



BIOCIENCIAS

Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud

Vol. 1- año 2003

SEPARATA



ANÁLISIS DE LA MARCHA. FACTORES MODULADORES

Susana Collado Vázquez, Felipe Pascual Gómez, Antonio Álvarez Vadillo,

Luis Pablo Rodríguez Rodríguez

Universidad Alfonso X el Sabio

Facultad de Ciencias de la Salud

Villanueva de la Cañada

© Del texto: Susana Collado Vázquez, Felipe Pascual Gómez, Antonio Álvarez Vadillo, Luis Pablo Rodríguez, Rodríguez
mayo, 2003.

http://www.uax.es/publicaciones/archivos/CCSREV03_002.pdf

© De la edición: BIOCIENCIAS. Facultad de Ciencias de la Salud.

Universidad Alfonso X el Sabio.

28691, Villanueva de la Cañada (Madrid).

ISSN: 1696-8077

Editor: Susana Collado Vázquez ccsalud@uax.es

No está permitida la reproducción total o parcial de este artículo, ni su almacenamiento o transmisión por cualquier procedimiento, sin permiso previo por escrito de la revista CIENCIAS DE LA SALUD.

ANÁLISIS DE LA MARCHA. FACTORES MODULADORES.

Susana Collado Vázquez

Dr. en Medicina y Cirugía. Profesor Asociado. Coordinador de Motricidad
Escuela de Fisioterapia de la Facultad de Ciencias de la Salud de la universidad Alfonso X el Sabio.

Felipe Pascual Gómez

Especialista en Rehabilitación del Hospital Clínico Universitario de Madrid. Profesor Asociado de la
Universidad Complutense de Madrid.

Antonio Álvarez Vadillo

Profesor Titular de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid

Luis Pablo Rodríguez, Rodríguez

Catedrático de Rehabilitación. Director del Departamento de Medicina Física y de Rehabilitación de la
Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid. Jefe del Servicio de Rehabilitación del
Hospital Clínico Universitario de Madrid.

Dirección de correspondencia:

Susana Collado Vázquez. Despacho CH06. Universidad Alfonso X el Sabio. Villanueva de la Cañada.
scollvaz@uax.es

RESUMEN:

La marcha bípeda es la forma de desplazamiento característica del hombre, que le diferencia del resto de especies animales. (1, 2, 3)

Cada individuo tiene una forma peculiar de caminar y correr e incluso se puede identificar a una persona por su manera de andar o por el sonido de sus pasos. (4)

Son muchos los factores que pueden modificar el esquema general de la marcha; extrínsecos e intrínsecos, fisiológicos o patológicos, físicos o psíquicos, y las modificaciones que producen en el patrón de marcha pueden ser transitorias o permanentes.

PALABRAS CLAVE:

Marcha, movimiento, calzado, cinética, cinemática, plataformas de fuerza.

ABSTRACT:

Biped gait is the characteristic form of man's displacement that differentiates it from the rest of species animals.

Each individual has a peculiar form to walk and to run and even it's possible to identify a person by the way to walk or by the sound of its steps.

Many factors exist which could modify the gait pattern, so much extrinsic factors as intrinsic, physiological or pathological, physical or psychic ones, and the modifications in the gait pattern can be transitory or permanent.

KEY-WORDS:

Gait, movement, shod, kinetic, kinematics, force plates

1. INTRODUCCIÓN:

El estudio de la marcha ha interesado desde tiempos remotos y los métodos para su evaluación han avanzado mucho, se han perfeccionado y simplificado las técnicas para su análisis y se han desarrollado nuevos métodos que permiten valorar los distintos parámetros de la marcha de forma objetiva y eficaz, apreciar los factores que pueden modificarla, diagnosticar alteraciones del patrón de marcha en diversas patologías y lesiones traumáticas, y realizar un control y seguimiento de pacientes para observar la evolución de los mismos, valorar la efectividad del tratamiento, recuperación tras una intervención quirúrgica, necesidad de ayudas técnicas, etc. El proceso de deambulación está modulado o modificado por muchos factores, tanto extrínsecos (Ej. terreno, calzado, vestido, transporte de carga) como intrínsecos (Ej. sexo, peso, altura, edad.); físicos (Ej. peso, talla, constitución física), como psicológicos (Ej. personalidad, emociones); fisiológicos (Ej. características antropométricas) como patológicos (Ej. traumatismos, patología neurológica, musculoesquelética, trastornos psiquiátricos), y los cambios que imprimen en el patrón de marcha habitual pueden ser transitorios o permanentes.

2. FACTORES EXTRÍNSECOS:

Naturaleza del suelo:

El ser humano camina de forma distinta según el tipo de terreno sobre el que se desplace; parquet, alfombra o moqueta, una calle empedrada, asfalto, arena, hierba, nieve o hielo, subida y bajada de pendientes, etc.

Se ha observado que los impactos del pie sobre el suelo aumentan cuando se camina sobre pavimentos duros como asfalto o terrazo, mientras que se suavizan cuando el sujeto camina sobre suelos naturales como madera, hierba o arena. (5, 6, 7).

La subida y bajada de pendientes también modifica la forma de desplazamiento. En la subida de una pendiente los pies están en talo, gracias a esto existe una gran posibilidad de impulso tricípital. El cuerpo se inclina un poco hacia delante y el centro de gravedad tiende a sobrepasar el pie más adelantado, lo que crea un desequilibrio favorable. Los músculos tríceps, cuádriceps y glúteo mayor desarrollan su máxima acción, asociados a los músculos dorsales. En ocasiones durante el ascenso el sujeto se ayuda apoyando las manos sobre la rodilla anterior que está flexionada. (8)

En el descenso los pies están en equino. La persona se encuentra inclinada hacia atrás. El miembro posterior es el que comienza la acción de frenado. En la subida de la pendiente lo fundamental es el impulso para ascender, en el caso de la bajada lo más importante es el frenado. En el ascenso y descenso de pendientes no se puede hablar de un miembro impulsor y otro de recepción como en el caso de la marcha por terreno llano, pues en el ascenso ambas extremidades inferiores participan en el impulso, y en el descenso los dos miembros inferiores intervienen en la acción de frenado. La longitud del paso será tanto más reducida cuanto mayor sea la pendiente, tanto en la subida como en la bajada. La rodilla delantera, propulsora durante la subida y la trasera, que actúa como freno durante la bajada, se encuentran en flexión, y ésta será mayor cuanto mayor sea la pendiente. (8)

