punto más alto: en el que la planta contacta totalmente (17).

## LOS TIEMPOS DE LA MARCHA

La mayoría de las descripciones de la marcha refieren dos fases básicas:

I. FASE DE POSTURA. El pie contacta con el piso y carga el peso corporal. Se subdivide en tres partes:

- a) Choque de talón.
- b) Posición media
- c) Impulso.

Empieza cuando el talón toca el piso (a), contacta la planta totalmente (b) y termina cuando el dedo grueso se eleva del pavimento (c).

II FASE DE BALANCEO. El pie no toca el piso y el peso es cargado contralateralmente. Inicia al dejar el dedo grueso el suelo, avanza hacia la línea de progresión del miembro y termina al suspender su balanceo, iniciando la siguiente fase de postura. También se subdivide en tres partes:

- a) Aceleración.
- b) Balanceo propiamente dicho.
- c) Desaceleración (2,3,7,8,9,10,12,17,18).

Alejarnos de las descripciones habituales como la anterior, en las que se inicia con la fase frenadora, y adoptar una en la que se tome como inicio aquella fase en la que se lleva a cabo la función preponderante, francamente motriz y básica para el efecto del objetivo primordial de la marcha como es el

desplazamiento o progresión, nos ayudará a una mejor comprensión de su desarrollo (Fig 5) (4).

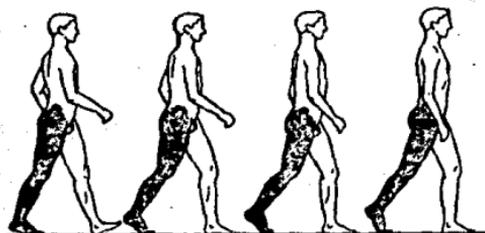
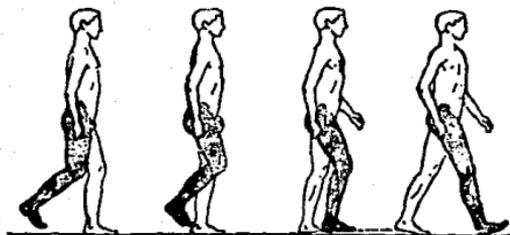
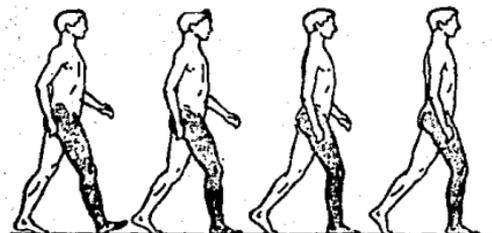


Fig 5. Los tiempos de la marcha:

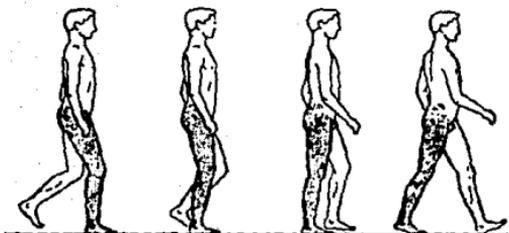
Impulso por Apoyo Posterior.



Balanceo u Oscilación



Choque de Talón



Posición Media

### PRIMER TIEMPO: IMPULSO POR APOYO POSTERIOR

En este tiempo, los miembros inferiores están separados como ramas de un compás con apoyo de ambos: el miembro posterior empuja al tronco, dando el impulso hacia delante, objetivo de la marcha bípeda, entrando en acción la cadera, rodilla, tobillo y pie, articulaciones con movimientos de gran amplitud, de mayor función de progresión hacia adelante, movidas por los músculos más poderosos: cuádriceps, glúteo mayor y tríceps (4.11,19.17) (Fig 6).

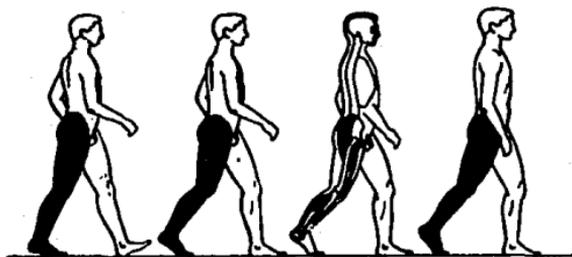


Fig 6. Impulso por Apoyo Posterior

El tríceps constituye el principal músculo en el impulso del pie, en el que se presenta una extensión lenta, extensión en fuerza (flexión plantar) de alrededor de 30 grados, conjugada con la extensión metatarsfalángica de los dedos del pie y con intensidad proporcional a la longitud del paso. Partiendo de una impresión total, se observa el movimiento progresivo del tobillo y la reducción consecutiva del apoyo, pasando sucesivamente al

talón anterior y después a la cabeza del primer metatarsiano (4,11,12,3) (Fig 7).

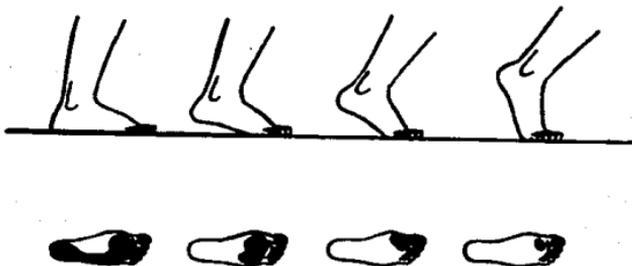


Fig 7. Movimiento progresivo del tobillo, con la reducción progresiva del apoyo del talón al primer metatarsiano.

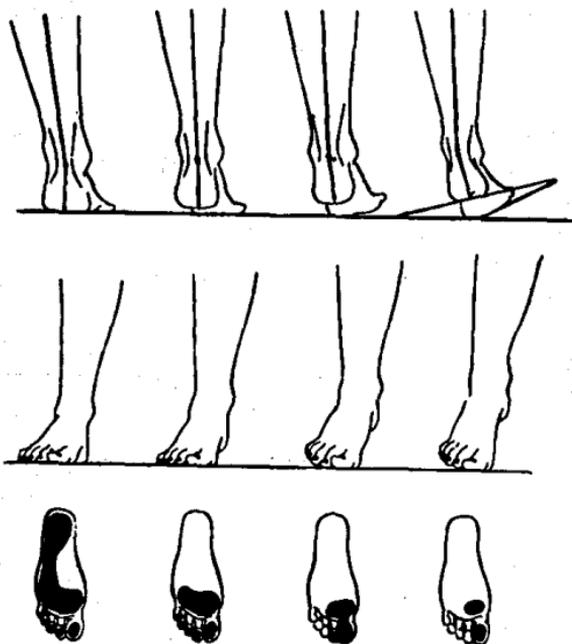
Para que el tríceps y el glúteo mayor desarrollen su acción orientada al máximo hacia la progresión, es preciso que la rodilla sea mantenida en flexión, gracias al cuádriceps (4,19,11).

Cronológicamente, la cadera se extiende por el glúteo mayor, la flexión de la rodilla es mantenida por el cuádriceps y la extensión tibiotalariana por el tríceps; al desplazarse el tronco hacia delante, el fémur alcanza la inclinación tibial por acción del cuádriceps que extiende la rodilla y por el glúteo mayor que coloca a la cadera en su máximo de extensión (4,19 11,2).