Calzado:

Cuando los hombres primitivos se lesionaron los pies con piedras e irregularidades del terreno o sintieron frío, o los efectos de la humedad, empezaron a cubrir sus pies con hojas de plantas trenzadas, cortezas de árboles y pieles de animales. El calzado tenía un significado funcional y protector. (6, 9, 10, 11) A esta función protectora se añadió después la moda y, asimismo, se convirtieron en signo de dignidad. Con la evolución del vestido y los usos y costumbres se empezaron a poner de moda los zapatos de tacón alto, las mujeres venecianas, por ejemplo, sólo podían caminar apoyándose en sus sirvientas pues utilizaban tacones de más de 20 cm. (9, 10, 11)

La población de los países desarrollados utiliza habitualmente calzado para la deambulaci3n para proteger el pie contra heridas, golpes, humedad y frío. (9) En circunstancias especiales (medio industrial, deportivo), ese calzado habrá de tener unas características particulares y estar dise1ado de tal forma que facilite la

realización de una determinada actividad. Dado que el contacto con el suelo se realiza mediante el calzado, éste, lógicamente, ha de influir en la marcha. (6)

El calzado ideal ha de amortiguar los impactos durante la marcha, el salto o la carrera, (5, 12) controlar los movimientos del pie, proporcionar una adecuada sujeción podálica, y al mismo tiempo permitir movimientos de los dedos cuando el sujeto camina o cuando lleva a cabo una actividad deportiva. (13, 14)

Las características del calzado que más influyen en la marcha son el tacón (altura y anchura), la capacidad de amortiguación, peso del calzado, material, control de movimientos, tamaño, etc. Estas características del calzado pueden modificar la intensidad de las presiones plantares y su distribución, pueden influir en la postura y estabilidad del sujeto, en la marcha, e incluso pueden provocar dolor y diversas lesiones. (6, 15-17)

a. Tacón:

La presencia de tacón y la altura y anchura del mismo influyen en el proceso de marcha. (1,7,18)

Las mujeres son las que presentan más alteraciones y patologías asociadas al hecho de utilizar calzado, principalmente por el empleo de zapatos de tacón alto. El calzado femenino viene definido por una serie de normas sociales y estéticas, y las repercusiones que este calzado pueda tener sobre la salud de la mujer suelen quedar en un segundo plano. (9)

El tacón modifica la posición del pie y del resto del cuerpo, lo que produce una alteración postural en posición estática y una modificación de la distribución de cargas y presiones plantares en el pie, relacionadas con alteraciones en el patrón de marcha y en la forma de contacto con el suelo.(6)

En bipedestación el uso de tacones altos provoca un aumento de la flexión plantar del pie y modificaciones posturales, con un desplazamiento hacia delante del centro de masas y tendencia a caerse en esa dirección, así como aumento de la lordosis lumbar y frecuentes lumbalgias. (7)

Los calzados de tacón alto modifican el reparto de cargas. En una persona descalza en bipedestación el retropié soporta un 60% de la carga, mientras que el antepié soporta un 40%, si la persona lleva un calzado cuyo tacón es de unos 2 cm, estas cargas se equilibran, pero según aumenta la altura del tacón, el antepié va soportando una mayor presión. (15)

Al caminar con zapatos de tacón alto también se producen modificaciones en la distribución de las cargas. En el sujeto que camina descalzo el centro de presiones se localiza entre la segunda y tercera cabezas metatarsianas, y la presión es mucho menor en las demás cabezas de los metatarsianos, mientras que con un calzado las presiones son semejantes en la primera, segunda y tercera cabezas metatarsianas. Según aumenta

la altura del tacón aumenta la presión en el antepié y además se desplaza el centro de presiones, y es el primer dedo el que soporta una mayor presión, seguido del segundo y del tercero. (6, 15, 18)

En la mujer que camina con calzado de tacón alto están disminuidas la longitud del paso y la velocidad, aunque no se observa modificación de la cadencia. (8, 18)

La fase de apoyo es menor con el pie descalzo que con el pie calzado y esa duración aumenta cuanto mayor es el tacón; se pretende conseguir una mayor estabilidad en la marcha que resulta más insegura cuanto más alto y fino es el tacón, pues ofrece muy poco apoyo en el retropié, por eso al caminar con calzado de tacón alto se reducen las fases de apoyo monopodal. (7, 18)

b. Capacidad de amortiguación:

Durante la marcha bipodal las extremidades inferiores están sometidas a una serie de cargas derivadas de su interacción con el suelo. En el contacto inicial esas cargas son más bruscas e incluso se habla de impactos (Choque de talón o impacto de talón). (5) Los pies tienen sistemas naturales de amortiguación, pero las características del calzado también influyen en la amortiguación de los impactos que se producen durante la marcha o la práctica deportiva.

Al caminar los impactos del pie sobre el suelo son, aproximadamente, del orden del peso del cuerpo, pero al correr, saltar o practicar diversos deportes, esas fuerzas pueden duplicarse, y hasta multiplicarse por diez, dependiendo de la modalidad atlética practicada y el tipo de terreno. (5)

El ser humano posee unos mecanismos de amortiguación como las acciones del tibial anterior y del cuádriceps, o la eversión subastragalina durante la fase inicial de apoyo. Los tendones y ligamentos del pie también absorben parte de la energía de choque, si bien el primer elemento que ejerce su acción amortiguadora es la almohadilla del talón, masa flexible de tejido adiposo que tiene un espesor de unos 18 milímetros y que se encuentra entre el calcáneo y la piel. Esta almohadilla posee una gran capacidad de absorción de los impactos. (5, 18)

La intensidad de choque depende de la capacidad del aparato locomotor para absorber los impactos pero también de diversos factores extrínsecos como la forma de contacto con la superficie de apoyo, la velocidad de la marcha, el tipo de terreno y el calzado. De todos ellos el que despierta un mayor interés es el calzado pues según su diseño puede modificarse su capacidad de amortiguación (material de la suela y plantilla, forma, rigidez, altura del tacón, etc). (5, 6, 14, 18) El calzado ideal sería aquel que estuviera adaptado a las condiciones individuales de cada sujeto, al tipo de actividad que se vaya a llevar a cabo y a la naturaleza del terreno, ya que no es lo mismo si se va a utilizar sobre un pavimento duro o sobre otro más flexible, si se

trata de un calzado para caminar, correr, saltar o jugar al fútbol, si es para un niño, un joven o un anciano, o si es un calzado para una persona sana o para otra con patologías. (6, 13, 16)

Con taloneras posteriores, contrafuertes duros y plantillas se puede conseguir aumentar la capacidad de amortiguación del calzado hasta en un 15% más. (19)

c. Peso del calzado:

Utilizar un calzado pesado conduce a marchas más lentas y a caminar con una oscilación lateral compensadora, consecuencia de lo insuficiente que resulta el glúteo mediano para levantar la carga que constituye cada bota o zapato pesado. Si se emplea habitualmente ese tipo de calzado de gran peso esas oscilaciones laterales no sólo se observarán cuando emplee ese calzado pesado, sino en cualquier situación, pues habrán pasado a formar parte de su patrón de marcha habitual. (8, 18)

d. Material:

El material con que está fabricado el calzado tiene también gran importancia, tanto en la marcha como en la práctica deportiva. (18, 19)

La suela ha de ser de estructura y material capaces de mitigar el impacto contra el suelo.(5, 12, 18, 19).

En deportes como el fútbol el calzado debe facilitar movimientos como la flexión dorsal y el control y golpe de balón de forma adecuada para evitar lesiones, por ello se han de emplear en la fabricación de las suelas materiales ligeros y con gran capacidad de absorción. (14)

e. Control de movimientos:

Es preciso que el pie pueda moverse dentro del zapato pero que a la vez esté sujeto. El calzado ha de ajustarse bien al pie excepto en la zona de la puntera, donde los dedos no han de quedar comprimidos y han de poder moverse. (5, 12, 18)

Suelen emplearse contrafuertes que permiten cierto control y sujeción del tobillo y parte trasera del pie. En el caso de los futbolistas estos contrafuertes son de gran importancia en la amortiguación, flexibilidad y facilidad del control del balón. Los cordones de los zapatos son otro elemento que sirve para ajustar el calzado y la lengüeta sirve para proteger el pie de una tensión excesiva de los cordones y proporcionar un ajuste adecuado del calzado. (14)

f. Tamaño:

El calzado ha de tener una longitud y una anchura adecuadas para que el pie quede sujeto pero no comprimido.

Es importante que la puntera sea amplia para permitir los movimientos de los dedos. (18)

g. Otros factores:

También influyen en la marcha la rigidez del calzado (zapatos muy rígidos pueden provocar dolor), distribución de las presiones, aspectos de rozamiento, etc. (5, 18)

Vestido:

Las características de la ropa pueden condicionar el patrón de marcha normal; el peso de la ropa, la comodidad o incomodidad de la misma, que sea más o menos amplia y permita o no realizar los movimientos adecuadamente. Por ejemplo, un abrigo muy pesado hace que el sujeto camine un poco encorvado, o una falda muy estrecha obliga a caminar a pequeños pasos, por poner algunos ejemplos.

Profesión:

La realización de ciertas actividades de forma habitual, con repetición de una serie de gestos y movimientos o mantenimiento frecuente de ciertas posturas, por ejemplo durante el desempeño de la actividad profesional o de la práctica de deportes, danza, etc, pueden introducir modificaciones en la marcha.

Algunos profesionales como los militares y los modelos de pasarela son entrenados para que caminen de una determinada manera. En todos los ejércitos del mundo el paso cadencioso a un ritmo más o menos rápido es parte integrante de la disciplina militar.

Un ejemplo de la influencia de la profesión en la marcha es el caso del marino o del pescador que, acostumbrados a los movimientos del barco para mantenerse en equilibrio sobre una superficie inestable, separan las piernas y de este modo aumentan su base de sustentación. Además mantienen las rodillas y caderas flexionadas. Cuando están en tierra esto se traduce en importantes movimientos de lateralidad.(7)

Las bailarinas de ballet clásico caminan de forma grácil y ligera, los jóvenes deportistas se desplazan con agilidad y flexibilidad y con el tronco erguido.

El espeleólogo después de un tiempo prolongado en una cueva puede experimentar momentáneamente trastornos del equilibrio al salir del subterráneo, tanto en bipedestación como durante la deambulación. Este mismo hecho puede observarse en mineros.

Las películas del Oeste han hecho familiar la figura del “cow-boy” o vaquero y su forma de caminar con las piernas arqueadas o varo de rodilla, por montar a caballo.

Las personas que permanecen en sedestación durante muchas horas al día (trabajos de oficina, taxistas, camioneros, etc) permanecen con rodillas en flexión y pueden presentar una limitación de la extensión necesaria para la marcha. (8)

Las actividades profesionales y deportivas, movimientos realizados y posturas que se adoptan con frecuencia en la realización de dichas actividades pueden modificar el patrón de marcha pero también hay que tener en cuenta la ropa y calzado que se emplean en el desempeño de dichas actividades y otros factores personales o influencias medioambientales.