Este impulso hacia adelante se conjuga con movimientos laterales sucesivos alternados, movimientos de amplitud menor en los que la rodilla no participa, mientras que el pie lo presenta

en las articulaciones menores del tarso, movidas por músculos retromaleolares y por la cadera en la que el glúteo medio y menor asumen el papel dinámico (4.12.11,3).

La planta está en contacto con el suelo en toda su superficie con una actitud en varo por el tibial anterior; despues el talón se despega y sólo la parte delantera sirve de apoyo, entonces, en un papel conjugado de los músculos peroneos, hay una pronación en valgo que traslada el apoyo a la cabeza del primer metatarsiano (4.12.11) (Fig 8). La amplitud de los movimientos lateral los desempeñan glúteo medio y menor siendo responsables de la amplitud del paso (4.19.8,18).



**Fig 8. La planta contacta el suelo con toda su superficie, con una actitud en varo, el talón despega y sólo el antepié apoya, pronando hacia el primer metatarsiano.**

Horizontalmente existe una torsión del astrágalo sobre el calcáneo conduciendo a una rotación externa por acción del tibial posterior, reestableciendo la orientación del antepié y del ángulo del paso (4,12,11).

En esta fase la pelvis mira hacia el lado del miembro posterior y el tórax asiste al giro inverso por acción de los músculos oblicuos abdominales con sus tirantes vertebrales (4).

#### SEGUNDO TIEMPO: BALANCEO U OSCILACION.

En este periodo, el miembro se separa del suelo al flexionarse la rodilla, el pie ha elevado su punta, y podría, por movimiento pendular, pasar adelante; pero la cadera que se hallaba atrás, pasa a la vertical y luego adelante, facilitando el balanceo (Fig 9). El ligero descenso de la espina iliaca del miembro impulsor, con la consiguiente inclinación inversa de las escápulas, se recupera y reequilibra. El centro de gravedad que se había traspasado del lado sustentador, cae de nuevo sobre la línea de progresión (4).

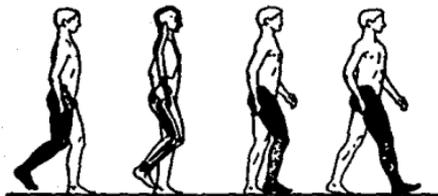


Fig 9. Secuencia del Balanceo.

Los rotadores externos, en especial el sartorio, mantienen el ángulo del paso durante el giro pelviano; los flexores de la rodilla y la contracción de tibiales y peroneos, junto con los extensores del pie, que elevan su punta, acortan el miembro y evitan el choque de la punta (4,12,3,11).

La pronación final del tiempo precedente, es corregida por la ligera torsión calcánea que se reorienta (4,12).

### TERCER TIEMPO: RECEPCION POR APOYO ANTERIOR O CHOQUE DE TALON

Es esta fase la que marca el inicio de las descripciones habituales, combinadas con su final, es decir, describe simultánea y cronológicamente la desaceleración seguida del choque de talón o recepción (4).

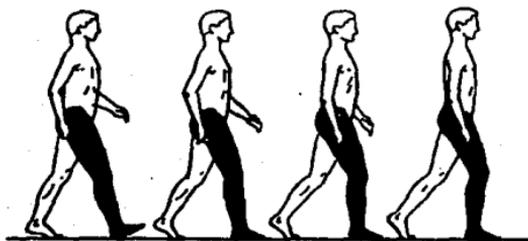
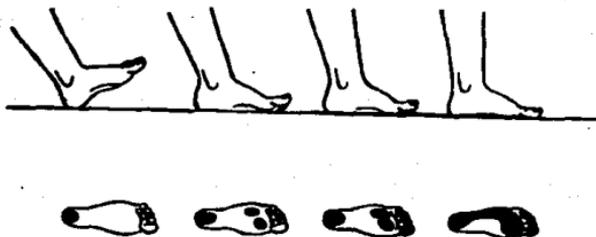


Fig 10. Secuencia del Choque de Talón.

El miembro acaba de cruzar y toca el suelo con el talón (Fig 10). El pie se mantiene un instante elevado por los músculos anteriores y el talón absorbe primeramente el choque de recepción, posteriormente, una flexión rápida sitúa toda la planta en contacto con el suelo (Fig 11); desde este momento, el tríceps toma el control del frenado, impidiendo la progresión



**Fig 11.** El talón absorbe primeramente el choque de recepción, posteriormente, una flexión rápida sitúa la planta con el suelo.

brusca hacia delante; la caída del antepié, fuera de ser pasiva, es controlada por músculos anteroexternos: tibial anterior y los peroneos; así mismo, el tibial posterior, en su acción, contrarresta el valgo por aumento del apoyo de la cara plantar bajo el 5o. metatarsiano; los peroneos participan sosteniendo el ángulo del paso, provocando la rotación subastragalina que lleva la punta del pie hacia afuera y solo en asentamiento total, los peroneos son verdaderos pronadores, limitando en la misma articulación subastragalina, el giro externo del miembro receptor, bajo el empuje del impulsor (4,12,11).

La rodilla asiste con una flexión amortiguadora, regulada por el cuádriceps, limitando la caída hacia adelante (4,10,12).

En la cadera, la misma flexión amortiguadora, será regulada por el glúteo mayor; se encuentra en ligera abducción por el impulso del miembro opuesto, siendo limitado por los glúteos medio y menor, mientras que el antes mencionado, glúteo mayor, al contraerse, mantiene el ángulo del paso, limitando la rotación interna que es provocada por el impulso del contralateral (4,19,11).

En el tronco, los músculos limitan la flexión y la caída hacia adelante del mismo, siendo los músculos vertebrales, los músculos oblicuos y los transversos los participantes; se mantiene en

equilibrio lateral por la acción de los músculos abdominales opuestos; se observa, transversalmente, un giro inverso del tórax y hombros, mantenido por los mismos músculos abdominales (4).

#### CUARTO TIEMPO: POSICION MEDIA O APOYO UNILATERAL.

Aquí el apoyo es monopodal, desempeñando el miembro efector triple función: sostén, equilibrio y progresión; al final inicia el impulso del apoyo posterior.

Sostiene en el momento que el miembro opuesto realiza su balanceo u oscilación; se inclina hacia abajo y adelante, se endereza quedando vertical y seguidamente se inclina hacia atrás y abajo. En la posición vertical, soporta las mayores presiones, evidenciándose en su caso, las claudicaciones (Fig 12) (4).

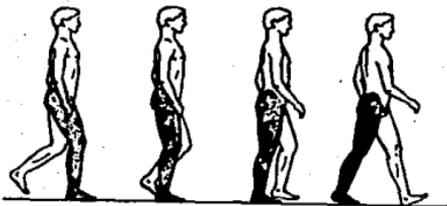


Fig 12. Secuencia de la Posición Media.

El tríceps mantiene su papel frenador, participando al final de este tiempo, al iniciar el impulso, cuando el talón se separa; pero en este tiempo mantiene a la tibia primeramente vertical y después hacia adelante, regulando esta posición (4,12,3).

El glúteo mayor y cuádriceps aseguran su papel en el impulso, permitiendo la traslación corporal hacia adelante. La cadera, flexionada al principio, se endereza y posteriormente se extiende; al mismo tiempo, la rodilla, primeramente flexionada, se extiende por el cuádriceps (4,19,2).