Consumo de sustancias tóxicas:

El consumo de ciertos medicamentos, alcohol y drogas de abuso puede producir variaciones de la marcha por alteración de la percepción sensorial y la función mental del sujeto, con variaciones de las características del paso, velocidad y cadencia de la marcha, inseguridad durante el desplazamiento, caídas frecuentes, etc. (20, 21)

El consumo de alcohol provoca alteraciones de la percepción sensorial, del equilibrio, la coordinación y la realización de movimientos finos, lo que se traduce en alteraciones de la marcha y de los movimientos más precisos. (20, 21) El estado de embriaguez modifica la forma de andar del sujeto, su capacidad para realizar cambios posturales, mantener posturas o girar sobre sí mismo, por alteraciones de la coordinación y equilibrio.(20, 22, 23)

Drogas de abuso como la marihuana, anfetaminas, opioides, drogas de síntesis, etc. pueden producir alteraciones de la marcha por trastornos de coordinación y equilibrio, alucinaciones, alteraciones de la percepción, aparición de euforia y en otros casos aparición de apatía, torpeza, deterioro del juicio, concentración y memoria. (20-23)

Transporte de carga:

La persona que transporta cargas suele caminar con las rodillas flexionadas y el busto inclinado hacia delante. Si la carga es muy pesada aborda el suelo con toda la planta en lugar de hacerlo únicamente con el talón. (7)

Las variaciones que el transporte de carga imprime en la marcha van a depender no sólo del mayor o menor peso transportado, sino también de la distribución de la carga y la forma de transporte. (7,8)

La persona que lleva a la espalda una mochila de peso medio mantiene la movilidad de los miembros superiores, usa del paso pélvico y de la compensación escapular. Cuando la carga es mayor la persona se inclina hacia delante y en esa posición, al no encontrarse verticales los ejes del movimiento de rotación, la compensación escapular se ve comprometida, así como el paso pélvico. En este caso el sujeto suele ayudarse de un movimiento de traslación lateral del torso sin movimiento giratorio. Cuando la carga se transporta sobre la cabeza permite los giros pelvianos y escapulares en terreno llano, incluso cuando la marcha es

rápida. Caminar con las manos en los bolsillos o transportar una maleta pesada en una mano se oponen al giro escapular y al paso pélvico, y desaparece el movimiento de balanceo pendular de las extremidades superiores. (8)

También se pueden transportar cargas empujando una carretilla, tirando de un carrito de la compra o empujándolo, cargando el peso en un hombro, etc. lo que también modifica el patrón de marcha.

El transporte de carga aumenta el gasto de energía durante el proceso de deambulación. La cuantificación de ese mayor coste energético ha tenido gran interés en el campo militar pues los soldados han de transportar cargas pesadas como piezas de artillería, ropa y comida.

En un estudio hicieron caminar a sujetos jóvenes y sanos con una carga de 4Kg. y llevaron a cabo un análisis mediante filmación con cámara de vídeo y espirometría, observando que cuando el sujeto transporta carga la velocidad de la marcha disminuye y aumenta el gasto de energía. (24)

En otros estudios (25-27) se valoró el coste energético con el transporte de carga durante la marcha, con cargas en distintas distribuciones, concluyendo que el transporte de carga disminuye la velocidad y aumenta el consumo de energía, y que el transporte de carga en el tronco requiere pocos ajustes posturales y menor

consumo de energía que la carga transportada en las manos o extremidades superiores.

En un estudio se hizo caminar sobre unas plataformas dinamométricas de tipo piezoeléctrico a sujetos sanos que transportaban una carga de 8Kg en distinta distribución (a la espalda, en un hombro y en la mano) y se observó que el transporte en la mano era el que producía mayores variaciones de las fuerzas mediolaterales, con un mayor desplazamiento del centro de gravedad (28). (figura 1)

Otros autores (29) analizaron la influencia que tiene sobre la marcha el transporte de peso y observaron cambios posturales, como una mayor flexión de tronco, asimismo, en otros estudios (30) se valoró la



Figura1. plataformas dinamométricas.
Transporte de carga en la mano

influencia del transporte de carga empleando cargas variables, una única distribución de la carga y dos velocidades de marcha, concluyendo que el gasto de energía aumentaba según se incrementaban las cargas y la velocidad.

Práctica deportiva:

La práctica deportiva permite mantener más flexibilidad, agilidad, una mayor fuerza muscular, etc. aspectos que van a influir en la motricidad general del sujeto y, de manera particular, en su forma de desplazamiento.

En el caso de deportistas de élite no hay que olvidar la frecuencia de lesiones que pueden dejar secuelas que modifiquen las características del patrón de marcha del deportista.

3. FACTORES INTRÍNSECOS:

Género:

Diferencias en distintos parámetros del ciclo de la marcha entre hombres y mujeres podrían deberse a factores como la altura, el peso, calzado, etc, y no únicamente a la diferencia sexual. (6)

La lordosis lumbar suele ser mayor en la mujer que en el varón debido al peso de los senos y al empleo de tacones altos que desplazan hacia delante el centro de gravedad. (7)

Raza:

La raza o, más probablemente, las costumbres culturales y la clase social pueden modificar el patrón de marcha normal.

En algunos países orientales, por ejemplo, se enseñaba a las geishas a andar sobre papel mojado sin desgarrarlo para conseguir que caminaran con gracilidad y a pequeños pasos. En China se impuso a las mujeres la reducción de las dimensiones de los pies a un tercio de su tamaño natural, vendando y atando los pies hasta que quedaban deformados para proporcionar a las mujeres una marcha supuestamente más elegante y sensual. (11)

Fatiga:

La fatiga también introduce modificaciones en el esquema habitual de marcha pues obliga a la persona a caminar de forma que el gasto de energía sea mínimo; inclinado hacia delante, arrastrando los pies, con marcha lenta y vacilante. (7)

Los enfermos convalecientes que han estado mucho tiempo encamados separan más las extremidades inferiores al estar en bipedestación o al caminar pues se sienten inseguros, no logran apoyarse sobre un solo miembro inferior por fatiga muscular, problemas circulatorios, etc. y caminan lentamente, arrastrando los pies, con inseguridad y falta de equilibrio.

Edad:

Existen diferencias notables en la forma de caminar según avanza la edad.

a. Marcha del niño:

Entre los 13-15 meses el niño consigue la marcha independiente. Su marcha es insegura, inestable, tambaleante, muy irregular y con una falta de armonía y adecuada coordinación.

El niño inicialmente camina de manera inestable y torpe, se inclina hacia atrás o hacia delante y se cae con frecuencia por su falta de equilibrio. Consigue una mayor base de apoyo gracias a la separación de extremidades inferiores (15-20 cm de separación). (8, 31)

El niño pequeño prácticamente no presenta braceo pues camina con los miembros superiores separados del tronco para equilibrarse mejor y tampoco aborda el suelo con el talón, sino con el pie completo. La longitud del paso del niño es pequeña al igual que la velocidad de la marcha, cuando aumenta esta velocidad se cae con frecuencia. (8, 18, 32)

Según se va produciendo el desarrollo y maduración del niño éste va mejorando su equilibrio, coordinación y conocimiento de su esquema corporal y su posición en el espacio, y va afianzando su posición bípeda, por tanto va ganando seguridad durante el proceso de deambulación. (31, 32) Se considera que hacia los 5-7 años el patrón de marcha del niño puede asemejarse al de un adulto, (6) aunque algunos parámetros se modificarán en los años posteriores debido al aumento de la talla e incremento del peso. (18, 32)

Las presiones plantares en el niño son menores que las del adulto por su menor peso, y proporcionalmente es mayor la presión sobre la cabeza del primer metatarsiano por el valgo de rodilla presente con frecuencia, que conduce a una mayor pronación del pie. A los 6 años, aproximadamente, la distribución de las presiones es como en el adulto pues a esta edad la bóveda plantar ya se encuentra configurada. (6)

b. Marcha del adolescente y el adulto joven:

Los adolescentes y adultos jóvenes en general caminan con ligereza, flexibilidad y agilidad, cualidades que van disminuyendo con la edad. (7, 8, 18)

c. Marcha del anciano:

En el anciano pueden observarse diversos cambios en la marcha, algunos debidos al propio envejecimiento y otros a patologías subyacentes más frecuentes en personas de edad avanzada. (Tabla 1)

Con el envejecimiento la marcha se hace más rígida, envarada y menos flexible. (8) Disminuyen la velocidad y la longitud del paso (en un adulto joven la longitud del paso es aproximadamente de 1'52-1'55cm., mientras que en un anciano disminuye a 1'39-1'44), (33) variaciones encaminadas a conseguir una marcha

más segura pero al mismo tiempo son factores causantes de un aumento del consumo de energía durante la deambulaci3n. (18) (Tabla 1)

Cuando se observa la marcha de un anciano se aprecia con frecuencia p3rdida de fuerza muscular, atrofia de fibras musculares, disminuci3n de movimientos articulares y bradicinesia. Los ancianos aumentan la base de sustentaci3n en posici3n b3peda y durante la marcha. En un adulto la separaci3n entre los maleolos en posici3n est3tica puede variar entre 5 y 15'5 cm, aunque lo m3s habitual es que oscile entre 6-9 cm. Con la edad va aumentando la separaci3n entre los talones, que puede superar los 20cm. Esto mismo sucede durante la marcha; en un joven la separaci3n entre los talones es aproximadamente de 6-8cm., de 8-12 cm en adultos, y se va haciendo mayor seg3n aumenta la edad. (33)

Adem3s presenta incapacidad para realizar la marcha en t3ndem, disminuci3n o desaparici3n del braceo, reducci3n de la flexi3n plantar del tobillo en el despegue y de la flexi3n dorsal en la fase de choque de tal3n, lo que condiciona una disminuci3n de la fuerza de reacci3n vertical y de los picos de presi3n durante el apoyo, as3 como aparici3n de cifosis y adopci3n de postura encorvada con flexi3n de rodillas. El motivo de que el anciano adopte esta posici3n en flexi3n es la disminuci3n de la elasticidad y flexibilidad de ligamentos y tendones, que da lugar a la flexi3n de las articulaciones. (6,8,34, 35) Tambi3n disminuyen las rotaciones p3lvicas (33) (Tabla 1)

Tabla 1.- Cambios en la marcha debidos al envejecimiento.

CAMBIOS CON EL ENVEJECIMIENTO
Disminuci3n de los componentes horizontal y vertical
Disminuci3n de los movimientos de balanceo y rotaciones
Anomal3as posturales
Hiperton3a muscular, sobre todo en cinturas escapular y p3lvica.
Disminuci3n de la velocidad y cadencia de la marcha.
Disminuci3n de la longitud del paso
Aumento de la anchura del paso

Son frecuentes las ca3das, principalmente por alteraciones de la coordinaci3n y el equilibrio, por eso el anciano adopta una marcha lenta y cauta (6) y con frecuencia necesita ayuda para desplazarse; se apoya en muebles, en otra persona o precisa ayudas t3cnicas como bastones, muletas o andadores.

Todos estos cambios se deben a distintos factores como disfunciones sensoriales (disminución de visión y audición, alteraciones de la propiocepción), alteraciones cognitivas (demencias), alteraciones neurológicas, patología articular, etc. (34, 35) (Tabla 2)

Tabla 2.- Causas de las alteraciones de la marcha del anciano.

CAUSAS DE LAS ALTERACIONES
Alteraciones sensoriales y cognitivas (disminución visual y auditiva, cuadros demenciales)
Alteraciones neuromusculares, miopatías
Alteraciones neurológicas
Patología articular
Alteraciones iatrogénicas (fármacos relajantes, cirugía etc.)

En el anciano es importante el examen de la postura y la marcha pues se encuentran alteradas con frecuencia y estas alteraciones suelen ser el reflejo de patologías subyacentes. (Pueden emplearse las escalas de Tinetti y Get up and go para la evaluación del equilibrio y la marcha).

Peso:

La persona obesa y la mujer embarazada tienen su centro de gravedad desplazado hacia delante y presentan hiperlordosis lumbar. (7) Ese mayor peso les lleva a evitar los desplazamientos laterales y limita su paso pelviano. (8) El obeso no ataca el suelo con el talón, sino con toda la planta. (7) El sobrepeso puede influir en el desarrollo de deformidades en las extremidades inferiores y dichas deformidades van a modificar también el patrón de marcha normal.