El tórax avanza esencialmente en el segmento subtibial, que se endereza bajo la rodilla, sin modificarse la vertical tibial ni el ángulo tarsiano; en el momento en que la vertical está en el aplomo tibiotarsiano, la cadera se halla recta, pero la rodilla y la articulación tibiotarsiana se encuentran en ligera flexión (4,11); ulteriormente el miembro sustentador se inclina hacia abajo y atrás, quedando el pie en contacto con el suelo, el ángulo tibiotarsiano se cierra (4,12,11,3), los ortejos ensanchan el área de soporte que se presenta junto con el talón y los metatarsianos, siendo su función efectiva al estar en forma plana contra el suelo (gracias a la acción sinérgica de músculos intrínsecos y flexores largos); con un 60-70% de absorción de la carga, decreciendo sucesivamente en los ortejos laterales debido al doble del área que presenta el ortejo grueso con respecto al resto; su ausencia por amputación o deformidad producirá una sobrecarga en los metatarsianos (18). El despegue del talón no tiene lugar hasta el final del apoyo unilateral (4).

La pelvis se mantiene horizontal relativamente por el glúteo medio; los músculos abdominales opuestos, actúan con este músculo en forma sinérgica, permitiendo la transposición del centro de gravedad torácica en forma armoniosa: una línea bisilfaca se inclina hacia el lado oscilante y la línea que une ambos hombros lo hace hacia el apoyado; divergiendo en forma máxima al momento del cruce con la vertical y se paralelizan al final de este tiempo (Fig 13) (4,19,11).

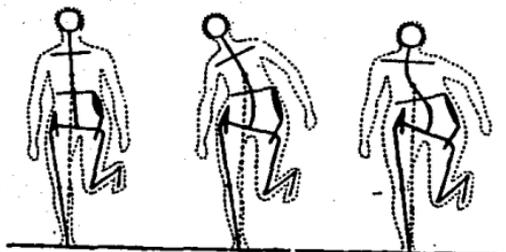


Fig 13. La línea biiifaca se inclina hacia el lado oscilante; la biescapular hacia el apoyado.

Los músculos abdominales conservan la horizontal y la inclinación lateral al lado apoyado permite la traslación lateral del centro de gravedad (4,19).

Igualmente que en los demás tiempos, los movimientos de lateralidad de la cadera están condicionados por el glúteo medio, y en el pie por los tibiales que amortiguan la traslación lateral, pero el tibial posterior limita un giro horizontal del astrágalo a 15 grados (4,12,3).

Paso Pelviano. La cadera, que inicia este tiempo con anteposición, gira por encima de la cabeza femoral sustentada, enderezándose en forma transversa al cruzar la vertical, al igual que los hombros, para girar en sentido inverso; y la cadera opuesta pasa a la anteposición. Compensada por una rotación inversa de la cintura escapular que realizan los músculos oblicuos y transversos (4).

## TIPOS DE MARCHA

Aunque siempre andamos de una manera automática, es decir, sin necesidad de prestar la menor atención a ello, ponemos en juego un mecanismo nervioso muy complejo, presidido por el cerebro frontal. Para su correcta realización, se precisa de la integridad anatómica y funcional de formaciones nerviosas tales como el mencionado cerebro forntal, vía piramidal, sistema extrapiramidal, órganos y vías del equilibrio y coordinación muscular, cordones posteriores, cerebelo, nervios periféricos, músculos, alteraciones en las extremidades y la propia psicología del individuo (16). Los trastornos de estas estructuras causan diversas anomalías de la marcha (17); consideremos de manera sucesiva estas alteraciones por lesiones:

### I. Cerebro frontal

**Síndrome de Versión (Halpern).** Si se hace andar con los ojos cerrados o vendados a un individuo con lesión en el cerebro frontal, se desviará lateralmente hacia el lado opuesto de la lesión, si anda hacia atrás, se desviará al mismo lado de la lesión (16).

**Apraxia de la marcha de Bruns.** Un reflejo plantar exagerado hace que los pacientes "agarren" el piso con los dedos. Avanzan a tropezones, con pasos de base amplia y pesados; el acto de girar sobre sí mismos les es particularmente difícil y quedan inmóviles en el intento (16).

*Marcha en círculos progresivos (Barraquer).* Se manifiestan por accesos; aparte sólo presentan desorientación en el espacio sin pérdida de la conciencia (16).

*Apraxia de Gerstman y Schiller.* Se sostiene en pie con dificultad; imposible la marcha, parece como si estuviera clavado al suelo y mueve los pies frotándolos sobre el pavimento sin lograr avanzar (16).

*Astasia-Abasia (Charcot-Richet).* Con estos términos se entiende la dificultad de mantenerse en pie y poder andar a pesar de motilidad voluntaria presente. Para que permanezca de pie, hay que sostenerlo, pues de lo contrario se encorva y cae hacia atrás. Cuando se le pide que ande, no puede levantar los pies, frota el suelo con ellos sin avanzar y el cuerpo se dobla hacia adelante. Presenta gran analogía con la anterior y se observa en tumores frontales, desintegración cerebral senil, neurosis histérica y lesión del brazo anterior de la cápsula interna (16).

*Marcha senil.* Es lenta y a pasos pequeños (bradibasia), frecuentemente el talón del pie que avanza no adelanta la punta del otro pie y como además apenas lo levanta, toda la planta roza el suelo al andar; es característica la actitud del paciente: aumenta la cifosis fisiológica, está tembloroso, inseguro y vacilante. *Marcha de Petré:* rigidez con pasos pequeños y paros intercalados. Debido a lesión difusa (16).

## II. VIA MOTORA PIRAMIDAL.

**Marcha helicópoda o hemipléjica.** Es propia de enfermos con parálisis espástica en extensión de uno de los miembros inferiores, al dar el paso con el miembro enfermo, inclinan el tronco hacia el lado sano, al perder el contacto con el suelo el miembro afectado, éste se proyecta hacia adelante en masa, pero describiendo una trayectoria semicircular de convexidad externa y tomando contacto nuevamente por el borde interno de la punta; por sus características se compara con la hoz de los segadores, y se le llama **Marcha en Guadaña o de Todd (14,16).**

**Marcha Espástica.** Es frecuente en la diplejía cerebral espasmódica juvenil o Enfermedad de Little; hay hipertonicidad e hiperreflexia con desequilibrio de ciertos grupos musculares por estiramiento. La marcha se desempeña sobre los dedos, desde estos al talón o en forma plantígrada; el músculo tibial anterior puede ser cero, y el pie deformarse en varo, y si los peroneos son los espásticos, se desviará en valgo. Hay aducción exagerada y rotación interna de caderas por espasticidad de aductores y de los músculos mediales de la rodilla de modo que las rodillas se cruzan una por delante de la otra, se rozan y giran alrededor una de la otra, lo que se denomina: **Marcha en Tijeras;** no hay balanceo de miembros superiores: el codo está fijo, el hombro en aducción y rotación interna, el antebrazo se encuentra en pronación, la muñeca en flexión, el pulgar en aducción y los dedos flexionados (17,14,16).

**Marcha Helicópoda o Pendular Flácida.** Es el producto de parálisis flácida en la que el miembro afectado es arrastrado de

atrás hacia adelante como masa inerte sin que la punta pierda contacto con el suelo y si es bilateral, lo pies solo contactan para permitir la progresión con muletas (14,16).

**"Drop-attacks"**. Típicos del síndrome de insuficiencia vertebrobasilar de Denny-Brown; manifestada por debilidad súbita de piernas que motivan la caída brusca sobre las rodillas sin vértigo ni pérdida del conocimiento (16).

### III VIAS EXTRAPIRAMIDALES.

**Marcha Prokursiva.** Es propia de la enfermedad de Parkinson en que el enfermo se inclina hacia delante, luchando contra la rigidez y acinesia de sus extremidades inferiores, comienza con un trotecillo corto o en casos más graves, se inicia con una caída que se interrumpe al entrar en juego el automatismo de la marcha con lo que el retraso es evidente; arranca casi corriendo, como quien tropieza y tropica, "persiguiendo" su centro de gravedad y con dificultad mayor para detenerse hasta chocar con algo, rara vez caen. Se empieza a manifestar con desaparición del balanceo de brazos por triple mecanismo de supresión: de la pasividad, del componente activo y por acinesia (16,14).

En las coreas la marcha no es fisiológica, hay movimientos desacompañados, como si bailara, llevando mal el compás, una danza ritual (16).

### IV ORGANOS Y VIAS DEL EQUILIBRIO.

**Marcha Atáxica.** Puede ser de dos tipos:

**Ataxia espinal.** Causada por neuritis periférica o lesión del tallo en niños; en adultos por tabes dorsal. Hay falta de percepción de las sensaciones de posición y movimiento de las partes del cuerpo por desorientación espacial. Si está sentado, tiene gran dificultad para levantarse, mira el suelo separa las piernas buscando una zona de apoyo mas extensa y después de varios esfuerzos, con apoyo externo consigue levantarse oscilando; al empezar a andar, lo hace con los ojos abiertos, relacionando los efectos visuales con los propioceptivos, con las piernas muy separadas levantándolas exageradamente a cada paso, lanzándolas y golpeando primeramente los talones y a continuación con el antepié con un sonido de "pisada doble" o chapaleo, la dirección de la marcha se conserva. Es manifiesta la permanencia de la vista en el piso y observa sus pies, de lo contrario vacilará y perderá estabilidad al cerrar los ojos lo que le imposibilitara andar.

**Ataxia cerebelosa.** Existe con ojos abiertos o cerrados, la marcha es de base amplia, es inestable e irregular, hay incapacidad a seguir una línea recta en el piso (16,17,14).

**Marcha Cerebelosa.** Hay incapacidad para coordinar los movimientos de balanceo del cuerpo con los movimientos de las extremidades; hay ensanchamiento de la base de sustentación con abducción de miembros superiores (dato típico de Mumenthaler) a manera de balancín; la mirada se dirige al piso; hay lateralización de la marcha hacia el lado de la lesión ya sea hacia atrás o adelante y si se hace marchar al enfermo

alternadamente en estos sentidos, describirá la llamada *Marcha en Estrella o Brújula* (16).

En la enfermedad o Ataxia de Friedreich ( por degeneración de los cordones posteriores y fascículos espinocerebelosos de Gowers y Flechsig) hay arreflexia rotuliana, Babinski positivo, nistagmus; el sujeto se mantiene en pie con dificultad, con lateralizaciones incluso sentado (16,17).

*Marcha Laberíntica.* Ha desviación hacia el lado de la lesión similar a la de las lesiones cerebrelosas. Otras veces la desviación es hacia el mismo lado siempre: *Marcha en Ballesta*; por último converge en un mismo punto al desplazarse hacia adelante dando lugar a la *Marcha en Abanico*.

*Marcha en Tándem.* El sujeto camina poniendo con cuidado un pie delante del otro; si hay lesión del laberinto se sentirá inseguro (16).

*Marcha Titubeante.* El sujeto presenta dificultad a realizar una marcha que describa una línea recta y proyecta un zig-zag irregular debido sobre todo a intoxicación etílica aguda (14).

#### V NERVIOS PERIFERICOS.

*Estepaje.* Es producido por lesión del nervio peroneo si es unilateral o por una polineuropatía o atrofia muscular neural de Charcot-Marie-Tooth; es muy típica: al levantar la pierna del suelo, el pie, en lugar de flexionarse ligeramente como en el paso normal, queda extendido, colgando, y el enfermo para no tropezar con al punta inerte de áquel, levanta excesivamente la

pierna y deja caer de plano el pie, azotándolo. También llamada *Marcha del Trepador o de Gallo* (16,7,6).

*Marcha en la Parálisis del Cuadriceps.* Cuando este músculo está paralizado, al marchar es imposible sin un subterfugio consistente en colocar el miembro inferior afectado en rotación externa y apoyarse con la mano en el tercio inferior del muslo, impidiendo la flexión de la rodilla, la cual progresivamente se coloca en recurvatum (12).

*Marcha de Cuadrúmano.* Se presenta en la parálisis completa de la parte inferior de los músculos de los canales vertebrales por poliomielitis anterior aguda. Por ser imposible la bipedestación, se ve obligado a apoyarse en las cuatro extremidades.

*Marcha en la Ciática.* No se presenta claudicación, sólo deambulación con precaución para evitar el dolor; puede haber dificultad a la elevación del pie si la afección es en L5 o a la flexión plantar si lo es en S1; es una alteración poco visible (16).

*Marcha Polineurítica.* Ocasionada por la parálisis de músculos anteriores de las piernas y por los extensores del pie al dar el paso, el pie queda colgante y para evitar su arrastre se levanta exageradamente el miembro, cayendo al final al piso por la punta. Se asemeja al "paso alemán" (14).

## VI. NIOPATIAS.

*Marcha de Pingüino o "Dandinement".* Hay un elemento de tambaleo en su marcha por dificultad a fijar la pelvis; se mueven las

caderas de un lado a otro en cada paso lo que es necesario para cambiar el peso del cuerpo por la necesidad de compensar los músculos glúteos debilitados; es el uso excesivo del tronco y de las extremidades superiores los que la da esta denominación (17,16,14).

**Enfermedad de Thomsen.** Al inicio de la marcha hay contracción tónica por unos segundos y se relaja a continuación, lo que hace la marcha difícil al principio solamente; puede contraer de golpe varios grupos musculares y puede quedar con un envaramiento súbito general que le haga caer como plomo (16).

**"Marcha de Trendelenburg".** En un informe del Congreso de la Sociedad Alemana de Cirugía, en Hoffa, 1895, se describe: "la verdadera causa de la cojera en la Luxación de la cadera, la atrofia de los glúteos medianos y menores, lleva consigo una inclinación de la pelvis", descendiendo del lado de la pierna que avanza. "La causa de esta desviación es que los abductores del muslo sustentador no llegan a sostener la pelvis horizontalmente después de los cambios anatómicos, ya sea por luxación, por el cambio de dirección de los músculos o por la atrofia que aumenta con la edad de la luxación". así como por una lesión del nervio Glúteo Superior tras una inyección (4,16).

**"Cojera de Duchenne".** Duchenne de Boulogne describió en 1867 la cojera por parálisis o insuficiencia del glúteo mediano en su libro *Physiologie des Mouvements* (Fisiología del Movimiento), página 340, párrafo 321:

"El trastorno funcional que mas me ha llamado la atención en los individuos cuyos glúteos mediano y pequeño estaban flácidos, es la inclinación de la pelvis del lado opuesto mientras estaban de pie sobre el lado enfermo. Entonces no pudiendo enderezar la pelvis, inclinaban fuertemente el tronco, del lado que descansaba en el suelo, para llevarlo a la línea de gravedad".(4,19).