La persona subalimentada camina calculando el menor esfuerzo, por ello suele caminar encorvado, con la cabeza inclinada, y avanza lentamente arrastrando los pies. (7)

El peso influye en las fuerzas que se ejercen sobre el suelo durante la marcha, (7) principalmente sobre las fuerzas verticales, que reflejan el desplazamiento vertical del centro de gravedad. En un estudio realizado con 59 sujetos a los que se hizo caminar sobre plataformas dinamométricas de tipo piezoeléctrico, el peso se reveló como un factor estadísticamente significativo. A mayor peso se obtuvieron fuerzas verticales de mayor magnitud; sirvan de ejemplo las siguientes gráficas en las que se aprecian dichas diferencias; la primera de ellas (figura 2), corresponde a una mujer de 24 años de edad, con un peso de 52 Kg. a la que se hizo caminar descalza sobre unas plataformas dinamométricas de tipo piezoeléctrico (KISTLER). En azul están

representadas las fuerzas verticales. El primer pico (choque de talón, pie derecho) tiene un valor máximo de 563'43 N, mientras que el segundo pico (fase de despegue, pie derecho), alcanza los 618'07 N (Figura 2). La segunda de las gráficas (figura 3) corresponde a un varón de 20 años y 83Kg de peso, en este sujeto el primer pico de la gráfica (choque de talón pie derecho) alcanza los 952'13 N y el segundo 909'25 N. (despegue, pie izquierdo) (Figura 3). (28)

Figura. 2 Gráfica de fuerzas. Mujer de 52

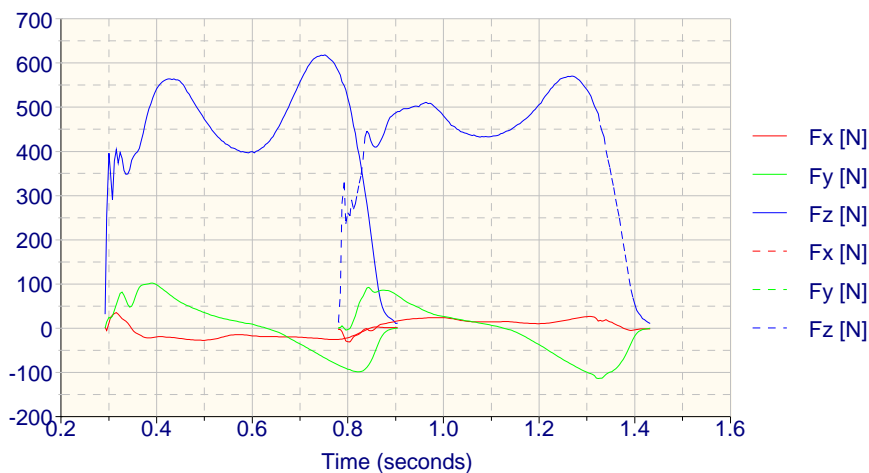
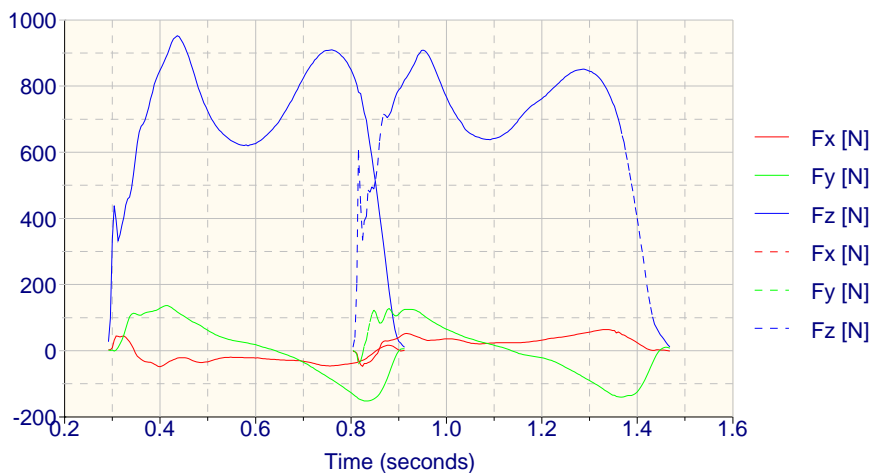


Figura 3. Gráfica de las fuerzas. Varón de 83Kg.



Talla:

La talla, y fundamentalmente la longitud de los miembros inferiores, modifica el patrón de marcha. Las personas de menor estatura, para poder dar pasos más amplios, por ejemplo cuando caminan al lado de personas de gran altura, tendrán que emplear el máximo de la oblicuidad pelviana y compensarán esa oblicuidad mediante una rotación inversa de los hombros. (7,8) Toranzo Rodríguez D, Sánchez García M,

Blanco Pedraz JM, Gacto Fernández MC et al. (36) estudiaron la influencia de factores como la edad, sexo, peso y altura sobre la marcha normal, en concreto sobre la longitud y altura del paso y señalaron la influencia de la altura sobre estos parámetros; a mayor estatura del sujeto mayor longitud y altura del paso.

Ismail señaló como factores fundamentales que modifican la marcha la constitución física, edad y velocidad de la marcha. Estudió la relación entre la constitución física y la cinética de la marcha y observó diferencias estadísticamente significativas entre sujetos pesados y delgados, sin embargo, no obtuvo significación estadística en los sujetos según su talla. (37)

Personalidad:

El niño durante su período de crecimiento adoptará una forma de caminar que se estabilizará en la adolescencia. En la estabilización de esta forma de andar, la influencia de factores medioambientales tiene una gran importancia.

El sujeto normal aprende a caminar y su manera de andar, adquirida entre los 14-20 años, se integra a su personalidad; es su forma de andar. (8)

Se han descrito numerosas formas de caminar, como por ejemplo: andar altivo, noble, tímido, marcha que impone respeto, marcha lenta que parece afectada, etc. Ya Balzac en su “Teoría de la forma de andar” realizó un estudio analítico de los gestos de sujetos variados caminando, parándose, marchando de nuevo, y concluyó después con la observación de las formas de andar y la posibilidad de determinar el carácter. (8)

Por ejemplo, la persona segura de sí misma camina erguida, con paso enérgico, firme y decidido, mientras que los pasos lentos, sosegados, la postura relajada, pueden estar indicando tranquilidad, pereza, apatía, desinterés; o los pasos cortos, precipitados, inseguros y a trompicones muestran una personalidad nerviosa, intranquila e irritable. (38)

Estado de ánimo:

El estado de ánimo provoca modificaciones en la marcha y, en general, en todos los movimientos, gestos y mímica facial del sujeto.(38-40) Un claro ejemplo es el enfermo depresivo en el que se observa un enlentecimiento de sus movimientos.(37,38) En lo que respecta a la marcha caminan despacio, algo encorvados, arrastrando los pies, como si el desplazamiento les costara un gran esfuerzo, al iniciar la marcha lo hacen de forma titubeante y con lentitud. Lo contrario ocurre en personas alegres, en sujetos seguros de sí mismos, etc. (37, 38)

4. FACTORES PATOLÓGICOS:

La marcha puede verse modificada por alteraciones transitorias o permanentes, locales o generales, de origen traumático, infeccioso, tumoral, neurológico, genético, psiquiátrico, etc. (42)

Se describen patrones de marcha que son característicos en determinadas patologías, como por ejemplo la marcha del segador del hemipléjico, la marcha a pequeños pasos del parkinsoniano, la marcha en tijeras de la parálisis cerebral dipléjica, la marcha en estrella del atáxico, la marcha del saltarín del atetósico, etc.

El dolor puede llevar al sujeto a adoptar posturas antiálgicas, a evitar o reducir el apoyo de zonas dolorosas, y hace que se modifiquen las características del ciclo de la marcha; velocidad, cadencia, longitud, anchura del paso, etc. (42)

Además existen enfermedades que producen un debilitamiento general; cáncer, leucemia, anemias, patologías respiratorias, cardocirculatorias, etc. y pueden verse pacientes con una marcha lenta y cansina y con un enlentecimiento general de movimientos. Al debilitamiento general con frecuencia se suman cuadros depresivos, (39) dificultad de aceptación de la enfermedad, miedo a la muerte, lo que se manifiesta en el empobrecimiento gestual y de su motricidad general.

En el campo de la Psiquiatría son frecuentes los trastornos del movimiento y la marcha, ya se ha mencionado el caso de los enfermos depresivos, que presentan un enlentecimiento general de movimientos, una disminución de la velocidad de la marcha, como si avanzar les supusiera un gran esfuerzo. Lo contrario se observa en enfermos maníacos, en los que la actividad y la euforia dominan el cuadro clínico. (43)

Se han llevado a cabo numerosos estudios de la marcha patológica en diferentes pacientes y con distintas técnicas, tanto para la descripción de las variaciones del patrón de marcha como para la valoración de la evolución del paciente tras un tratamiento rehabilitador o quirúrgico. Por ejemplo estudios en pacientes con fracturas, (44,45) en amputados, (46) patología neurológica y sensorial, (47-52) diabetes, (53) etc.

5. CONCLUSIONES:

- Cada individuo tiene un patrón de marcha característico que le diferencia de cualquier otro sujeto.
- El patrón de marcha de cada persona puede ser modificado por numerosos factores extrínsecos o intrínsecos, fisiológicos o patológicos que pueden hacer variar parámetros cinemáticos, (velocidad de la marcha, anchura, longitud del paso, etc.) parámetros cinéticos, (fuerzas que se ejercen durante la marcha) o parámetros fisiológicos como el consumo energético.
- En algunos casos los factores moduladores de la marcha modifican parámetros de la misma de forma transitoria, en otros casos, cuando éstos inciden sobre el sujeto de manera continuada en el tiempo, esas

modificaciones, inicialmente transitorias, pasan a formar parte del patrón de marcha habitual de ese sujeto.

6. BIBLIOGRAFÍA:

1. Viladot A et al. Quince lecciones sobre patología del pie. 2ª Ed. Barcelona: Springer-Verlag Ibérica; 2000.
2. Plas F; Viel E; Blanc Y. La marcha humana. Barcelona: Masson; 1996.
3. San Gil Sorbet M A. Análisis dinámico de la marcha. Estudio de los centros de presión sobre la huella plantar. Influencia de los distintos calzados. (Tesis Doctoral). Facultad de Medicina de la Universidad de Alcalá de Henares; 1991.
4. Viladot R, Cohi O, Clavell S. Ortesis y prótesis del aparato locomotor. Extremidad inferior. Vol. 2. Barcelona: Masson; 1997.
5. Ramiro J. Guía de recomendaciones para el diseño de calzado. Valencia: Instituto de Biomecánica de Valencia; 1995.
6. Comín Comín M, Pérez García J M, Villarroya Aparicio A, Nerín Ballabriga S, Moros García T. Factores que influyen en las presiones plantares. Medicina de Rehabilitación 1999; XII (3): 31-39.
7. Lelièvre J, Lelièvre J F. Patología del pie. 4ª Ed. Barcelona: Masson; 1993.
8. Ducroquet R, Ducroquet J, Ducroquet P. Marcha normal y patológica. Barcelona: Toray Masson; 1972.
9. Núñez Samper M, Llanos Alcázar, L F. Biomecánica, Medicina y Cirugía del pie. Barcelona: Masson; 1997.
10. Valente Valenti. Ortesis del pie. Madrid: Medicina Panamericana; 1979.
11. Cintora, P. Historia del calzado. Zaragoza: Aguaviva; 1988.
12. Ramiro J. Guía de recomendaciones para el diseño, selección y uso de calzado para personas mayores. Madrid: Ministerio de trabajo y Asuntos Sociales; 1998.
13. Biosca F, García Fojeda A. El calzado del deportista. Jano 1995; XLIX (1129) : 1227-1230.
14. Polo Leonor M C, López Bueno L, Ferrandis R, Ramiro J. El calzado en el deporte. Fisioterapia 1997; (19): 34-45.
15. Viladot perice R, Álvarez Goenaga F. Patología del pie calzado. Jano 1995; XLIX (1129): 1224-1225.
16. Stacoff A, Kalin X, Stussi E. The effects of shoes on the torsion and rearfoot motion in running. Med Sci Sports Exerc 1991; (23): 482-490.