#### VII ALTERACIONES EN LAS EXTREMIDADES.

*Marcha Antálgica o Claudicante.* Hay una tendencia a mantener la extremidad en una posición protectora que asegure la menor irritación posible a la articulación; suele consistir en flexión moderada, abducción y rotación externa, se apoya en el lado afectado lo menos posible y cuando camina, salta rápidamente para dejar en reposo a la extremidad dolorosa como en las artrosis o traumatismos (19). En ocasiones al evitar todo movimiento de la extremidad afectada el busto esta forzado a inclinarse hacia adelante, tanto para guardar el equilibrio como para suplir la fuerza de propulsión faltante simulando la salutación (12); algunos enfermos utilizan la marcha helicópoda sobre todo en anquilosis (19).

Dependiendo del nivel de las artrodesis, se manifestará la ausencia del movimiento en esa articulación sin que sea clínicamente evidente o doloroso (4).

*La Marcha en los Acortamientos.* Ya sea congénito, traumático o iatrogénico, cuando un miembro esta cortado, se pueden "elegir" dos métodos de compensación :

a) Extender al máximo el miembro mas corto. Se anda sobre la punta del pie del este miembro, situando la articulación tibiotarsiana en flexión plantar, compensando su impulso con la cadera y rodilla. Todo transcurre como si se marchara sobre un pilón amortiguador en el antepié; hay ligera flexión de rodilla útil sólo al principio del periodo de oscilación sin la presencia de una inútil elevación de la punta. En el periodo de recepción, el acceso al suelo y el apoyo se hace con la punta y la rodilla se mantiene en extensión; el miembro opuesto parece presentar una secuencia normal pero el pie se extiende poco y al llegar al doble apoyo de recepción el talón no llega primero sino la planta que lo hace en bloque (Fig 14).

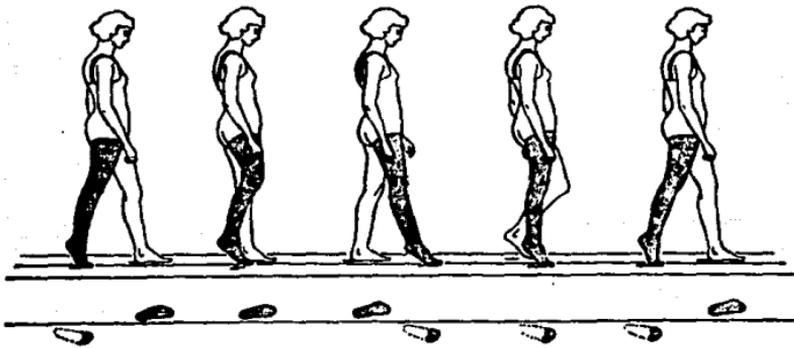


Fig 14. El acceso al suelo se realiza con la punta y la rodilla se mantiene en extensión; el miembro opuesto lo realiza con la planta en bloque, sin extensión del pie al impulso.

b) Doblar el miembro más largo. Esto se logra por flexión de rodilla y cadera; en el lado corto hay un desarrollo normal del ciclo de la marcha, pero en el miembro normal hay flexión permanente de la rodilla, acompañada de flexión dorsal exagerada del pie con ausencia de despegue del talón durante el doble apoyo de impulso así como ausencia de ataque del talón en el de recepción (Fig 15).

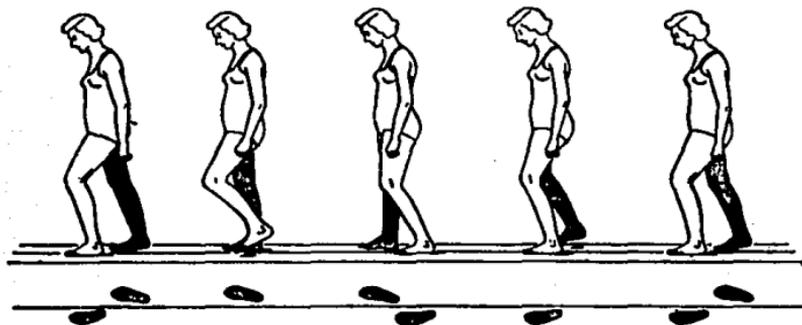


Fig 15. El lado corto con secuencia normal, el opuesto con flexión permanente de la rodilla y ausencia de despegue del talón durante el impulso y de ataque del mismo en la recepción.

En acortamiento más importantes, el sujeto asocia estos dos métodos y la flexión de la rodilla opuesta llega al máximo, desarrollando una *Marcha sentado o en Bajada de Escalón*, en la que el torso se inclina hacia delante en el impulso del lado más

corto, similar a la salutación (Fig 16); hay gran oscilación del centro de gravedad y en la horizontal, dependiendo del grado de inclinación (4,12).

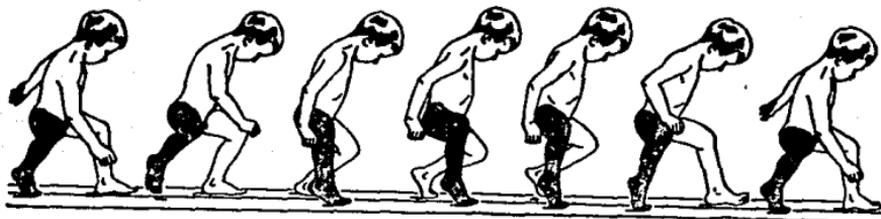


Fig 16. La rodilla opuesta con máxima flexión, desarrollando una *Marcha Sentado* o en *Bajada de escalón*.

#### VIII TRANSTORNOS PSICOGENOS

**Marcha Histérica.** Es irregular en su expresión: puede ser imposible la deambulación semejando una paraplejía flácida; si se manifiesta como hemiplejía, la marcha será distinta a la de las hemiplejías orgánicas pues el enfermo arrastrará el miembro "paralizado" como si se tratara de una pieza inanimada y no efectúa ningún movimiento de circunducción, no se esfuerza por levantarlo, pareciendo que barre. También llamada *Marcha Rastreado* o de *Todd*.

Transtornos frecuentes son la astasia o imposibilidad a permanecer de pie sin apoyarse; la Abasia o incapacidad para la

marcha con su cuadro combinado y por último la Acatisia que es la incapacidad para permanecer sentado largo tiempo (16).

## VARIACIONES NORMALES DE LA MARCHA

### IMPORTANCIA DE LA ESTATURA.

La talla va tener una importancia considerable, de hecho es la longitud de los miembros inferiores lo que cuenta.

El sujeto bajo tendrá que usar el máximo de oblicuidad pélvica que le permitirá dar un paso grande, habiendo abierto lo brazos de compás formado por los miembros inferiores y girado la pelvis, compensando esto con una rotación inversa de los hombros.

El sujeto alto mantiene la pelvis relativamente transversal a la línea de progresión y no utiliza la compensación escapular.

En las mismas condiciones de oblicuidad pélvica y apertura del ángulo del compás, la longitud del paso aumentará en proporción a la longitud de los miembros inferiores. Los altos utilizan esencialmente la flexión y extensión de las caderas y se sirve poco del paso pelviano, el cual es constantemente utilizado por los sujetos bajos, lo que es observable por la relativa agitación de su tronco en comparación con la de los sujetos altos que da una impresión mas rígida.