17. Rao UB, Joseph B. The influence of footwear on the prevalence of flat foot. A survey of 2300 children. *J Bone Joint Surg* 1993 ; (75) : 163-165.
18. Sánchez Lacuesta J. *Biomecánica de la marcha humana normal y patológica*. Valencia: Instituto de Biomecánica de Valencia; 1993.
19. Ramiro J. Adaptación del calzado a la biomecánica del pie. *Jano* 1995; XLIX (1129): 1231-1236.
20. Gisbert Calabuig J A, *Medicina Legal y Toxicología*. 5ª Ed. Barcelona: Masson Salvat Medicina; 2001.
21. González Gutiérrez R, Bandrés Moya F. *Análisis de drogas de abuso en orina*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid; 1993.
22. Marruecos L, Nogué S, Nolla J. *Toxicología Clínica*. Barcelona: Springer Verlag Ibérica; 1993.
23. Dreisbach R H, Robertson W O. *Manual de Toxicología Clínica*. 6ª Ed. México: Editorial el Manual Moderno; 1999.
24. Madras D E, Cornwall M W, Coast J R. Energy cost, perceived exertion and postural adjustments when treadmill walking with two types of backpack. *Journal of Human Movement Studies* 1998; (35): 233-249.
25. Datta S R, Ramanathan N L Ergonomic Comparison of seven models of carrying loads on the horizontal plane. *Ergonomics* 1971; 14 (2): 269-278.
26. Legg S J, Ramsey T, Knowles D J. The metabolic cost of backpack and shoulder load. *Ergonomics* 1992; 35 (9):1063-1068.
27. Holewijn M, Lotens W A. The influence of backpack design on physical performance. *Ergonomics* 1992; 35 (2): 149-157.
28. Collado Vázquez S. *Análisis de la marcha humana con plataformas dinamométricas. Influencia del transporte de carga. (Tesis Doctoral)*. Madrid: Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid; 2002.
29. Martin PE, Nelson RC: The effect of carried loads on the walking patterns of men and women. *Ergonomics*, 1986, 29(10): 1191-1202.
30. Goslin BR, Rorke SC. The perception of exertion during load carriage. *Ergonomics* 1986; 29 (5): 677-686.
31. Gesell A. *El niño de 1 a 4 años*. Barcelona: Paidós Ibérica; 1994.
32. Rodríguez Torres R. *Análisis de la marcha infantil (Tesis Doctoral)*. Alcalá de Henares: Facultad de Medicina de la Universidad de Alcalá de Henares; 1993.

33. Viel E et al. La marcha humana, la carrera y el salto. Biomecánica, exploraciones, normas y alteraciones. Barcelona: Masson; 2002.
34. Ribera JM, Veiga F, Torrijos M. Enfermería Geriátrica. Madrid: IDEPSA; 1991.
35. Pérez Melero A. Guía de cuidados de personas mayores. Madrid: Síntesis; 2000.
36. Toranzo Rodríguez D, Sánchez García M, Blanco Pedraz J.M., Gacto Fernández M.C, Prieto Sánchez M, Ocaña Losa C et al. Estudio fotocinesiográfico de la marcha normal. Rehabilitación 1988; 22 (2): 127-133.
37. Ismail AH. Análisis of normal gait utilizing a special force platform. Biomechanics 1967; I : 90-95
38. Rückle Horst. Cómo entender el lenguaje del cuerpo. Madrid: El Drac; 2000.
39. Vallejo Ruiloba, J. Introducción a la Psicopatología y a la Psiquiatría. Barcelona: Masson-Salvat Medicina; 1992.
40. Vallejo Nágera JA. Introducción a la Psiquiatría. Madrid: Jauve; 1964.
41. Alonso Fernández, F. Compendio de Psiquiatría. Madrid: Oteo; 1982.
42. Merriman LM, Tollafeld DR. Assessment of the lower limb. Churchill Livingstone; 1995.
43. Vallejo-Nágera, JA. Ante la depresión. 28ª ed. Barcelona: Planeta; 1993.
44. Lafuente R, Doñate JJ, Poveda R, García A, Soler C, Belda J et al. Valoración evolutiva de fracturas de calcáneo mediante el análisis biomecánico de la marcha: puesta a punto de métodos y resultados preliminares. MAPFRE Medicina 1999;10 (4) : 237-252.
45. Lafuente R, Doñate JJ, Poveda R, García A, Soler C, Belda JM et al. Valoración evolutiva d fracturas de calcáneo mediante análisis biomecánico de la marcha. Análisis de resultados. MAPFRE Medicina 2002; 13 (4): 275-283.
46. González Viejo MA, Domínguez Blasco M, Rocha Casas E, Pascual Soria T. Influencia del terreno en la marcha de los amputados de la extremidad inferior. Rehabilitación 1991; 25 (3):148-153.
47. Jahnke M.T., Hesse S.,chreiner C., Mauritz K-H. Dependences of ground reaction force parameters on habitual walking speed in hemiparetic subjects. Gait & Posture 1995; 3 (1) : 3-12
48. Hesse S.A, Jahnke M.T, Schreiner C, Mauritz K-H. Gait symmetry and functional walking performance in hemiparetic patients prior to and after a 4-week rehabilitation programme. Gait & Posture 1993; 1: 166-171
49. Plaja Masip, J.; Fernández, T.& Junyent, J. “Estudio de la Marcha en el hemipléjico” Rehabilitación. 1981; 15:403

50. Rellán Ramos E.; Caro Puértolas B.; Vela Braza M. Evaluación de la marcha en el paciente hemipléjico. *Fisioterapia* 1998; 20(1): 31-36.
51. Soria Valle L, Sarmiento González Nieto V, Ramos Domínguez V, Toledo González M. “Deambulacion en el mielomeningocele. Estado de las caderas y otros factores pronósticos asociados. Revisión clínica y bibliográfica” *Rehabilitación* 1991; 25 (4): 217-221.
52. Tucker Carole A.; Ramírez José; Krebs David E. ; Riley Patrick O. Center of gravity dynamic stability in normal and vestibulopathic gait. *Gait and Posture* 1998; 8: 117-123.
53. Shaw J.E, Van Schie C.H, Carrington A.L, Abbot C.A, Boulton A.I. “An analysis of dynamic forces transmitted through the foot in diabetic neuropathy”. *Diabetes Care* 1.998 21(11): 1955-1959.