### IMPORTANCIA DEL CALZADO.

Hemos visto que la flexión plantar tibiotarsiana, controlada por el tríceps, constituye el principal factor de impulso en el pie, conjugándose con las articulaciones metatarsofalángicas; si el calzado limita el movimiento del tobillo por una caña muy alta o los del antepié por una suela rígida, el impulso se comprometerá.

En el apoyo sobre el suelo la flexión plantar permite un impulso ascensional que se transforma en traslacional, siendo el impulso limitado por la altura del talón; los tacones altos reducen este movimiento hasta el punto de que el impulso podálico sea inexistente, provocando contorsiones pelvianas que forzan la marcha tratando de compensar con aumento del paso pelviano, lo que no se obtiene con el impulso tibiotarsiano, por lo que no se halla justificación fisiológica para el uso de tacones altos, ya que la velocidad es reducida por estos en forma marcada aún sin afectar la cadencia, pero la longitud del paso disminuye por el compromiso del impulso ya citado.

En la marcha con pies descalzos, se comprueba el desarrollo del pánfculo adiposo de la planta en forma importante: la dermis se espesa, la epidermis sufre una transformación córnea, de acartonamiento, formando una capa protectora contra las irregularidades del suelo.

#### **IMPORTANCIA DE LA PENDIENTE DEL TERRENO.**

Existe una preocupación por el esfuerzo sagital que elimina el paso pelviano y toda torsión lateral.

La articulación tibiotarsiana se adapta a la pendiente colocando el pie en talo en subidas y en equino en bajadas.

En las subidas hay gran impulso tricípital, ayudado por el ángulo de la pendiente, el cuerpo se inclina hacia adelante, cayendo el centro de gravedad delante del mismo y creando un desequilibrio favorable al impulso ascensional que es primordial; los miembros se usan ambos como impulsores, eliminando la

recepción exclusiva a un sólo miembro siendo el anterior el que desempeña el impulso en forma preponderante.

En el descenso, los músculos frenadores actúan al máximo sobre los miembros inferiores, ayudados por los músculos vertebrales; el sujeto se encuentra inclinado hacia atrás y el miembro posterior el que inicia la fase de frenado, eliminando la exclusividad de la recepción a un miembro en forma similar al ascenso.

El hombro homólogo se sitúa encima del pie anterior con oblicuidad inversa a la marcha normal, las rodillas propulsoras (anterior en ascenso y posterior en descenso), están en flexión directa a la inclinación de la pendiente y ésta afecta en forma inversa a la longitud del paso.

#### IMPORTANCIA DEL TRANSPORTE DE CARGA.

El obeso y la mujer encinta presentan su centro de gravedad desplazado hacia adelante, marchan con lordosis y evitan el desplazamiento lateral (4); mientras el subalimentado calcula el menor esfuerzo, presenta inclinación de la cabeza y aumento de la cifosis, avanza arrastrando los pies (12); el sujeto que carga una mochila usa el paso pelviano y la compensación escapular (4), con las rodillas flexionadas y el busto inclinado hacia adelante, abordando el suelo con la planta y avanzando a resbalones (12), guardando la movilidad de los miembros superiores. La actitud de

las manos en los bolsillos o cargar una maleta se oponen al paso pelviano y a la compensación escapular (4).

#### IMPORTANCIA DE LA OCUPACION

El marino, habituado a la movilidad del barco, con desplazamientos del centro de gravedad, alarga su base de sustentación separando las piernas y flexiona caderas y rodillas para conservar una elasticidad permanente, lo que se traduce en tierra firme como una lateralidad constante, análoga a la de operadores de trenes y mecánicos; el campesino presenta un paso lento similar al de su carretilla y su pareja con lordosis lumbar disminuída; el albañil, acostumbrado a la carga de la artesa sobre la cabeza, presenta balanceos que anulan las oscilaciones del mortero y una vez libre e carga avanza con pasos rápidos y el balanceo aumenta; el montañés por su parte presenta un paso lento y pesado, con largas zancadas apropiadas a la montaña; mientras el granjero separa el pie en forma mínima y flexiona poco la rodilla en el periodo oscilante (12).

## EVOLUCION DE LA MARCHA A TRAVES DE LA EDAD.

Los primeros pasos en el ser humano son extraordinariamente tardíos en comparación con otros cuadrúpedos que tienen la noción del equilibrio desde que nacen o días semanas o pocos meses después (4).

Normalmente el niño se mantiene de pie e inicia la marcha alrededor del año de edad; existen variaciones fisiológicas sobre el momento de su inicio, impuestas por el estado de salud general no sólo presente sino pasado, debiendo considerarse los trastornos alimentarios y enfermedades acaecidas en el primer periodo de vida, que vulneran el tono muscular y la tensión ligamentaria y retrasan, por ende, la aparición de la acción normal sustentadora de carga y propulsora de los miembros inferiores; así mismo el peso excesivo frecuente en esta edad. El sentido del equilibrio, precario a esta edad determina caídas frecuentes que desalientan al niño y posponen el inicio de la deambulaci6n. La tendencia com6n de los padres a estimularlo precozmente a mantenerse en pie y caminar, ayud6ndole y ensen6ndole, determina un adelanto a la funci6n, pero esta precocidad resulta perjudicial ya que cuanto menor es el ni6o, mayor es la plasticidad de su esqueleto aunado a la plasticidad ligamentaria y la relativa falta de potencia y resistencia muscular son r6pidamente influenciados por las presiones de carga, agravado por el aumento del ancho de la base de sustentaci6n por

la deficiencia en el desarrollo de su equilibrio, por lo que la descarga es arrojada preponderantemente sobre el borde interno de pie con aplanamiento parcial de su arco interno como consecuencia; cuando comienza a andar, los pasos son vacilantes, descargando con lentitud alternativamente el peso del cuerpo sobre uno y otro pie lo que alarga el tiempo de apoyo sobre cada uno, lo que resulta en un esfuerzo considerable a sus débiles estructuras; la marcha posteriormente, se desarrollará en forma poco armoniosa remedando la del adulto afectado por pie plano grave.

Normalmente, al principio, el niño efectúa sólo algunos pasos, se parará, se sentará para iniciar una nueva práctica; en forma lenta y gradual, de "motu proprio", sin ayuda externa ni estímulos perjudiciales, el niño va desarrollando su sentido del equilibrio y acercando sus miembros, gracias a lo cual la línea de descarga se trasladará a la parte externa del pie lo que favorece la distribución de las presiones, la tensión interna en el pie disminuye con la consiguiente descarga sobre los ligamentos y músculos de esa zona que desde este momento actuarán en forma más eficiente además de la actitud erecta estimuladora; todos estos hechos determinan la función de los pies como órganos propulsores dando como resultado la aparición de una marcha armoniosa y elástica (21).

La marcha normal implica no solamente conformación anatómica del pie, sino una correcta coordinación muscular, integridad de los órganos del equilibrio y del sentido articular y muscular,

todo esto interactuando con la maduración del Sistema Nervioso Central (13), cuya falta produce la falta de refinamiento en los patrones de movimiento, ya que las regiones que controlan los miembros inferiores son las menos avanzadas y se manifiestan más en articulaciones distales (25). La aparición de hitos evolutivos nos marca la progresión del control de los patrones reflejos a edades específicas, y el hecho de que un niño logre el control postural necesario para la bipedestación no implica la adquisición inmediata de una forma madura de marcha (13,21,22).

Los niños de 1 año de edad caminan a menor velocidad (promedio 60 cm/sec), con una longitud más corta (20 cm) y mayor cadencia (180); el 4o Tiempo o fase de Postura Media u Oscilación es menor y no presenta balanceo recíproco de extremidades superiores, el ancho del paso es menor, además hay una flexión mayor de rodilla debido a una inadecuada fuerza de contracción de los flexores plantares del tobillo, que proporciona (la flexión) más estabilidad al miembro sustentador; el tobillo presenta flexión plantar en el tercer tiempo o Fase de Doble Apoyo de Recepción, lo que se traduce en marcha con pie plano y menos dorsiflexión en la fase de Balanceo o 2o Tiempo (13,25,26), representando un intento para ganar estabilidad por la desventaja mecánica de un centro de gravedad alto, que en el nacimiento es en el punto donde la Vena Cava penetra al Diafragma (25), se observó así mismo una mayor flexión y abducción de la cadera y un incremento en la inclinación pélvica (13,25,26).

El balanceo de los miembros superiores aparece a los 18 meses, al igual que la recepción del talón en el Apoyo de Recepción del 3er. tiempo, el cual aparece a la 22a. semana de haber iniciado la marcha independiente (26).

A los dos años, se observa un incremento en la velocidad y un decremento en la cadencia (13), así como una mayor longitud del paso que puede ser por aumento de la flexión de la cadera del miembro impulsor, sin relación a la estatura (25), pero la longitud de las extremidades es preponderante, en relación a los de 1 año; el tiempo de Postura es mayor y la tendencia al balanceo de miembros superiores es mayor; el choque del talón y la dorsiflexión en el balanceo es mas común, constituyendo un patrón del adulto; la rotación externa y al abducción de la cadera, al igual que la inclinación pélvica es menor (13).

Alrededor de los 3 años de edad, están presentes la mayoría de los patrones de movilidad el adulto, los cambios de velocidad, la longitud del paso y la cadencia, cambios que continúan hasta los 76 años (13,26); con la maduración y el crecimiento, la longitud del paso y la velocidad aumentan, mientras la cadencia disminuye, asumiendo los patrones del adulto, que puede darse a los 3 años (13,26, ), a los 4 (21), o a los 5 años (22). El paso pelviano se utilizará hasta los 2 o 3 años (4); la actividad muscular disminuye por la maduración en los distintos tiempos (13).

La marcha en niños de 4 a 6 años no muestran cambios debido al crecimiento al cabo de tres meses, pero los menores de 4 años los muestran en ese lapso, lo que tiene significancia clínica por el

análisis de la marcha en esos niños al cabo de tratamientos o simple control (22).

La movilidad articular en la marcha de los niños no son característica de madurez o inmadurez y difiere solo ligeramente de los de los adultos. Las diferencias muy notorias en estos moviidades indican enfermedad o lesión del Sistema Músculo Esquelético, no inmadurez, por lo que se concluye que hay 5 elementos que la determinan: 1) cadencia, 2) longitud del paso, 3) velocidad, 4) duración del 4o Tiempo y 5) relación del ancho de la pelvis con la separación de los tobillos (26).

El adolescente adoptara una forma de andar en la que intervienen elementos como pelvis ancha, con balanceo o traslación escapular; piernas cortas con uso precoz del paso pelviano y su compensación o contrariamente, piernas largas que conservan un torso más rígido y menos agitado (4).

En los adultos, la edad y la talla influyen en forma mínima en la duración del ciclo: desde 1 seg hasta 0.93 seg. dependiendo de la talla; la cadencia disminuye hacia los 60 años y mas al igual que la longitud de los pasos, en cuanto a la anchura del mismo no hay relación sistemática y aunque se espera que en sujetos de 60-65 años sea más ancha, no lo es y su apariencia esta dada por la rotación externa de los ortejos que apuntan hacia afuera y al aumento del ángulo del paso para seguir obteniendo estabilidad adicional por declinación del Sistema Neuromusculoesquelético; la disminución de la rotación pelviana en los sujetos mayores se debe a típicas longitudes de paso cortas (23).

Disminuye la elasticidad ligamentaria y la relativa rigidez vertebral explica la ausencia del uso del paso pelviano; así mismo en estos sujetos de 65 años o más el uso de bastón en franco ensanchamiento de la base de sustentación, recuerda la Marcha Cuadrúmano por conseguir apoyo externo adicional (4).

#### DIFERENCIAS EN LA MARCHA SEGUN EL SEXO.

La forma de andar puede ser estudiada según el sexo: en la joven la lordosis lumbar aumentará en la pubertud debido al peso de los senos y como se observó, los tacones altos agregan un factor a este desequilibrio, mientras el hombre presenta una atenuación de la lordosis lumbar (4).

Algunos componentes de la marcha presentan alto grado de variabilidad por el estereotipo de ciertas mujeres que se manifiesta en los patrones de rotación sagital de los miembros inferiores, la trayectoria vertical y lateral de la cabeza, la anteposición de la pelvis y su inclinación transversal exagerada. La mujer muestra amplitudes de movimiento menores que el hombre debido a la menor longitud de sus extremidades, lo que condiciona una menor velocidad y longitud del paso. De hecho su cadencia tiende a ser mayor que el hombre y esto manifiesta aun más con el uso de tacones altos.

Parece ser una actitud masculina el mostrar desviaciones laterales de cabeza y tórax y menor de la pelvis; contrariamente la actitud femenina aparece caracterizada por menor desviación lateral de cabeza y tórax pero mayor de la pelvis, así como

rápido contacto con el suelo por el pie para agrandar la base de sustentación en el uso de tacones altos; la hiperflexión de la rodilla para desplazar el centro de gravedad al antepié. La menor flexión del codo y la disminuída hiperextensión del hombro también forman parte de esta actitud al caminar (24).

La variación de la marcha femenina con la edad, es similar a la de los hombres, con la inclusión de que la actitud femenina se hace menos aparente con forma avanza la edad (24).

## SINTESIS

Es el nivel primario, formado por médicos generales y el secundario integrado por ortopedistas, a quienes corresponde actuar conjunta y coordinadamente en la detección y ulteriormente en la solución de alteraciones y problemas de la marcha humana.

El ortopedista centraliza su objetivo en otorgar libertad de desplazamiento a todo paciente; alcanzando éste, así, una independencia invaluable para su propio desarrollo como individuo al reintegrarse en forma útil y libre a su trabajo y a sus actividades cotidianas, lo cual se logra con una marcha funcional y sobre todo indolora que no limite al paciente en su campo de acción.

Es la exploración superficial y breve de la marcha el mayor obstáculo para emitir un diagnóstico preciso, el cual se obtiene por un buen análisis de la misma.

La marcha es el reflejo y parámetro que utilizamos para valorar los resultados de nuestros tratamientos, a partir de la comparación previa y posterior a los mismos, basándonos en el objetivo ya mencionado de todo ortopedista: hacer caminar al paciente.

Los libros y artículos que hacen hincapié en la exploración de la marcha, crean confusión, dando como resultado que el ortopedista actual, difícilmente la describan en forma clara para que un tercero comprenda el tipo y desarrollo de la marcha a la que se haga mención.

Es necesario disponer de una metodología sencilla y práctica para describir la marcha y que sea fácilmente interpretada por otros colegas, por lo que se pone a consideración el siguiente formato anexo que puede servir como guía para emprender una rutina de exploración dirigida primero al miembro afectado y luego al sano sin omitirlo por su "normalidad", sino considerándolo por sus mecanismos de compensación.

## FORMATO PARA LA EXPLORACION DE LA MARCHA

NOMBRE DEL PACIENTE:

EDAD:

SEXO:

**I. CARACTERISTICAS**

A) POSIBLE SI ( ) NO ( )      B) INDEPENDIENTE SI ( ) NO ( )

C) ASISTIDA CON:      MULETAS ( )      ANDADERA ( )      BASTON ( )      OTROS ( )

ESPECIFIQUE:

D) LONGITUD DEL PASO.      NORMAL ( )      AUMENTADA ( )      DISMINUIDA ( )

E) BASE DE SUSTENTACION.      NORMAL ( )      AUMENTADA ( )      DISMINUIDA ( )

F) VELOCIDAD.      NORMAL ( )      AUMENTADA ( )      DISMINUIDA ( )

G) LINEA DE PROGRESION.      RECTA HACIA ADELANTE ( )      DESVIACION A LA

DERECHA ( )      DESVIACION A LA IZQUIERDA ( )      ZIG-ZAG ( ).

**II. TIPO DE MARCHA**

HELICOPODA ( )      ESPASTICA ( )      PENDULAR FLACIDA ( )

ATAXICA ( )      ESTEPAJE ( )      POLINEURITICA ( )

TRENDELENBURG ( )      DUCHENNE ( )      ANTALGICA ( )

PARALISIS DEL CUADRICEPS ( )      BAJADA DE ESCALON ( )

SENIL ( )      OTRA (ESPECIFIQUE):

**III. IMPULSO POR APOYO POSTERIOR**

A) ESTRUCTURA IMPULSORA.      ANTEPIE ( )      BARRA LATERAL ( )

DORSO DEL PIE ( )      POR FLEXION EXAGERADA DE RODILLA ( )

B) EXTENSION DE CADERA ( )      FLEXION DE RODILLA ( )

AUSENTE ( )      AUSENTE ( )

EXTENSION TIBIO TARSIANA ( )      AUSENTE ( )

C) ESPECIFIQUE MOVIMIENTO ANORMAL:

**IV BALANCEO U OSCILACION.**

A) TRAYECTORIA.      RECTILINEA ( )      CURVA EXTERNA ( )

B) POSICION DEL PIE.    EQUINO ( )    VARO ( )    ADDUCTO ( )

C) BALANCEO.      ESCAPULAR ( )    TRONCO ( )    PELVIS ( )

D) COMPENSACION DE ACORTAMIENTO.

HIPERFLEXION DE LA RODILLA CONTRALATERAL ( )

HIPERFLEXION PLANTAR HOMOLATERAL ( )

**V RECEPCION O CHOQUE DE TALON.**

A) ESTRUCTURA DE CHOQUE.    TALON ( )    PLANTA ( )    ANTEPIE ( )  
     DEDOS ( )    BARRA EXTERNA ( )    BARRA INTERNA ( )    DORSO ( )

B) CAIDA DE ANTEPIE.    ACTIVA ( )    PASIVA ( )

C) GIRO TORACICO.    PRESENTE ( )    AUSENTE ( )    INVERSO ( )

**VI POSICION MEDIA**

A) ESTRUCTURA EN CONTACTO.    TALON ( )    PLANTA ( )    ANTEPIE ( )  
     DEDOS ( )    BARRA EXTERNA ( )    BARRA INTERNA ( )    DORSO ( )

B) CLAUDICACION.    SI ( )    NO ( )

**VII OBSERVACIONES.**

## BIBLIOGRAFIA

1. Bombelli R. Artrosis de la Cadera: 2a Edición, Salvat Editores; Barcelona, 1985.
2. Cailliet R. Síndromes Dolorosos: Rodilla; 2a Edición, El Manual Moderno; Mexico, 1985.
3. Cailliet R. Síndromes Dolorosos: Tobillo y Pie; 2a Edición, El Manual Moderno; Mexico, 1985.
4. Ducroquet R, Ducroquet J y Ducroquet P. Marcha Normal y Patológica; 1a Edición, Toray-Masson; Barcelona, 1972.
5. Frankel VH, Burstein AH. Biomecánica Ortopédica; 1a Edición, JIMS; Barcelona, 1967.
6. Giannestras NJ. Transtornos del Pie; 2a. Edición, Salvat Editores; Barcelona, 1979.
7. Helfet AJ, Gruebel Lee DM. Disorders of the Foot; 1st. Edition, Lippincot Co.; Philadelphia, 1980.
8. Hoppenfeld S. Exploracion Física de la Columna Vertebral y las Extremidades; 1a. Edición, El Manual Moderno; México 1979.
9. Inman VT. Human Walking; 2nd Edition, Lippincot Co.; Philadelphia, 1985.
10. Insall JM. Cirugía de la Rodilla; 1a Edición, Ed. Médica Panamericana; Buenos Aires, 1986.
11. Kapandji IA. Cuadernos de Fisiología Articular No. 2; 3a. Edición, Masson; Barcelona, 1985.
12. Lelievre J, Lelievre JF. Patología del Pie; 4a. Edición, Toray-Masson; Barcelona, 1982.
13. Lovell WW, Winter RB. Ortopedia Pediátrica; 1a Edición, Ed. Médica Panamericana; Buenos Aires, 1988.
14. Ortega Cardona M. Propedéutica Fundamental; 14a Edición, Mendez Oteo; México, 1983.

15. Owen R, Goodfellow J. Fundamentos Científicos de Ortopedia y Traumatología; 1a. Edición, Salvat Editores; Barcelona, 1984.
16. Surós FJ, Surós BJ. Semiología Médica; 6a Edición, Salvat Editores; Barcelona, 1978.
17. Tachdjian MO. Ortopedia Pediátrica; 1a Edición, Nva. Ed. Interamericana; México, 1988.
18. Hughes J, Clark P, Klenerman L. The Importance of the Toes in Walking. J Bone Joint Surg [Br] 1990; 72-B:245-251.
19. Tronzo RG. Cirugía de la Cadera; 1a. Edición, Ed. Médica Panamericana; Buenos Aires, 1980.
20. Weber BG. Lesiones Traumáticas de la Articulación del Tobillo; 1a. Edición, Ed. Científico Médica; Barcelona, 1982.
21. Ruiz V. Pie Plano en el Niño; 1a. Edición, Ed. Médica Brascia; Buenos Aires, 1956.
22. Beck RJ, Andriacchi TP, et.al.; Changes in the Gait Patterns of Growing Children; J Bone and Joint Surg [Am]; 63-A:1452-1457, Dec 1981.
23. Murray MP, Drought AB and Kory RC; Walking Patterns of Normal Men; J Bone and Joint Surg [Am] 46-A:335-360, March 1964.
24. Murray MP, Kory RC, Sepic SB; Walking Patterns of Normal Women. Arch. Phys. Med and Rehab, 51:637-650, 1970.
25. Statham L and Murray MP; Early Walking Patterns of Normal Children. Clin Orthop 79: 8-24, 1971.
26. Sutherland DH, et.al.; The Development of Mature Gait; J Bone and Joint Surg [Am] 62-A:336-353. April 1980.
27. Todd FN, et. al.; Variations in the Gait of Normal Children. J Bone and Joint Surg [Am] 71-A: 196-204, February 1989.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA