

Desarrollo de soluciones de formación innovadoras en el campo de la evaluación funcional destinadas a actualizar los planos de estudio de las escuelas de ciencias de la salud



MÓDULO: BIOMECÁNICA DE LA MARCHA
UNIDAD DIDÁCTICA B: ALTERACIONES BIOMECÁNICAS DE LA MARCHA

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0. It is allowed to download this work and share it with others, but you must give credit, and you can't change it in any way or use it commercially.



Contenidos

1. OBJETIVOS	4
2. INTRODUCCIÓN	5
3. EXAGERACIONES FISIOLÓGICAS EN LA MARCHA NORMAL	6
4. DISFUNCIONES BÁSICAS QUE AFECTAN LA MOVILIDAD	7
- deficiencias congénitas y defectos de las extremidades,8	
- trastornos del desarrollo de las extremidades, p. ej. displasia de cadera, dislocación de cadera,8	
- malformaciones congénitas del tórax y el cuello, por ejemplo, tórax en forma de embudo, tortícolis,8	
- malformaciones congénitas de la columna, por ejemplo, cuello corto, curvaturas laterales de la columna.....8	
<i>ALTERACIONES POSTURALES</i>8	
ENFERMEDADES MUSCULOESQUELÉTICAS9	
DISFUNCIONES NEUROLÓGICAS DEL SISTEMA MUSCULOESQUELÉTICO9	
LESIONES MUSCULOESQUELÉTICAS TRAUMÁTICAS10	
5. TIPOS DE MARCHA PATOLÓGICA	11
MARCHO DE ESTEPANTE11	
MARCHA ATÁXICA12	
MARCHA DE PATO12	
MARCHA HEMIPARÉTICA.....13	
MARCHA PARKINSONIANA13	
MARCHA PARÉTICA.....13	

MARCHA ESPÁSTICA	13
<p>Además, se observa un balanceo excesivo de las extremidades superiores o reflejos defensivos excesivos. Por esta razón, generalmente faltan movimientos alternos de los brazos. Hay una posición incorrecta de las manos, como en el período anterior del desarrollo motor. La retracción del hombro puede ir acompañada de retracción de la pelvis y las caderas. 14</p>	
MARCHA PATOLÓGICA DEBIDO A LA ASIMETRÍA EN LA LONGITUD DE LAS EXTREMIDADES INFERIORES	14
OTROS TIPOS DE MARCHA PATOLÓGICA	15
6. CAMBIOS QUE OCURREN EN ETAPAS INDIVIDUALES DE LA MARCHA PATOLÓGICA	16
7. CAMBIOS EN VARIABLES CINEMÁTICAS QUE OCURREN EN LA MARCHA PATOLÓGICA	20
<p>Cualquier alteración de la marcha afecta los cambios en todas o al menos la mayoría de las variables cinemáticas utilizadas para describir la biomecánica de la marcha, es decir, valores espacio-temporales, atributos y determinantes de la marcha y valores cinemáticos. El tipo de cambios depende de la enfermedad, siendo muchas veces un síntoma característico que permite confirmar el diagnóstico del paciente.20</p>	
PARÁMETROS ESPACIO-TEMPORALES	20
TRAYECTORIA DE ÁNGULO CONJUNTO	22
8. EJEMPLOS DE CAMBIOS EN PARÁMETROS DINÁMICOS QUE OCURREN EN LA MARCHA PATOLÓGICA	24
9. CAMINAR CON MULETAS COMO EJEMPLO DE MARCHA PATOLÓGICA	27
TIPOS DE MARCHA CON MULETAS.....	28
EJEMPLOS DE TRAYECTORIAS DE ÁNGULOS DE ARTICULACIÓN DURANTE EL BALANCEO A LA MARCHA	31
10. BIOMECÁNICA DE LA MARCHA PATOLÓGICA: ESTUDIO DE CASO	34
PERSONA 1.....	34
PERSONA 2.....	39
11. IDEAS CLAVE	46
12. BIBLIOGRAFÍA	47

1. Objetivos

- Conocer los tipos de marcha exagerada.
- Conocer los tipos de marcha patológica.
- Conocer ejemplos de cambios en las cantidades cinemáticas y dinámicas registradas para enfermedades seleccionadas que afectan la regularidad de la marcha.

2. Introducción

La marcha es una de las tareas motoras más complejas. Una persona en posición de pie se describe con mayor frecuencia como un péndulo invertido con dos grados de libertad (articulaciones de tobillo y rodilla). A veces se agrega un tercer grado de libertad a este modelo, que es la articulación de la cadera. Sin embargo, tal descripción solo refleja lo que se puede observar al mirar a la persona examinada en el plano sagital. De hecho, en cada una de las articulaciones del miembro inferior puede indicar tres grados de libertad - flexión / extensión, aducción / abducción y rotación. En un sistema tan complicado, mantener el equilibrio es posible gracias al trabajo de los músculos de la extremidad inferior, así como al ajustar segmentos individuales de la parte superior del cuerpo. El conjunto es una tarea extremadamente complicada, donde los impulsos de gran tamaño, como los músculos, deben dirigir el cuerpo para que no se caiga. Una dificultad adicional es que el cuerpo está en constante movimiento. Un sistema de múltiples miembros tan complejo durante la marcha debe moverse alternativamente desequilibrándolo y luego recuperando este equilibrio [9].

La necesidad de controlar un sistema multicomponente tan complejo significa que cualquier defecto (enfermedad) puede hacer que esta actividad sea muy difícil de realizar y, a veces, incluso imposible. Estos defectos pueden surgir a nivel del sistema de control (enfermedades cerebrales), que transmite información (todas las enfermedades neurológicas) y a nivel de elementos que transmiten fuerza (enfermedades musculares), así como del sistema esquelético que sostiene todo el cuerpo (fracturas, enfermedades de las articulaciones). La influencia de tantos factores en la capacidad de andar también provoca cambios que pueden ocurrir en la forma en que se mueve, dependiendo de qué los haya causado. Por lo tanto, en la parte posterior del trabajo, se presentarán tipos definidos de marcha, seguidos de ejemplos de cambios en las cantidades cinemáticas y dinámicas que surgen en la aparición de enfermedades seleccionadas, junto con una descripción que indique en qué lugares se encuentra la marcha de la persona examinada. difería del patrón adoptado como marcha normal.

3. Exageraciones fisiológicas en la marcha normal

Antes de pasar a la descripción de ejemplos definidos de marcha patológica, se presentarán ejemplos de la llamada exageración en la marcha normal. Por lo general, las personas que notan este tipo de marcha no presentan molestias graves. La aparición de una marcha anormal puede estar asociada con un patrón de movimiento anormal, que a su vez puede deberse, por ejemplo, a un tono muscular anormal, que puede haber ocurrido inmediatamente después del nacimiento, o debido a lesiones y lesiones pasadas.

Seindler identificó los siguientes tipos de marcha exagerada [2]:

Marcha oscilante

Suele ocurrir en mujeres, se caracteriza por un aumento de la elevación y descenso de la pelvis en el plano frontal, así como por la inclinación de la pelvis del lado del regazo con una mayor bajada simultánea del hombro del lado del soporte.

Marcha de marinero

El centro de gravedad tiene una inclinación lateral exagerada, pero en mayor medida, un paso oscilante.

Marcha majestuosa

Aceleración excesiva y extensión de la pierna antes de que el talón toque el suelo, es antinatural y antieconómico.

Marcha rígida

Se caracteriza por una reducción no natural de las oscilaciones de la pelvis y los hombros.

Marcha de pasos pequeños

Se puede observar en personas con miembros inferiores cortos, se caracteriza por una longitud de zancada corta pero una alta frecuencia de pasos.

4. Disfunciones básicas que afectan la movilidad

La incapacidad para moverse correctamente puede ser el resultado de muchas enfermedades. Su formación puede ser el resultado tanto de la enfermedad como del factor externo. Debido a la alta complejidad de la actividad de la marcha, así como a la complejidad del funcionamiento del cuerpo humano, las anomalías de la marcha pueden deberse a muchos factores, que pueden incluir:

- defectos congénitos del sistema musculoesquelético,
- defectos de postura,
- enfermedades musculoesqueléticas,
- disfunciones neurológicas del sistema musculoesquelético,
- lesiones musculoesqueléticas traumáticas.

DEFECTOS CONGÉNITOS DEL SISTEMA MUSCULOESQUELÉTICO

El término "defectos congénitos" incluye todo tipo de cambios patológicos relacionados causalmente con el período de la vida fetal del niño, que se manifiestan durante los exámenes prenatales o después del parto, tanto al nacer como durante el desarrollo posterior.

La formación de este tipo de defecto puede verse afectada por los siguientes factores que ocurren durante la vida fetal del niño:

- factores genéticos,
- daño local al niño,
- hipoxia,
- compuestos tóxicos,
- infecciones,
- trastorno hormonal materno,
- dieta inadecuada de la madre,
- beber alcohol, fumar o tomar otras sustancias tóxicas,
- radiación ionizante,
- ultraposición (persistencia excesiva durante algún tiempo en una posición, por ejemplo, en la flexión de las caderas).

Entre los defectos de nacimiento que pueden afectar la discapacidad de movilidad, se pueden calcular los siguientes:

- deficiencias congénitas y defectos de las extremidades,
- trastornos del desarrollo de las extremidades, p. ej. displasia de cadera, dislocación de cadera,
- malformaciones congénitas del tórax y el cuello, por ejemplo, tórax en forma de embudo, tortícolis,
- malformaciones congénitas de la columna, por ejemplo, cuello corto, curvaturas laterales de la columna.

ALTERACIONES POSTURALES

Las alteraciones posturales son definidas como desviaciones individuales de la postura corporal considerada normal. Los trastornos de la postura, en particular si no se tratan, pueden causar el mal funcionamiento de otros órganos y sistemas internos, lo que no solo afecta el deterioro de la calidad de vida (incluida la movilidad reducida), sino que en casos extremos puede conducir a la muerte.

Las alteraciones posturales generalmente se asocian con una posición incorrecta de la columna. Aparecen:

- en el plano sagital, por ejemplo, lordosis cervical o lumbar profunda o superficial,
- en el plano frontal como, por ejemplo, la curvatura lateral de la columna, es decir, escoliosis.

Las causas de alteraciones posturales incluyen:

- causas neurogénicas, por ejemplo, parálisis nerviosa,
- miogénicas, por ejemplo, debido a la distrofia muscular,
- enfermedades toracogénicas que surgen, por ejemplo, como resultado de enfermedades cardiovasculares o respiratorias o como resultado de una cirugía torácica.

ENFERMEDADES MUSCULOESQUELÉTICAS

Las enfermedades de los órganos del movimiento ocurren dentro de las estructuras que componen este órgano, es decir, pueden ocurrir en los huesos, articulaciones y tejidos blandos circundantes, como ligamentos, tendones y sus vainas, bursitis, meniscos, etc.

Entre las enfermedades musculoesqueléticas podemos incluir:

- osteonecrosis aséptica - un síndrome de enfermedad cuya característica principal es la muerte del hueso y, hasta cierto punto, del tejido cartilaginoso, que se produce sin la participación de microorganismos patógenos. La enfermedad puede provocar deformidades de los huesos epifisarios o cambios degenerativos secundarios. Como causa podemos encontrar, por ejemplo, trastornos de la circulación sanguínea resultantes de pellizcos de vasos, malformaciones o lesiones.
- enfermedades inflamatorias del tipo reumatoide - enfermedad sistémica del tejido conectivo. Como resultado de la enfermedad, se producen deformidades articulares y atrofia muscular.
- cambios degenerativos - consisten en cambios degenerativos que ocurren principalmente en el cartílago articular, así como en los elementos periarticulares. Las causas incluyen lesiones y microlesiones resultantes de sobrecargas cíclicas de las articulaciones (por ejemplo, como resultado de un patrón de movimiento incorrecto).
- discopatía y otros cambios que ocurren dentro de la columna y las articulaciones sacroilíacas - estos cambios pueden ser, entre otros, el resultado de inflamación dentro de las estructuras que estabilizan la columna, cambios degenerativos y hernia intervertebral. Todas estas enfermedades están asociadas a la compresión de las raíces nerviosas o, en un caso extremo, de la médula espinal, lo que resulta en un dolor severo que afecta significativamente la capacidad y movilidad.

DISFUNCIONES NEUROLÓGICAS DEL SISTEMA MUSCULOESQUELÉTICO

Las causas más comunes de disfunción neurológica del sistema musculoesquelético incluyen daño o alteración del sistema nervioso, tanto central como periférico. Estos trastornos afectan el deterioro o la desaparición del control del músculo esquelético y, por lo tanto, los trastornos motores del sistema musculoesquelético, incluidos los trastornos de la marcha.

Las causas neurológicas de la disfunción musculoesquelética pueden incluir:

- enfermedad cerebral,
- inflamación del sistema nervioso central,
- enfermedades de la médula espinal,
- enfermedades neuromusculares.

LESIONES MUSCULOESQUELÉTICAS TRAUMÁTICAS

Las lesiones se pueden dividir en macrotraumatismos y microtraumatismos.

Como resultado de una lesión, se pueden dañar tanto el sistema nervioso central como el periférico, así como los tejidos blandos y los huesos que forman el sistema musculoesquelético. El daño óseo puede incluir cualquier fractura o dislocación articular. Las lesiones de tejidos blandos incluyen, entre otros, hematomas, aplastamientos, desgarros y roturas de estructuras como músculos, tendones y ligamentos.

El esguince en la articulación es una lesión que ocurre cuando fuerzas externas que actúan sobre el sistema musculoesquelético conducen a exceder el rango fisiológico de movimiento en la articulación. El esguince puede provocar el estiramiento o la ruptura de los tejidos blandos que rodean la articulación.

Una dislocación articular es una lesión mucho más grave que un esguince, a menudo más grave que un hueso roto. Ocurre cuando hay una pérdida completa de contacto entre las superficies articulares: la cabeza de un hueso sobresale del acetábulo del otro hueso que forma la articulación. Por lo general, las dislocaciones se acompañan de lesiones de los tejidos blandos que rodean la articulación, fracturas óseas y daño de los vasos sanguíneos.

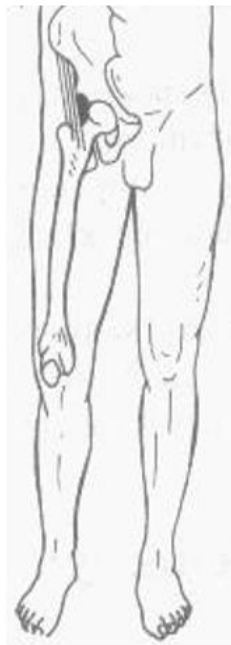


Fig. 1 Dislocación de cadera

5. Tipos de marcha patológica

Cada una de las causas de daño locomotor mencionadas en el capítulo anterior conduce a cambios en la biomecánica de la marcha. Por las características de la forma de movimiento y las causas de los trastornos, se han distinguido varios tipos de marcha patológica, entre las cuáles pueden incluirse [1]:

- marcha estepante,
- marcha atáxica,
- marcha de pato o marcha oscilante provocada por la báscula exagerada de la cadera y la separación de los pies para conservar el equilibrio,
- marcha hemiparética,
- marcha parkinsoniana,
- marcha parética,
- marcha espástica,
- marcha patológica debido a la asimetría en la longitud de las extremidades inferiores,
- marcha de pasos pequeños,
- marcha inclinada (inclinación de tronco),
- marcha apráxica,
- marcha cerebelosa o marcha atáxica,
- marcha con alzadores/prótesis.

MARCHO DE ESTEPANTE

También conocido como paso de caballo, paso de gallos. Ocurre en casos de parálisis del nervio peroneo, en personas con paresia flácida de ambas extremidades inferiores. Afectan con mayor frecuencia y fuerza a los músculos de los flexores dorsales del pie. El síntoma dominante es la presencia del llamado pie caído. Una persona enferma, que desea dar un paso hacia adelante y al mismo tiempo trata de no tocar el suelo con el pie, se ve obligada a doblar con más fuerza la extremidad inferior en la articulación de la rodilla y levantarla más.

MARCHA ATÁXICA

La marcha atáxica ocurre en pacientes con funiculis posterior de inflamación de la médula espinal. Se caracteriza por disimetría y escalones desiguales. Pertenece a los tipos incorrectos de marcha de naturaleza simétrica en general.

La marcha atáxica implica lanzar la extremidad inferior excesivamente doblada hacia adelante en la articulación de la rodilla. Esto va acompañado de un fuerte impacto con el pie contra el suelo. Además, la marcha es marcadamente inestable.

Las causas de esta condición son trastornos de la propiocepción en la enfermedad de los funículos de la médula espinal. Por tanto, este tipo de marcha ocurre en pacientes con trastornos sensoriales propioceptivos. Es típico de la ataxia y corea cerebelosa y del cordón.

MARCHA DE PATO

La marcha de pato o marcha oscilante provocada por la báscula exagerada de la cadera y la separación de los pies para conservar el equilibrio tienen lugar en personas con paresia de la cintura pélvica y los músculos del muslo, lo que a su vez provoca un balanceo lateral al caminar y dificultad para subir escaleras.

Las principales causas de la marcha de pato son la displasia, la dislocación de ambas articulaciones de la cadera, las miopatías y la distrofia muscular. La marcha de pato también puede ser causada por:

- dolor de cadera - por ejemplo, debido a una enfermedad degenerativa o artritis reumatoide. En este caso, la inclinación lateral compensatoria del torso proporciona una reducción significativa en la cantidad de carga y, por lo tanto, también el dolor.
- fallo de los músculos de abducción de la articulación de la cadera - con este grupo de músculos debilitándose, la fuerza generada por él puede no ser suficiente para estabilizar la pelvis en la fase de soporte único. La debilidad de los abductores puede ocurrir como resultado de una enfermedad o lesión que afecte directamente a los músculos o las estructuras que controlan el sistema nervioso.
- anomalías estructurales de la cadera - estas incluyen dislocación congénita de la cadera (displasia de cadera), cadera deformada, exfoliación juvenil de la cabeza femoral. Cada una de estas condiciones conduce a una disminución en la longitud efectiva del músculo glúteo promedio, porque el trocánter femoral mayor se mueve proximal hacia el borde pélvico.

Al comienzo de la fase de soporte, la parálisis del miocardio glúteo hace que el tronco se retraiga y la cadera se extienda hacia adelante en el lado de la extremidad afectada. La insuficiencia del músculo glúteo medio es el motivo de la falta de estabilización de la pelvis en la fase de soporte. Con insuficiencia unilateral al estar de pie sobre una pierna enferma, la pelvis cae del lado sano (síntoma de Trendelenburg). Durante la marcha, se produce una inclinación pélvica alternante hacia un lado y los hombros hacia el otro (síntoma de Duchenne).

MARCHA HEMIPARÉTICA

La marcha hemiparética ocurre en pacientes con hemiparesia espástica de origen cerebral (por ejemplo, después de un accidente cerebrovascular). La marcha permite movimientos conservados en la articulación de la cadera (el paciente hace semicírculos) sin flexión de la articulación de la rodilla. El pie permanece en posición de pie zambo. La falta de movimiento en la articulación de la rodilla y la posición del pie es el resultado de la espasticidad (la llamada disposición de Wernicki-Mann).

El paciente durante la marcha, debido a la falta de movimiento en las articulaciones de la rodilla y el tobillo, al dar un paso con una extremidad enferma, hace una reverencia ("siega"). Se inclina hacia el lado sano (flexión lateral del torso). Debido a la espasticidad, la extremidad superior a menudo está adherida y doblada en la articulación del codo. Por tanto, no existe un equilibrio adecuado entre las extremidades superiores y todo el cuerpo.

MARCHA PARKINSONIANA

La marcha parkinsoniana, también conocida como marcha de pequeños pasos, es un síntoma característico de la enfermedad de Parkinson. El paciente tiene dificultad para iniciar y detener la marcha. Además, esto se acompaña de una falta de participación fisiológica de las extremidades superiores.

El síntoma asociado a la dificultad de movimiento se asocia, entre otros, a la figura característica del enfermo. Está rígido e inclinado hacia adelante, y el propio paciente tiene una mayor capacidad para caer. Los trastornos de la postura también incluyen cifosis más profunda, flexión de las articulaciones de la cadera y la rodilla.

MARCHA PARÉTICA

La marcha parética es un tipo de marcha característica de la paresia flácida de ambas extremidades inferiores. Se basa en tirar hacia arriba, perforar y arrastrar los pies mientras las articulaciones de las rodillas quedan inmovilizadas debido a la espasticidad. El paciente apenas levanta el pie del suelo. Se mueve lentamente y con esfuerzo, generalmente apoyado en un bastón o con la ayuda de otra persona. Es característico de lesiones bilaterales de las vías piramidales (con mayor frecuencia a nivel espinal) o lesiones transversales de la médula espinal. También es un síntoma de cambios bilaterales en la sustancia blanca del cerebro.

MARCHA ESPÁSTICA

La marcha espástica, como su nombre lo indica, ocurre con espasticidad en las articulaciones de la cadera y la rodilla. La marcha espástica suele tener lugar en personas con paraplejía.

El paciente dobla ligeramente las extremidades en las articulaciones, camina con pequeños pasos y rasca el suelo con los pies. Las extremidades inferiores se mueven lenta y rígidamente, y los muslos están fuertemente adheridos. Como resultado, las baquetas pueden

cruzarse al caminar (paso en tijera). Los pies pueden flexionarse e invertirse en posición plantar. Además, sucede que el paciente engancha los dedos de los pies en el suelo. En general, el paciente parece estar inmovilizado mientras camina.

En la marcha espástica, la pelvis a menudo gira incorrectamente. En rotación hacia atrás, una pierna parece estar más retraída. A su vez, una pierna más eficiente (extendida hacia adelante) suele hacerse cargo de la mayor parte de la carga (como en el caso de la hemiplejía).

En un paso espástico típico, no el talón sino los dedos golpean primero el suelo. Si se dobla la espalda y se produce lordosis, puede aparecer una cifosis excesiva de la columna torácica. Debido a la distribución desigual de la carga, las diferentes longitudes de los miembros inferiores y otras causas de asimetría en la postura de pie y sentado, aparece la curvatura lateral de la columna.

Además, se observa un balanceo excesivo de las extremidades superiores o reflejos defensivos excesivos. Por esta razón, generalmente faltan movimientos alternos de los brazos. Hay una posición incorrecta de las manos, como en el período anterior del desarrollo motor. La retracción del hombro puede ir acompañada de retracción de la pelvis y las caderas.

MARCHA PATOLÓGICA DEBIDO A LA ASIMETRÍA EN LA LONGITUD DE LAS EXTREMIDADES INFERIORES

La asimetría en la longitud de las extremidades inferiores suele hacer que la persona cojee. Con un ligero acortamiento de la extremidad inferior (3-5 cm), no hay una alteración evidente de la marcha, porque el paciente compensa estos defectos mediante la inclinación pélvica. Con un acortamiento más grande (más de 5 cm), la longitud de las extremidades inferiores se iguala colocando el pie de la extremidad corta sobre el caballo y doblando la extremidad más larga a la altura de la rodilla.

La longitud de la zancada disminuye en el lado más corto. El tiempo de carga de un miembro más corto durante la marcha no se reduce, como ocurre cuando una persona cojea como resultado del dolor que se produce en un miembro. También hay mayores desviaciones pélvicas en el plano frontal en el lado más corto de la extremidad, con los hombros inclinados en el lado opuesto.

El acortamiento de las extremidades puede ser real o aparente.

El acortamiento real se produce, entre otros, como consecuencia de trastornos del proceso de osificación, en estados posteriores a fracturas de la extremidad, especialmente donde se ha producido una unión con posicionamiento incorrecto de fragmentos óseos.

El acortamiento aparente se produce durante la contractura muscular en la articulación de la cadera y la contractura en flexión. La contractura abductiva provoca la aparente extensión del miembro inferior.

OTROS TIPOS DE MARCHA PATOLÓGICA

Marcha de pasos pequeños

En este tipo de movimiento, el paso adelante se reduce de forma poco natural. Como resultado, la longitud del paso es menor y el número de pasos por unidad de tiempo es mayor. Debe recordarse que en personas con miembros inferiores cortos este es un tipo de marcha normal. En otros casos, puede ser el resultado de una disfunción de la corteza cerebral o puede ser causado, por ejemplo, por un accidente cerebrovascular.

Marcha inclinada (inclinación del tronco)

Ocurre durante la contractura y rigidez de las articulaciones de la cadera y la rodilla, al tiempo que limita el movimiento lumbar.

Marcha apráxica

Los movimientos del paciente son incómodos e inciertos. Es causada por la interrupción cortical de los procesos de integración del movimiento generalmente como resultado del daño en el lóbulo frontal.

Marcha cerebelosa o marcha atáxica

Causado por daño a los tractos o centros del cerebelo, se caracteriza por una falta de coordinación.

Marcha con alzadores/prótesis

Es el efecto de la amputación del antepié.

6. Cambios que ocurren en etapas individuales de la marcha patológica

Cuando se describe la biomecánica de la marcha patológica, generalmente se refiere a los valores y cursos de tiempo medidos para la marcha de personas sanas y que se mueven adecuadamente, es decir, personas cuya marcha no difiere de la población promedio. En este capítulo se presentan las diferencias seleccionadas que pueden aparecer en la marcha de los enfermos en relación con las personas sanas y, luego, como ejemplos de marcha patológica, se muestran las diferencias básicas que aparecen en la biomecánica de la marcha de las personas tras una artroplastia de cadera y un ictus.

Al describir el ciclo de la marcha, se suele utilizar una descripción clásica de elementos individuales, dividida en una fase de apoyo y una fase de balanceo, y luego dividiendo estas fases en períodos más pequeños.

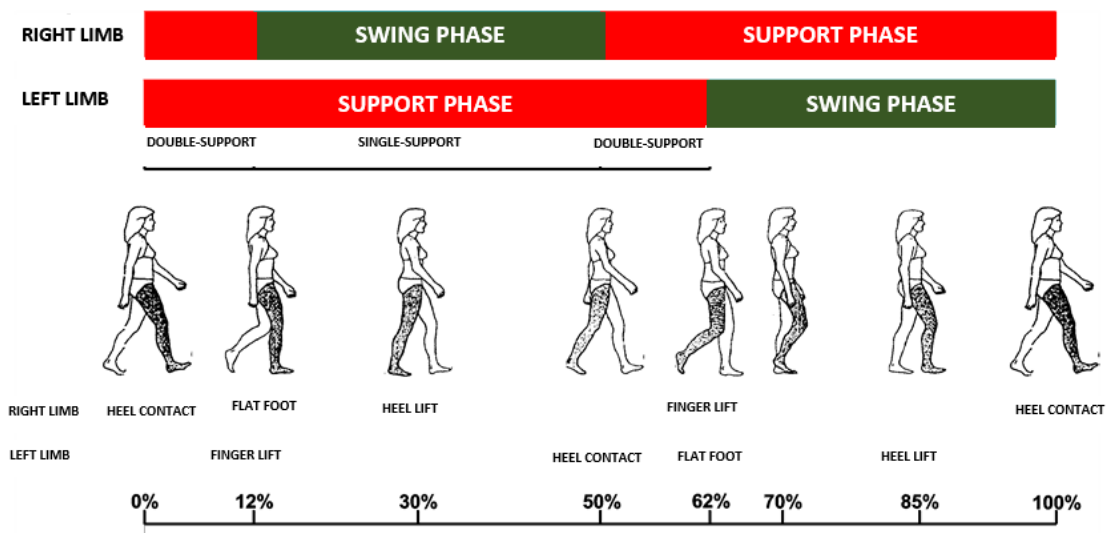


Fig. 2 Fases de la marcha según la notación clásica [10]

Teniendo en cuenta que en el caso de la marcha patológica algunos de los eventos que ocurren durante el ciclo de la marcha no ocurren o tienen un patrón modificado, en las aplicaciones médicas se aplican otras formas de describir el ciclo de la marcha que la clásica. Uno de los más conocidos es el equipo desarrollado por el Departamento de Terapia Física y el Servicio de Patoquinesiólogía del Centro Médico Rancho Los Amigos en California. Este sistema, del nombre del centro, se llama sistema de descripción de la marcha de Rancho Los Amigos. Este sistema identifica 8 fases sucesivas de la marcha que se pueden utilizar directamente en la evaluación clínica de los trastornos de la marcha. Cada una de las fases se refiere a las posiciones características de las extremidades o los rasgos del movimiento a los que se hace referencia como eventos críticos. Estos eventos son visibles en el plano sagital como el plano en el que tienen lugar los mayores cambios en la posición angular de los segmentos individuales de la extremidad inferior.

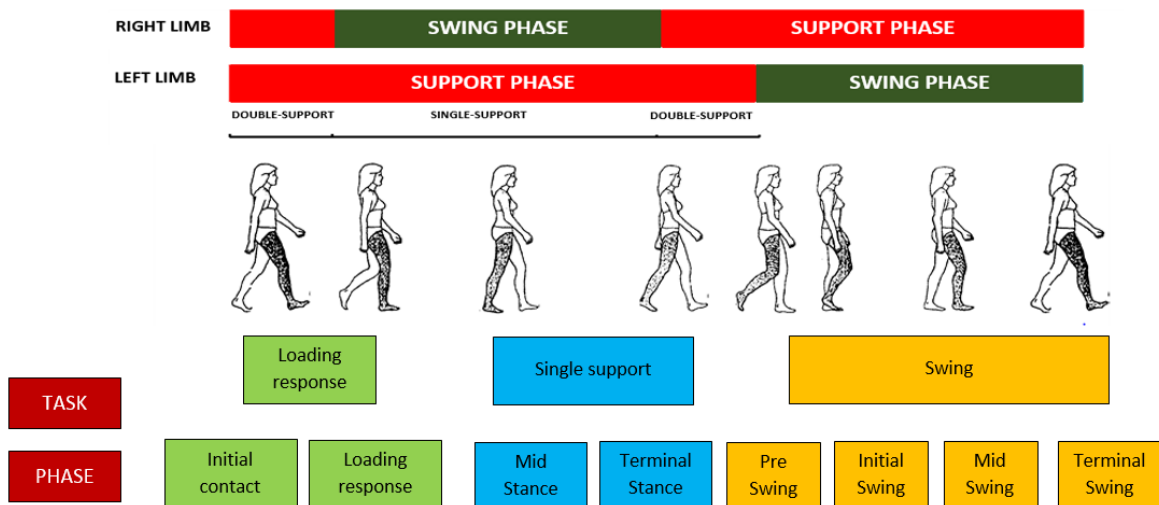


Fig. 3 Otras etapas de la marcha de acuerdo con el sistema de descripción de la marcha de Rancho Los Amigos

Las siguientes fases de la marcha, según los registros de Rancho Los Amigos, están asociadas con tareas posteriores realizadas por el miembro inferior. La siguiente es una descripción de las fases posteriores de la marcha junto con indicaciones de posibles desviaciones seleccionadas del patrón adoptado que se pueden ver en base al sistema descrito [11].

Contacto inicial

La fase corresponde al contacto del pie con el suelo, iniciando el siguiente ciclo de marcha. En una persona sana, esta fase comienza con la colocación de la parte lateral del talón en el suelo. También es el comienzo de la fase de doble apoyo en el análisis del ciclo de la marcha del miembro opuesto.

En el caso de alteraciones de la marcha, el inicio del contacto del pie con el suelo puede no deberse al talón, sino a la colocación de todo el pie o los dedos. Estos trastornos pueden deberse, por ejemplo, a espasticidad de los músculos flexores plantares del pie, movilidad reducida en el tobillo o factores que provocan la caída del pie durante la fase de balanceo.

Respuesta a la carga

En esta fase, el peso corporal se transfiere rápidamente a la extremidad. La adopción del peso corporal está asociada con la amortiguación de esta fuerza al aplanar el pie. Esta fase dura hasta que la extremidad opuesta pierde contacto con el suelo. La mayoría de los músculos funcionan de forma excéntrica, es decir, generan fuerza al tiempo que aumentan su longitud. Esto es para ralentizar parcialmente el movimiento, mantener el peso corporal en la extremidad, pero también para asegurar un movimiento ininterrumpido del cuerpo hacia adelante.

La marcha patológica en esta fase puede estar asociada con un trabajo muscular excéntrico inadecuado o un trabajo inadecuado de los pies, que en lugar de un movimiento suave se precipita rápidamente hacia el suelo.

Apoyo medio

Esta es la primera fase en apoyo unipodal de la marcha. Todo el pie se adhiere al suelo con toda su superficie, soportando el peso de todo el cuerpo moviéndose hacia adelante, y en esta fase, queda exactamente encima de él. Un elemento importante de esta fase es mantener la linealidad de la extremidad.

Las alteraciones más comunes que se pueden ver en esta fase son la falta de linealidad de la extremidad, hiperextensión de la rodilla o caída de la pelvis hacia el lado opuesto (síntoma de Trendelenburg), lo que indica la falla de los músculos glúteos de la extremidad en apoyo.

Apoyo final

Hay un mayor movimiento del cuerpo hacia adelante sobre la extremidad inferior. El peso corporal comienza a mantenerse en el antepié. La tarea de esta fase es sacar el centro de gravedad del cuerpo del apoyo plano. Esta fase termina cuando la extremidad opuesta se coloca en el suelo. La movilidad adecuada en la cadera y las articulaciones metatarsofalángicas es necesaria para la correcta implementación de esta fase. La falta de movilidad adecuada en estas articulaciones se asocia con desviaciones de la norma en esta etapa de la marcha.

Pre-oscilación

Esta es la fase final del apoyo del miembro que realiza el ciclo de marcha. Esta extremidad se descarga rápidamente transfiriendo el peso corporal a la extremidad opuesta. Esta es la preparación para la fase de oscilación, al mismo tiempo que constituye el segundo período del tiempo de doble apoyo.

El problema más común es la transferencia incorrecta e incompleta del peso corporal a la extremidad opuesta.

Oscilación inicial

Esta es la primera fase de oscilación. El pie se eleva por encima del suelo y el muslo comienza a moverse hacia adelante.

Los problemas más comunes que se notan en esta fase son una flexión funcional insuficiente de la extremidad o la falta de dorsiflexión activa del pie.

Oscilación media

Durante esta fase, el muslo continúa avanzando. También comienza el movimiento de extensión en la articulación de la rodilla. El pie se mantiene en una posición neutra.

Los problemas que aparecen en esta fase son los mismos que en la fase inicial de balanceo: acortamiento funcional insuficiente de la extremidad o falta de dorsiflexión activa del pie.

Oscilación final

Comienza cuando la tibia cruza una línea vertical. El trabajo de la extremidad es ralentizar el impulso de la parte inferior de la pierna y preparar la extremidad para el contacto siguiente con el suelo. Hay extensión de la extremidad en la articulación de la rodilla. Los músculos trabajan de forma excéntrica al frenar.

El problema más común que ocurre en esta fase es un trabajo muscular excéntrico inadecuado. Esto da como resultado una falta de control sobre el movimiento de extensión en la articulación de la rodilla (frenado inadecuado de este movimiento), lo que a su vez hace que la parte inferior de la pierna se aproxime a una velocidad demasiado alta.

7. Cambios en variables cinemáticas que ocurren en la marcha patológica

Cualquier alteración de la marcha afecta los cambios en todas o al menos la mayoría de las variables cinemáticas utilizadas para describir la biomecánica de la marcha, es decir, valores espacio-temporales, atributos y determinantes de la marcha y valores cinemáticos. El tipo de cambios depende de la enfermedad, siendo muchas veces un síntoma característico que permite confirmar el diagnóstico del paciente.

PARÁMETROS ESPACIO-TEMPORALES

Los parámetros espacio-temporales utilizados para describir la biomecánica de la marcha son [10]:

- velocidad de la marcha,
- longitud de paso o zancada,
- cadencia.

La marcha patológica se asocia con mayor frecuencia con cambios en el valor de los parámetros espacio-temporales. Por lo general, la longitud de la zancada se acorta. La cadencia también está cambiando. Ambos cambios afectan la velocidad de la marcha, que generalmente disminuye.

La determinación de los cambios en el valor de los valores espacio-temporales de la marcha se realiza habitualmente comparándolo con los valores medios. Para la marcha normal, la velocidad de marcha de las personas sanas varía entre 4 y 6 km / h. La frecuencia de los pasos a esta velocidad suele estar en el rango de 90 a 120 pasos por minuto, mientras que la longitud de los pasos es de 70 a 82 cm [1].

El análisis del cambio de la velocidad de la marcha también debe enriquecerse tomando como referencia el valor medido al valor teórico obtenido de la fórmula para la velocidad de confort. La velocidad de confort se define como la velocidad teóricamente más natural. Se puede determinar a partir de la fórmula siguiente, que tiene en cuenta la longitud de la extremidad de la persona examinada [6, 3, 8].

$$V_c = a\sqrt{gl} \quad (1)$$

donde:

g – constante de gravedad (9,81 m/s²)

l – longitud de la extremidad,

a – factor de proporcionalidad.

El coeficiente a, acorde a la literature es referenciado como 0,4 [5] o 0,42 [8].

El cálculo de la velocidad de comodidad al caminar de acuerdo con esta fórmula permite determinar si la velocidad medida durante la prueba se desvía significativamente de la calculada.

Los siguientes gráficos muestran los valores de velocidad de marcha, cadencia y longitud de zancada obtenidos para una persona después de un accidente cerebrovascular. Resultados basados en investigaciones propias.

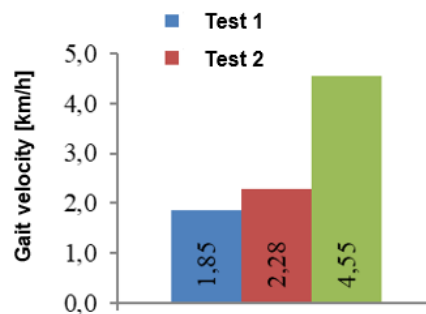


Fig. 4 La velocidad de la marcha determinada antes del comienzo (prueba 1) y después del final (prueba 2) de la rehabilitación

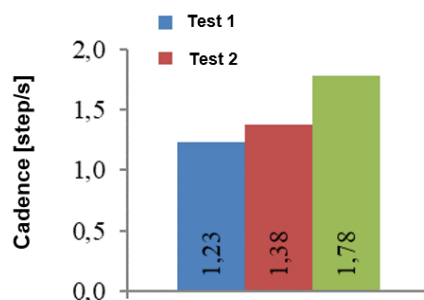


Fig. 5 Cadencia determinada antes del inicio (prueba 1) y después del final (prueba 2) de la rehabilitación

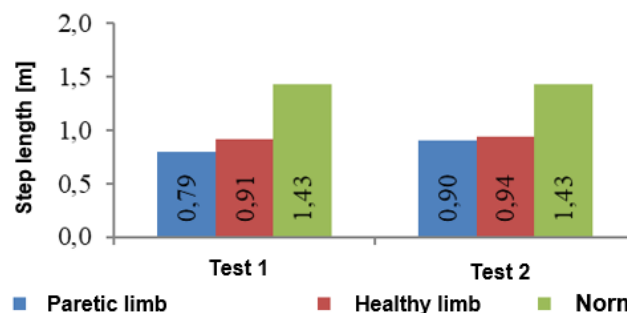


Fig. 6 Stride length determined before the beginning (test 1) and after the end (test 2) of rehabilitation

TRAYECTORIA DE ÁNGULO CONJUNTO

La trayectoria de los ángulos articulares pertenece a los parámetros que muestran con mayor claridad cambios en la biomecánica de la marcha patológica en relación con la marcha normal. En estas formas de onda se pueden observar las posiciones posteriores de la pelvis y las extremidades, las posiciones mutuas de los elementos de las extremidades individuales, así como la simetría del movimiento.

El análisis de la trayectoria de los ángulos articulares debe realizarse tanto:

- en términos de valores de ángulo en las articulaciones en etapas individuales de la marcha, refiriéndose a los ángulos obtenidos para la marcha normal,
- en términos de la calidad del movimiento, ya sea entrecortado, inestable o siguiendo la trayectoria correcta,
- la forma del ángulo de la articulación cambia con el tiempo - debe observarse si el gráfico resultante del cambio de ángulo con el tiempo es similar al correcto incluso cuando el rango de movimiento, es decir, los valores de los ángulos obtenidos en las etapas posteriores del movimiento se desvían de la norma.

A continuación, se muestran ejemplos de trayectoria de ángulos articulares y ángulos de pelvis obtenidos durante pruebas propias en una persona rehabilitada en relación con un accidente cerebrovascular. El paciente tenía paresia izquierda. Los resultados presentados se obtuvieron al inicio y al final del tratamiento hospitalario.

Los siguientes cambios pueden observarse en los gráficos presentados:

- alineación de la pelvis en el plano sagital (inclinación): la pelvis está demasiado inclinada hacia adelante. Lo normal es una inclinación de unos 10° ,
- alineación de la pelvis en el plano frontal (oblicuidad) - durante la fase de apoyo de la extremidad izquierda antes de la rehabilitación (línea roja), la pelvis desciende hacia la izquierda durante la mayor parte del ciclo de la marcha,
- alineación de la pelvis en el plano transversal (rotación) - el curso es cercano a lo normal,
- trayectoria del ángulo en la articulación de la cadera en el plano sagital - muy poca extensión durante la fase de apoyo,
- trayectoria del ángulo en la articulación de la rodilla en el plano sagital - falta de flexión adecuada en la extremidad izquierda en las formas de onda obtenidas tanto al principio como al final del tratamiento,
- trayectoria del ángulo en la articulación del tobillo en el plano sagital - no hay una dorsiflexión adecuada durante la fase de apoyo. Descenso del pie derecho durante la fase de balanceo.

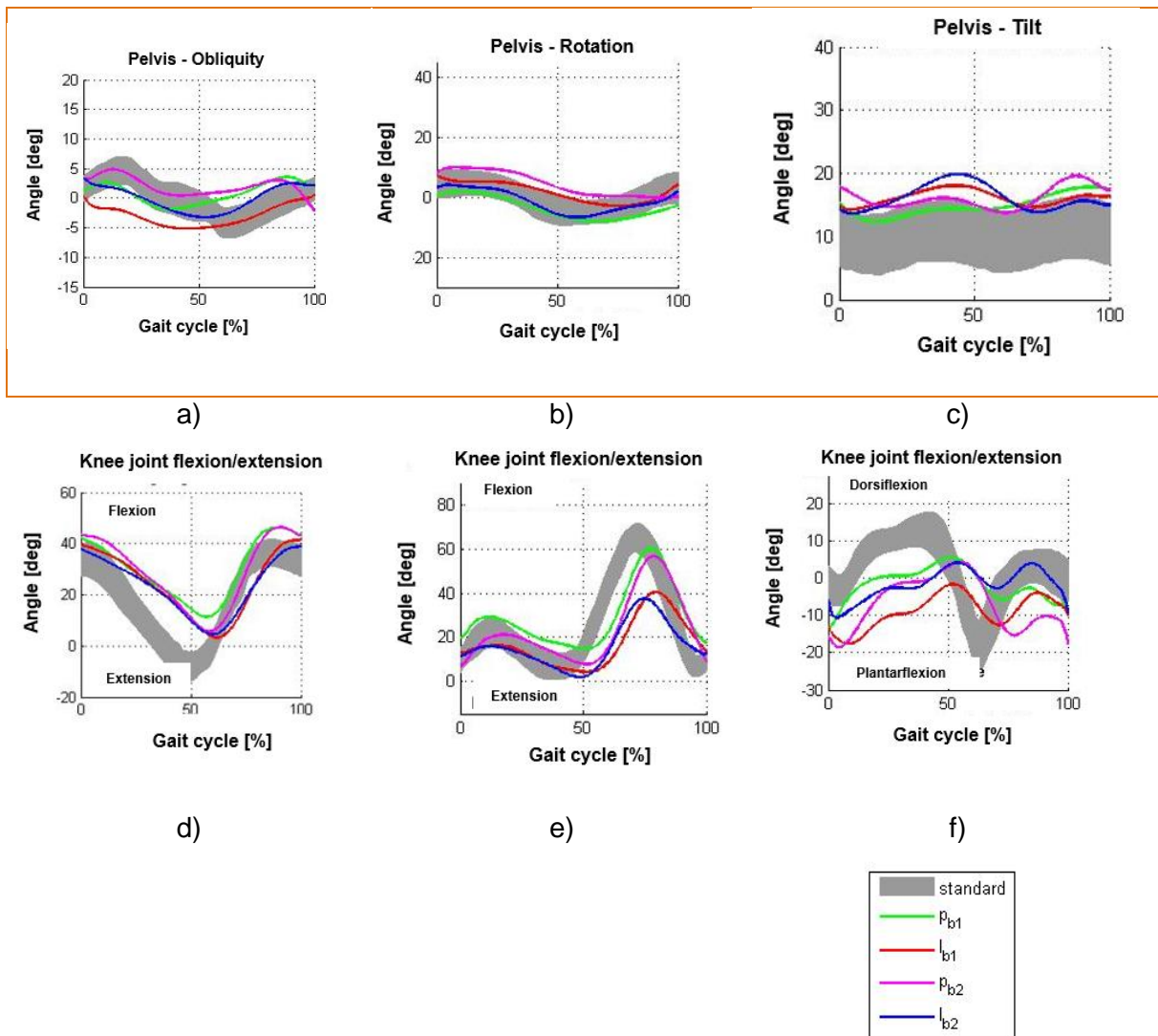


Fig. 7 Ejemplos de trayectoria de posicionamiento pélvico a) en el plano frontal, b) en el plano transversal, c) en el plano sagital y ángulos articulares d) en la articulación de la cadera, e) en la articulación de la rodilla y f) articulación del tobillo en el plano sagital obtenido para un paciente tratado en relación con un historial de accidente cerebrovascular. Símbolos: estándar - trayectoria correcta, pb1 - examen de la extremidad derecha antes de comenzar el tratamiento en el hospital, lb1 - examen de la extremidad izquierda antes de comenzar el tratamiento en el hospital, pb2 - examen de la extremidad derecha al final de la estancia hospitalaria, lb2 - examen de la extremidad izquierda al final de estancia en el hospital. Resultados basados en investigaciones propias.

8. Ejemplos de cambios en parámetros dinámicos que ocurren en la marcha patológica

Los cambios en la cinemática de la marcha se reflejan en cambios en los parámetros dinámicos. Los analizados con mayor frecuencia incluyen las reacciones del suelo. Las reacciones del suelo se miden en plataformas dinamométricas dedicadas. Durante el análisis de la marcha, generalmente se consideran tres componentes de la reacción del suelo:

- componente vertical,
- componente anteroposterior,
- componente medio lateral.

Los valores de las reacciones del suelo se presentan como cursos de tiempo. Para permitir la comparación con los resultados de otras personas, así como para normalizar las formas de onda, los valores medidos (fuerzas) se refieren al peso de la persona de prueba que da el resultado en porcentaje (donde el peso corporal corresponde al 100%). La figura siguiente muestra el curso correcto de la reacción del suelo obtenida para una marcha normal.

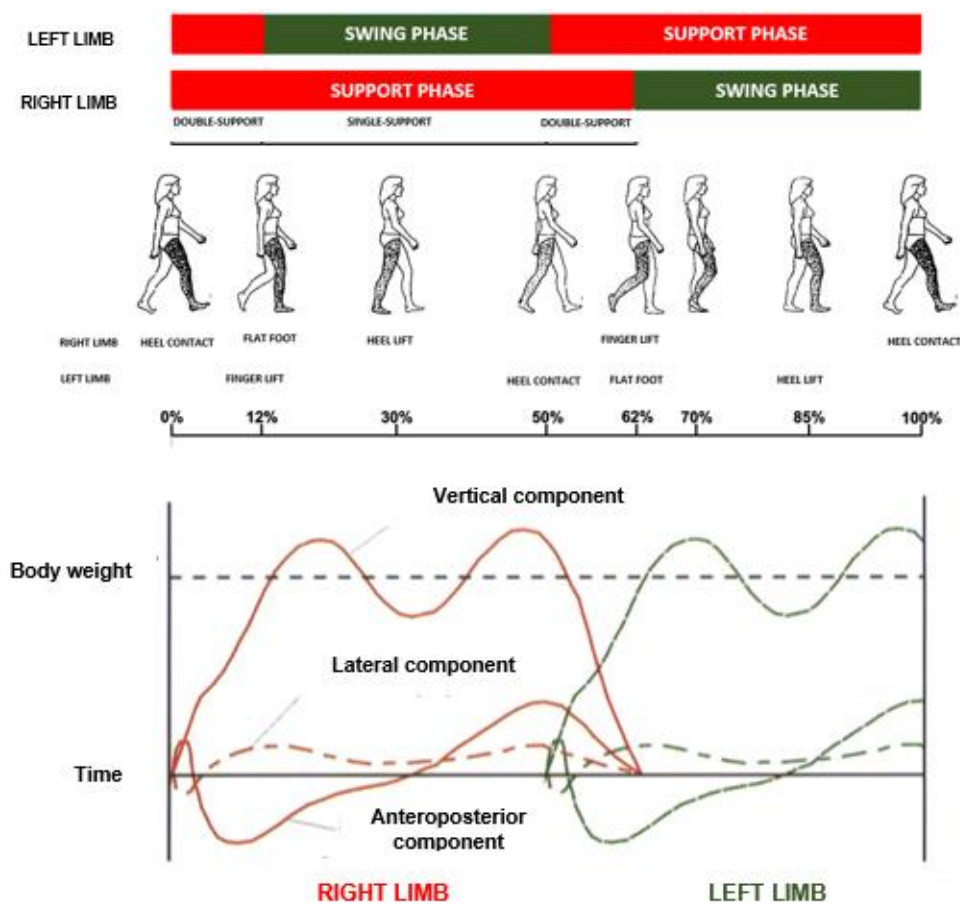


Fig. 8 Formas de onda de reacción del suelo obtenidas para la marcha normal [10]

En la marcha patológica, los elementos dinámicos de la marcha suelen estar alterados, es decir, los máximos característicos de los componentes vertical y anteroposterior se aplanan. En los siguientes ejemplos se presentan ejemplos de desviaciones de la norma en la marcha patológica [12].

- ningún máximo característico en la componente vertical de la reacción del suelo en la fase de sobrecarga (Meseta del talón)



Esta trayectoria de reacción del suelo puede ser el resultado de una transferencia de carga demasiado rápida a todo el pie. Puede ocurrir, por ejemplo, en personas con un miembro más corto. También puede ser el efecto de poner suavemente una extremidad.

- sin reducción característica en el valor de la componente vertical de la reacción del suelo en la fase de descarga (Meseta central)



Esta trayectoria de reacción puede estar asociado con un contacto demasiado prolongado del talón con el suelo. También se puede asociar con deficiencias que resultan en propulsiones debilitadas o faltantes, por ejemplo, cambios degenerativos u otros problemas con la rodilla, así como con la marcha de personas con pie plano.

- reducción excesiva de la componente vertical de la reacción del suelo en la fase de descarga (Depresión central)



Esta reacción puede significar que no hay contacto entre la parte media del pie y el suelo. Las condiciones seleccionadas en las que puede ocurrir este curso son la espasticidad de los músculos flexores del pie o problemas con la articulación femorrotuliana.

- ningún máximo característico en la componente vertical de la reacción del suelo en la fase de propulsión (Meseta del antepié)



Aparece en personas que tienen una mayor carga en el talón que en el antepié. Puede ocurrir en pie plano, en personas con hallux o en el caso de un trabajo inadecuado de los músculos flexores plantares del pie (sin posibilidad de luxación activa).

9. Caminar con muletas como ejemplo de marcha patológica

Los daños en el sistema musculoesquelético también pueden resultar en el hecho de que el movimiento independiente se vea obstaculizado significativamente o sea imposible. Un elemento que puede apoyar a una persona enferma son las muletas ortopédicas. El uso de muletas ortopédicas cambia significativamente la forma en que se mueve. Se supone que cuando se usa una muleta, no se debe usar una sola muleta, ya que afecta negativamente a la columna, ya que puede provocar cambios inflamatorios y degenerativos.

Las situaciones comunes que requieren el uso de muletas son las amputaciones de miembros, así como las lesiones y lesiones mecánicas como las fracturas de huesos. Sin embargo, las muletas también se utilizan para la artritis de las extremidades inferiores, que provoca un dolor intenso que hace que el paciente no pueda moverse por sí solo.

La muleta ortopédica debe realizar principalmente dos funciones: reducir la carga de una o ambas extremidades (el peso corporal es transferido parcial o completamente por las extremidades superiores), así como mejorar el equilibrio y la estabilidad. También debe permitir mantener una posición erguida y apoyar la transmisión de señales sensoriales a través de las manos.

Desde el punto de vista biomecánico, la bola ortopédica aumenta el plano de apoyo al introducir un punto de apoyo adicional. Es una extensión de las extremidades superiores e introduce la posibilidad de utilizarlas al desplazarse en fases de apoyo. El uso de la muleta mediante un método de agarre específico elimina un número significativo de grados de libertad de movimiento, facilitando al paciente el control de las actividades de apoyo y movimiento..

Se pueden utilizar una o dos bolas. A continuación se muestra un resumen del grado de descarga cuando se utilizan una y dos bolas [4]:

- usando una muleta

La locomoción con 1 muleta brinda la oportunidad de descargar la extremidad del 0 al 50% (la muleta se mantiene en el lado de la extremidad inferior sana). La descarga del 50% del miembro se condiciona moviendo la muleta del miembro inferior más que cuando se camina con 2 muletas. Si la muleta está más paralela al miembro inferior, la descarga será inferior al 50%.

- usando dos muletas

La locomoción con 2 muletas brinda la oportunidad de descargar la extremidad del 0% (carga completa) al 100% (descarga completa). Descargar al 0% equivale al 100% de carga y puede denominarse "caminar con muletas". Cabe destacar que a pesar de que es posible la locomoción con muletas con 0% de descarga de la extremidad, en el aprendizaje de la marcha se utiliza de forma esporádica.

TIPOS DE MARCHA CON MULETAS

Se pueden distinguir cinco técnicas para caminar con muletas:

- marcha de cuatro puntos,
- marcha de tres puntos,
- marcha en dos puntos,
- oscilación durante la marcha,
- oscilación a la marcha.

Marcha de cuatro puntos

Se caracteriza por la secuencia de muleta izquierda, pie derecho, muleta derecha, pie izquierdo. Luego repite la secuencia. Debido al hecho de que tres puntos siempre tocan el suelo, se garantiza una muy buena estabilidad. Esta marcha está indicada cuando hay poca coordinación o piernas débiles, y el paciente debe poder mover cada una de ellas.

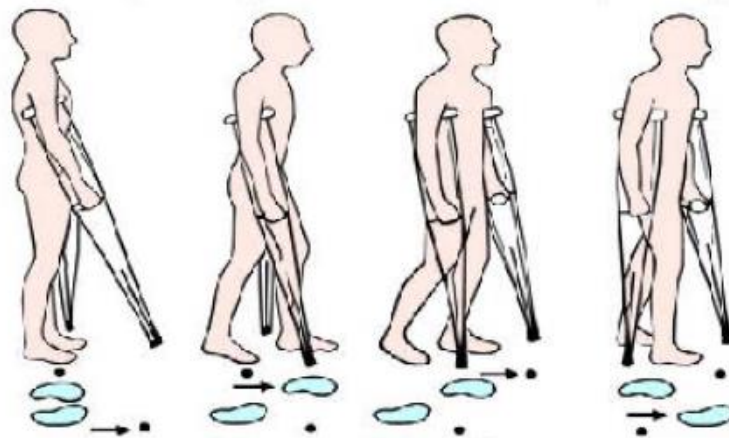


Fig. 9 Marcha de cuatro puntos [13]

Marcha de tres puntos

La secuencia de tal marcha es transferir ambas muletas y una pierna más débil hacia adelante, transferir peso a las muletas ortopédicas, transferir la extremidad más fuerte hacia adelante y luego repetir la secuencia. Este paso es bastante rápido, mientras descarga la extremidad discapacitada. Está indicado cuando existe incapacidad para llevar la carga en una pierna (fracturas, dolor, amputaciones).

Marcha de dos puntos

La secuencia de esta marcha es mover la muleta izquierda y la pierna derecha juntas, luego la muleta derecha y la pierna izquierda juntas. Luego se repite la secuencia. Esta marcha es

más rápida que una marcha de cuatro barras con muletas. La indicación es debilidad en ambas piernas o mala coordinación.

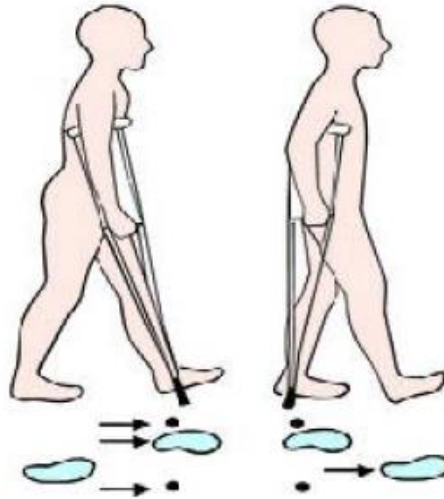


Fig. 10 Marcha de tres puntos [13]

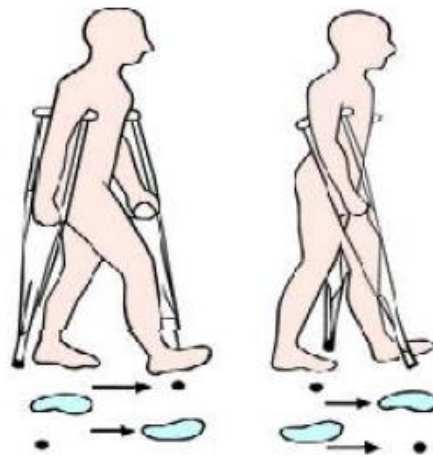


Fig. 11 Marcha de dos puntos [13]

Oscilación de la marcha

La secuencia de esta marcha es mover ambas muletas hacia adelante, levantar las extremidades inferiores ligeramente hacia arriba, tener todo el peso del cuerpo en ambas muletas, mover las piernas o una pierna balanceándose. Luego repite la secuencia. Este es el patrón de marcha con muletas más rápido, también utilizado por los atletas durante las competiciones. La indicación es la imposibilidad de llevar la carga por ambas piernas (fracturas, dolor, amputaciones).

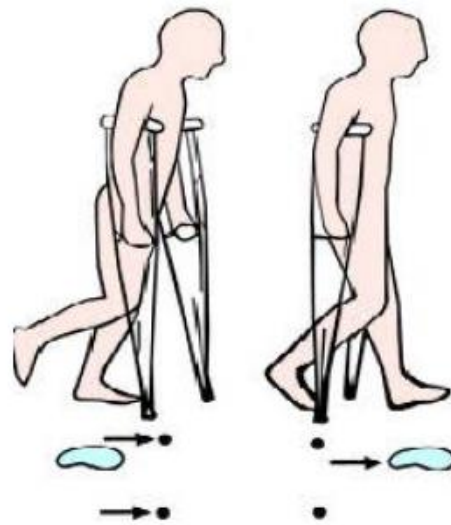


Fig. 12 Oscilación durante la marcha [13]

Oscilación a la marcha

La secuencia de una marcha de este tipo consiste en cargar una pierna sana con el peso del cuerpo, mover ambas muletas hacia adelante, inclinar el cuerpo hacia adelante y mover ambas extremidades hacia adelante junto con el movimiento de las extremidades en paralelo. Luego se repite la secuencia. Es una forma de caminar con muletas relativamente rápido y fácil de aprender. Se usa cuando ambas extremidades están débiles.

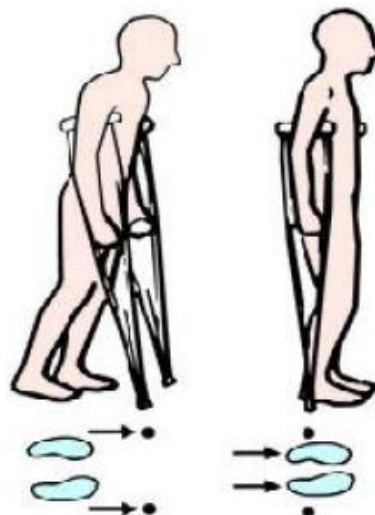


Fig. 13 Oscilación a la marcha [13]

EJEMPLOS DE TRAYECTORIAS DE ÁNGULOS DE ARTICULACIÓN DURANTE EL BALANCEO A LA MARCHA

A continuación, se muestran ejemplos de cambios en los ángulos de las articulaciones y la configuración de la pelvis durante un ciclo de balanceo para caminar con muletas. Los resultados provienen de investigaciones propias.

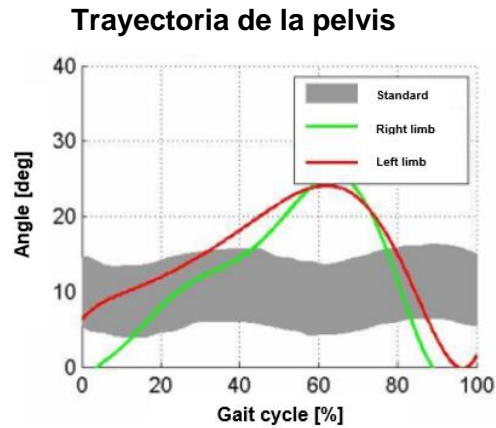


Fig. 14 Trayectoria de la pelvis en plano sagital

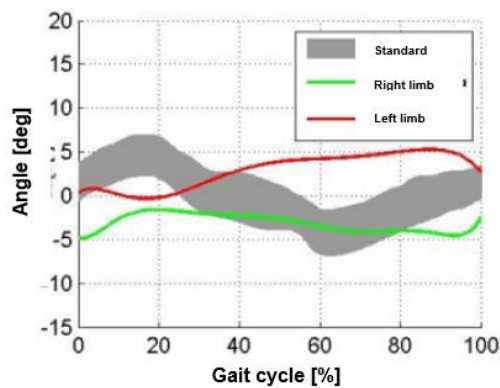


Fig. 15 Trayectoria de la pelvis en plano frontal

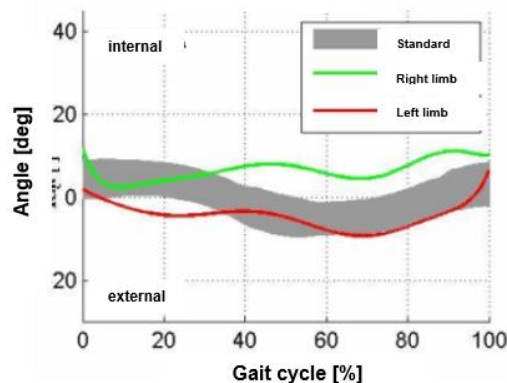


Fig. 16 Trayectoria de la pelvis en plano transversal

Ángulos de cadera

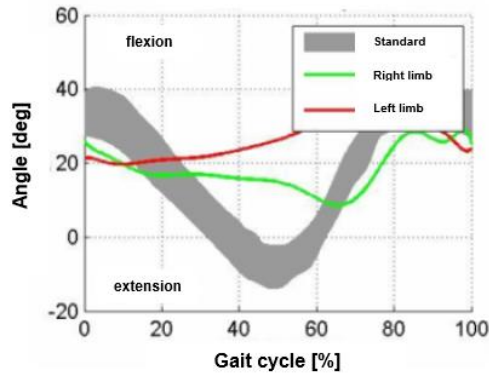


Fig. 16 Cambio del ángulo en el plano sagital (flexión / extensión)

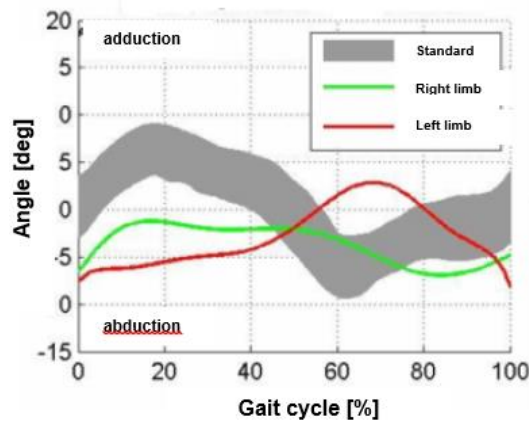


Fig. 17 Cambio del ángulo en el plano frontal (abducción \ aducción)

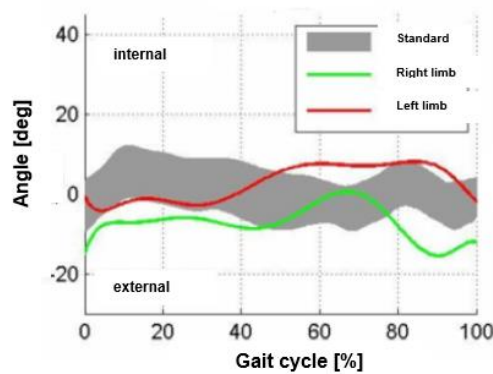


Fig. 18 Cambio del ángulo en el plano transversal (rotación externa / interna)

Trayectoria del ángulo en las articulaciones de rodilla y tobillo en el plano sagital

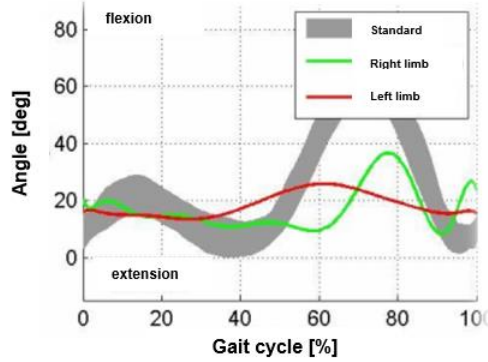


Fig. 19 Cambio del ángulo en la articulación de la rodilla (flexión / extensión)

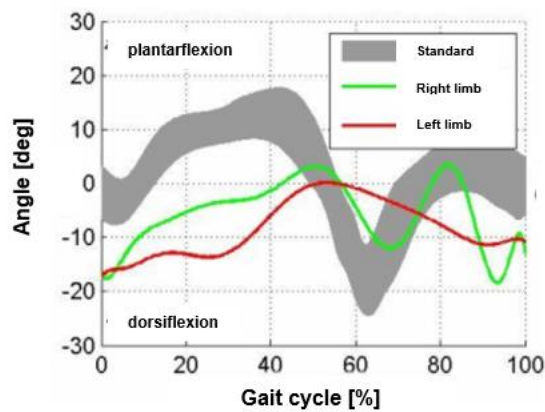


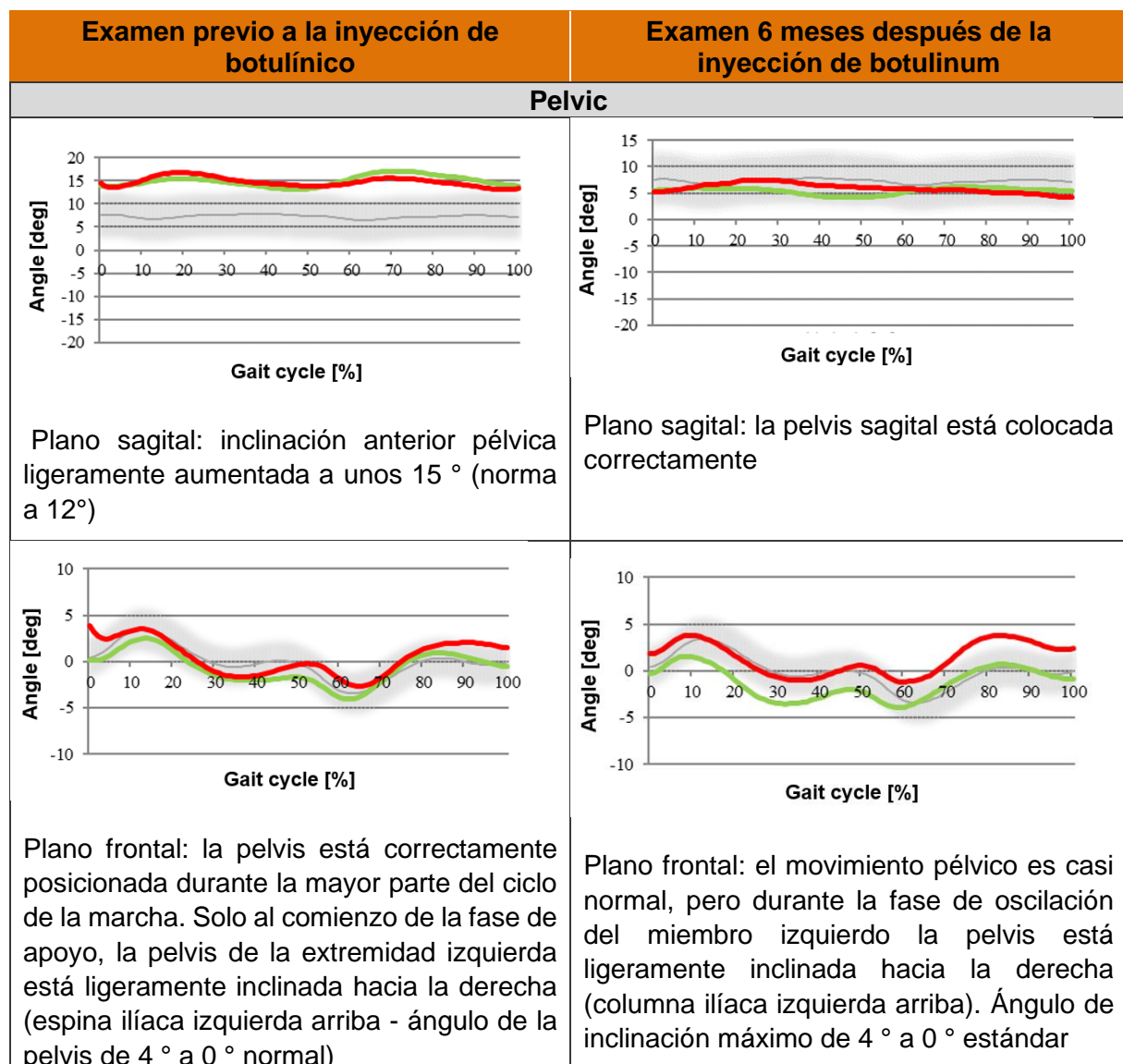
Fig. 20 Cambio del ángulo en la articulación del tobillo (dorsiflexión / extensión plantar)

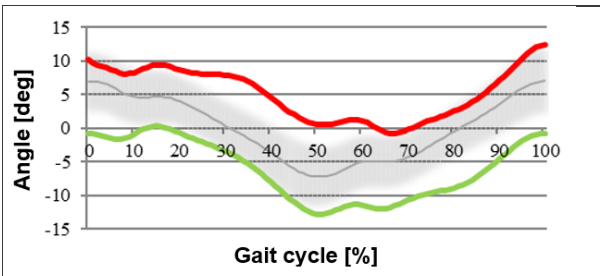
10. Biomecánica de la marcha patológica: estudio de caso

Este capítulo presenta los casos de marcha patológica discutidos sobre la base de una investigación propia, cuyo resultado completo se presenta en una monografía editada por Michnik, Kopyto y Jochymczyk-Woźniak [7]. Las mediciones se realizaron en niños con parálisis cerebral diagnosticada. Los niños, además de la rehabilitación estándar, fueron tratados con terapia botulínica. Se presentan los resultados obtenidos antes y después de la inyección de toxina botulínica. Las mediciones se realizaron utilizando el sistema BTS SMART.

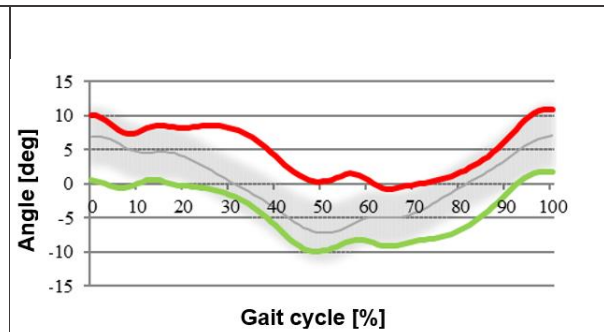
PERSONA 1

Paciente con diagnóstico de diplejía a la edad de 7 años, con un peso corporal de 24 kg y una altura corporal de 128 cm (IMC-14,63, percentil 29, peso normal).



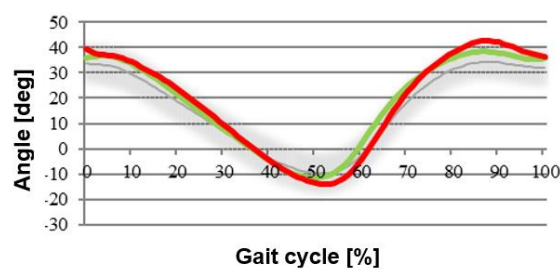


Plano transversal: la naturaleza del movimiento es similar a la normal, sin embargo, la pelvis durante todo el ciclo de la marcha en una posición incorrecta - torcida hacia la derecha (espina ilíaca izquierda demasiado hacia adelante). Al comienzo de la fase de apoyo de la extremidad izquierda, el ángulo de 10° cuando el estándar es de 7° . Luego, durante la carga y propulsión de la extremidad izquierda, la espina ilíaca derecha no se empuja completamente hacia adelante (en el momento del desprendimiento de la extremidad izquierda 0° cuando el estándar es 5°). El ángulo al comienzo de la fase de apoyo de la extremidad derecha es de 0° cuando el estándar es de 7° . En el momento del desprendimiento del miembro derecho del suelo, ángulo pélvico de 12° cuando el estándar es de 5° .

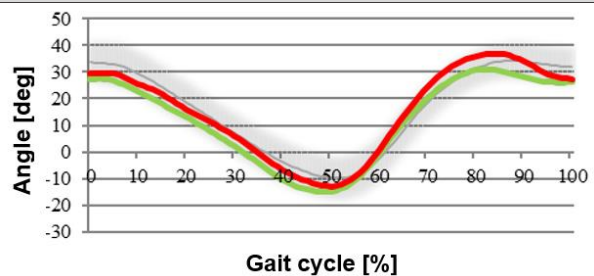


Plano transversal: la naturaleza del movimiento es similar a la normal, sin embargo, la pelvis durante todo el ciclo de caminar en una posición incorrecta - torcida hacia la derecha (la columna ilíaca izquierda demasiado hacia adelante). Al comienzo de la fase de apoyo de la extremidad izquierda, el ángulo de 10° cuando el estándar es de 7° . Luego, durante la carga y propulsión de la extremidad izquierda, la espina ilíaca derecha no se empuja completamente hacia adelante (en el momento del desprendimiento de la extremidad izquierda, ángulo pélvico 0° en la norma -5°). Ángulo al comienzo de la fase de apoyo de la rama derecha el ángulo es 0° cuando el estándar es 7° . En el momento del desprendimiento del miembro derecho del suelo, ángulo pélvico de 8° cuando el estándar es de 5° .

ARTICULACIÓN DE CADERA



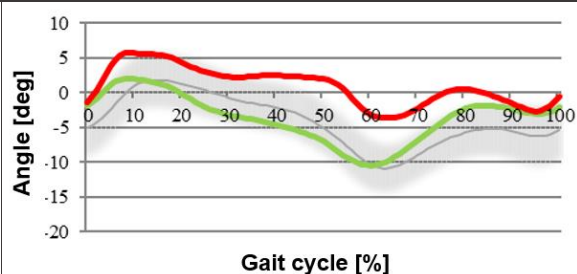
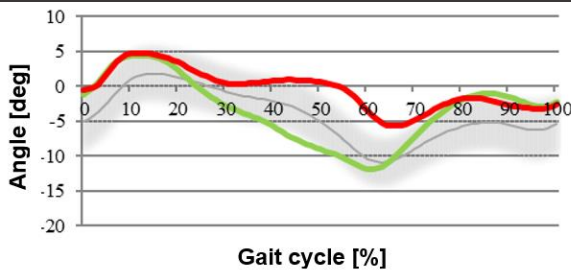
Flexión / extensión: ambas extremidades inferiores en la posición correcta. Solo al final de la fase de balanceo, la extremidad



Flexión / extensión: ambas extremidades inferiores colocadas correctamente durante

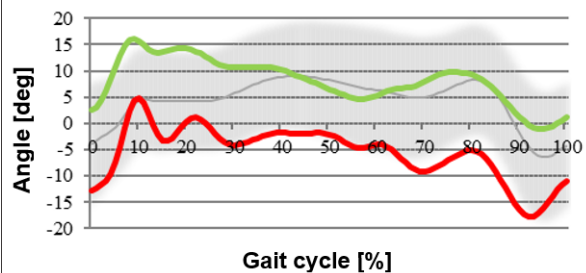
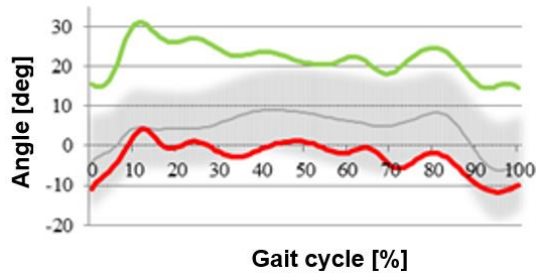
izquierda está demasiado flexionada (42 ° cuando el estándar es 34 ° y el rango de ángulo es 39 °)

la mayor parte del ciclo de marcha. Solo al final de la fase de oscilación extensión demasiado acelerada, pero el ángulo de ambas extremidades está dentro del rango correcto de ángulos



Aducción / abducción: el movimiento de la extremidad derecha es cercano a lo normal, en la segunda parte de la fase de oscilación el ángulo se desvía ligeramente de la norma (-1 ° en la norma -5 ° y rango de ángulo correcto -3 °). Extremidad izquierda colocada correctamente solo al comienzo de la fase de apoyo. En la segunda parte de la fase de apoyo no hay abducción, mientras que en la fase de balanceo la abducción es demasiado pequeña acercándose a la norma antes del siguiente contacto de la extremidad derecha con el suelo.

Aducción / abducción: movimiento correcto del miembro derecho. Extremidad izquierda durante todo el ciclo de marcha, excepto en el momento de contacto con el suelo, 2 ° a 5 ° en aducción excesiva. Cuando el pie izquierdo se separa del suelo, el ángulo en la extremidad izquierda es -3 ° cuando el estándar es -10 ° y el rango de ángulo correcto -6 °.



Rotación: en el miembro izquierdo el carácter de la curva se desvía ligeramente del normal, pero dentro de todo el ciclo de la marcha se encuentra dentro del rango normal de personas sanas. Sin rotación interna: la extremidad permanece cerca de 0 ° durante la mayor parte del ciclo de caminata. En el momento del contacto del pie con el suelo, el ángulo es de -10 ° cuando el estándar es de -3 °, en el momento del desprendimiento el ángulo es de 0 ° cuando el estándar es de 7 °. Rotación interna muy alta del miembro derecho. También puede

Rotación: movimiento en el miembro derecho, salvo el inicio de la descarga del conjunto correctamente. Al comienzo de la sobrecarga, la extremidad derecha giró internamente en un ángulo de 16 ° con un estándar de 5 ° y un rango de movimiento correcto de 12 °. En la extremidad izquierda, la naturaleza del movimiento en la fase de apoyo es incorrecta: grandes fluctuaciones de ángulo. El movimiento en la extremidad izquierda se estabiliza en la segunda mitad de la fase de apoyo y en la parte posterior del ciclo de la marcha la naturaleza del

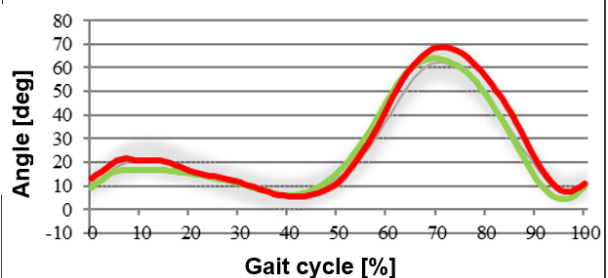
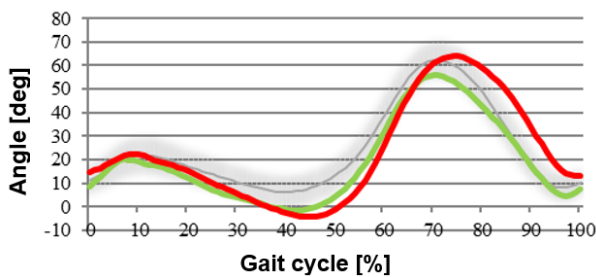
ser el resultado de un cambio accidental inadvertido en la posición de la varita en el muslo.

movimiento es normal, pero ocurre en el límite de lo normal con la extremidad rotada externamente.

ARTICULACIÓN DE LA RODILLA

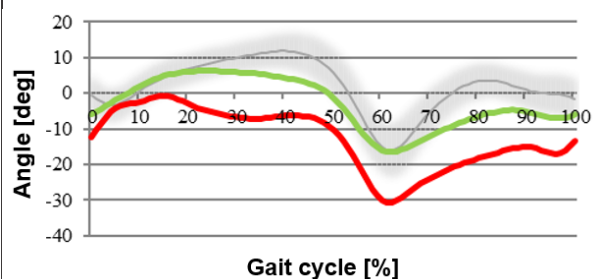
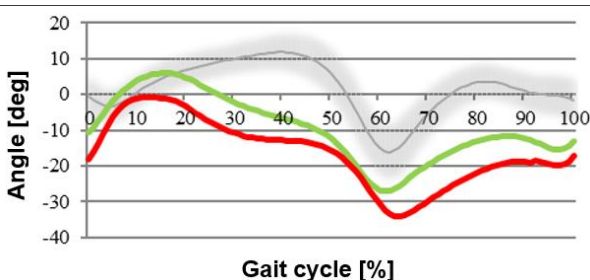
Flexión / extensión: el curso del ángulo en la extremidad derecha cerca de lo normal. En el limbo izquierdo el carácter del recorrido está próximo a ser correcto. Extensión ligeramente retrasada en la fase de apoyo antes de despegar el pie del suelo y flexión

Flexión / extensión: ángulo correcto para ambas extremidades. Ligeras asimetrías durante la descarga en la fase de apoyo (alrededor del 15%) y la segunda mitad de la fase de balanceo (alrededor del 10%)



en la fase de balanceo. Una hiperextensión levemente aumentada en la extremidad izquierda (-3 ° a 0 °) y demasiada flexión en la segunda parte de la fase de balanceo

ARTICULACIÓN DEL TOBILLO

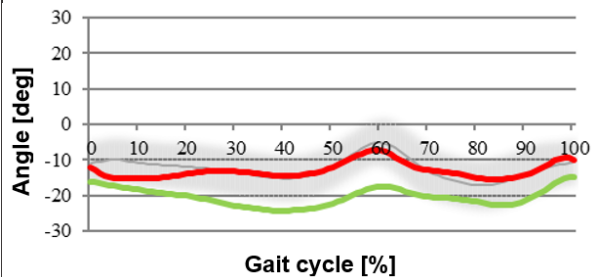
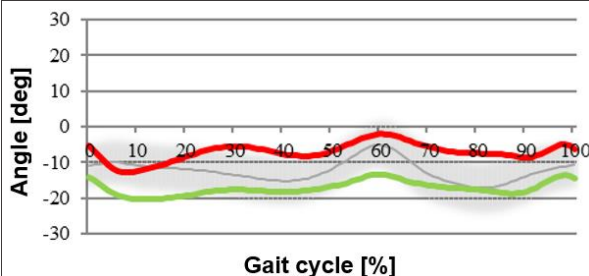


Flexión plantar / dorsal: se observa una caída del pie en ambas extremidades. Extremidad izquierda en flexión plantar durante todo el ciclo de marcha. En el momento del contacto, el ángulo del pie en la extremidad izquierda es -19 ° - flexión plantar - la norma es 0 °. Luego, el pie se flexiona dorsalmente hasta alcanzar un ángulo máximo de 0 ° (fase de descarga) y luego vuelve a la flexión plantar. En el

Flexión plantar / dorsal: el curso de la extremidad derecha es casi normal. Leves desviaciones de la norma al final de la descarga y al inicio de la fase de propulsión (máximo 7 °) y durante el swing (máximo 11 °). En el momento del contacto, ángulo de -5 °, cuando el pie se retira del suelo -15 ° - ambos valores están dentro de la norma.

momento del desprendimiento, el ángulo del pie en la extremidad izquierda es de -33° cuando el estándar es de -15° . El ángulo en la extremidad derecha, cuando el pie toca el suelo, es de 10° (flexión plantar) cuando el estándar es de 0° . Luego, durante la descarga, el pie alcanza un ángulo de 6° (dorsiflexión) e inmediatamente comienza la flexión plantar y permanece en dicha flexión hasta el final del ciclo de marcha. En el momento del desprendimiento, el ángulo en el miembro derecho es de 27° cuando el estándar es de 15° . Existe una asimetría entre el miembro derecho y el izquierdo.

La naturaleza del curso de la extremidad izquierda es casi normal, mientras que todo el curso se desplazó de 10° a 17° hacia el lado plantar. En el momento del contacto, el ángulo -11° (norma 0°), en el momento de levantar el pie del suelo -30° (norma -15°). La caída del pie es visible.



Rotación del pie: los ángulos de rotación en ambos pies están dentro del rango normal. Asimetría visible entre la extremidad derecha e izquierda: el pie derecho tiene una mayor rotación externa que el izquierdo durante todo el ciclo de la marcha. La naturaleza del movimiento en ambas extremidades es correcta durante la mayor parte del ciclo de la marcha: solo en la extremidad izquierda cuando el pie está descargado, el pie gira hacia adentro, mientras que al caminar la dirección de rotación correcta es hacia afuera.

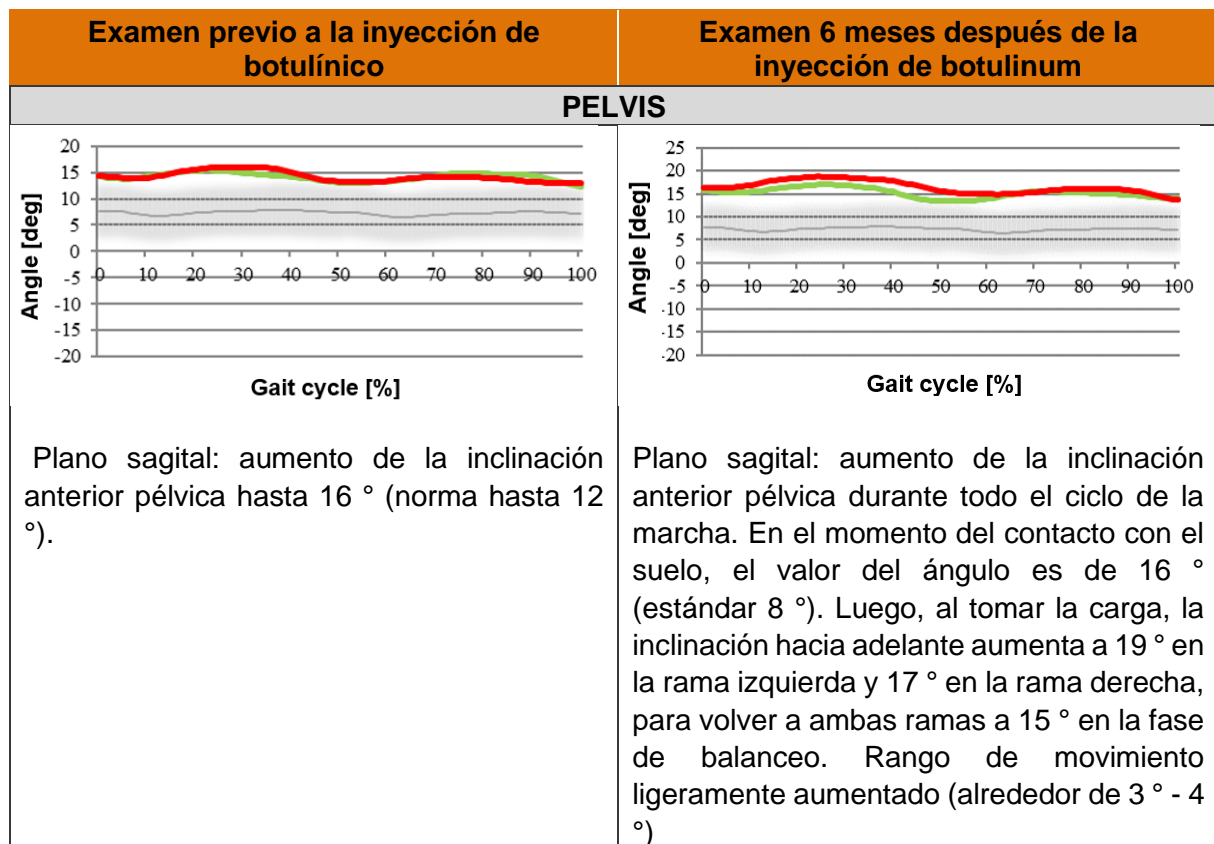
Rotación del pie: el movimiento de la extremidad izquierda está dentro del rango normal. En la extremidad derecha, el pie se encuentra en rotación externa excesiva durante toda la fase de apoyo y durante la fase de balanceo en el límite de la marcha normal. Asimetría visible entre miembros.

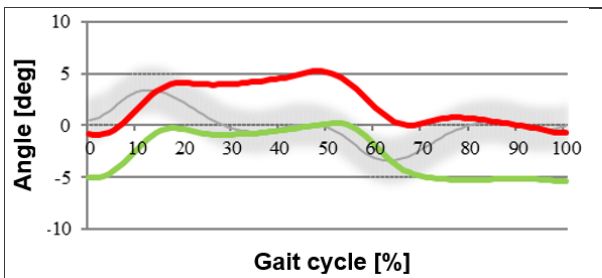
En el momento del contacto, el ángulo del pie de la extremidad izquierda es -6° - rotación hacia afuera - (la norma es 10°). En el momento del desprendimiento, el ángulo del pie en la extremidad izquierda es -1° en el estándar -5° . Ángulo en la extremidad derecha cuando el pie toca el suelo -14° (flexión plantar) con la norma 10° . En el momento del desprendimiento, el ángulo en la extremidad derecha es de -12° en el estándar de -5° .

En el momento del contacto, el ángulo del pie en la extremidad izquierda es -10° - rotación hacia afuera - (la norma es -10°). En el momento del desprendimiento, el ángulo del pie en la extremidad izquierda es de -6° en el estándar de -5° . Ángulo en la extremidad derecha cuando el pie toca el suelo -16° (flexión plantar) cuando el estándar es -10° . En el momento del desprendimiento, el ángulo en la extremidad derecha es de -18° en el estándar de -5° .

PERSONA 2

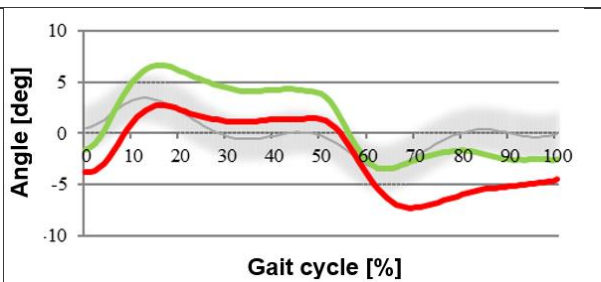
Paciente con diplejía con paresia del lado derecho a la edad de 3 años y 7 meses, con una altura corporal de 100 cm y un peso corporal de 14 kg. Un IMC de 14 (percentil 3) clasifica al sujeto como niños con bajo peso. Durante el segundo estudio después de 6 meses de tratamiento, el índice de masa corporal fue 14,7; Percentil 19 (altura 101 cm, peso 15 kg).



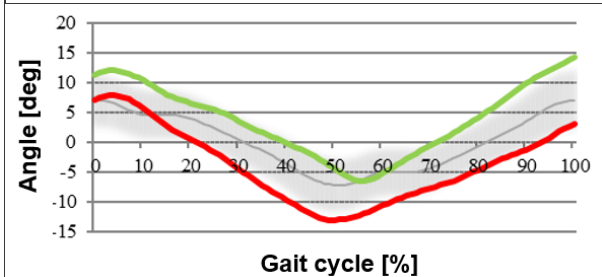


Plano frontal: elevación pélvica demasiado tardía del lado izquierdo en la fase de apoyo del limb izquierdo y luego hasta el final de la fase de apoyo del miembro izquierdo en inclinación pélvica (lado izquierdo arriba). Durante la fase de balanceo de la extremidad izquierda, la pelvis está paralela al suelo. Falta de elevación del lado derecho de la pelvis al comienzo de la fase de soporte de la extremidad derecha.

Generalmente, la pelvis está inclinada hacia la derecha (ASIS izquierdo hacia arriba) o en posición neutra.

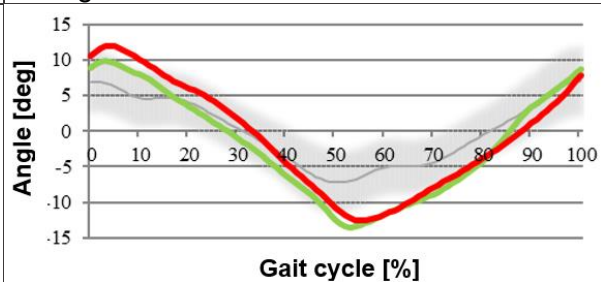


Plano frontal: Al inicio del ciclo de la marcha del miembro izquierdo, la pelvis se posiciona en un ángulo de -4° (norma 1°) y luego alcanza un valor de 3° durante la fase de apoyo. En la fase de balanceo del miembro izquierdo, descenso pélvico hacia la izquierda. Ángulo al inicio de la fase de apoyo del límite derecho -2° . Luego fuerte elevación pélvica durante la fase de apoyo (máximo 7° a 3° norma). Luego, en la fase de balanceo de la extremidad derecha, el lado derecho de la pelvis desciende (a un ángulo de -3°) y permanece oblicua hasta el final del ciclo de marcha de la extremidad derecha. La naturaleza del movimiento se ha conservado, sin embargo, el rango de movimiento aumentó a 10° (la norma es 6°). Quedarse cayendo durante la fase de swing.



Plano transversal: se conserva la naturaleza del movimiento, pero el lado derecho es mucho más rápido y se "empuja" más hacia adelante durante la fase de balanceo.

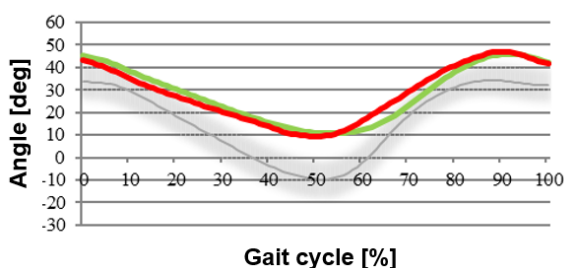
El ángulo en el momento del contacto del miembro izquierdo es de 7° , mientras que en el miembro derecho es de 11° (la norma es de 7°). Al final de la fase de apoyo del miembro izquierdo, el ángulo de la pelvis es -13° (norma -6°). Esto se debe a la fuerte rotación de la pelvis hacia la derecha durante



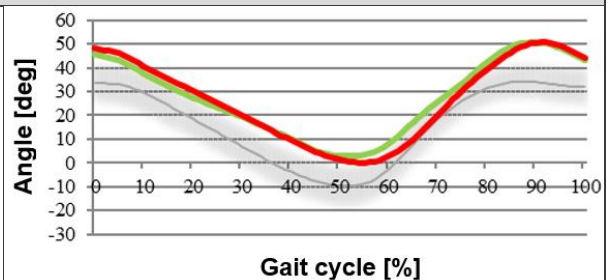
Plano transversal: la naturaleza del movimiento se conserva, sin embargo, con un rango de movimiento aumentado (24° , norma 14°): hay una fuerte profundización de la rotación pélvica al final de la fase de apoyo y al comienzo de la fase de oscilación.

el balanceo de la extremidad derecha. El balanceo de la extremidad derecha está asociado con un trabajo pélvico excesivo; parece que hay un balanceo pélvico para mover la extremidad. El swing de la extremidad izquierda es mucho más débil. Probablemente un problema con la extremidad izquierda. Mayor rango de movimiento a 20 ° (norma 14 °).

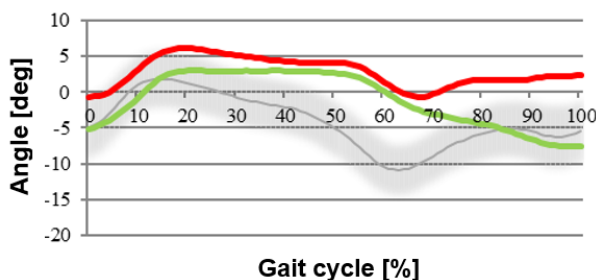
ARTICULACIÓN DE CADERA



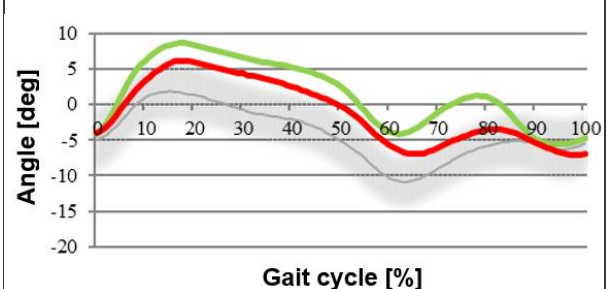
Flexión / extensión: al inicio de la fase de apoyo el ángulo en ambas extremidades es de 45 ° (estándar 32 °). Al final de la fase de apoyo, el ángulo en la rama izquierda es de 20 ° y en la rama derecha es de 10 ° (norma 0 °). Rango de movimiento para ambas extremidades 35 °. Se ha conservado la naturaleza del movimiento, mientras que durante todo el ciclo de la marcha la extremidad está en flexión excesiva.



Flexión / extensión: se conserva la naturaleza del movimiento, pero ambas extremidades durante todo el ciclo de la marcha están excesivamente flexionadas. Al comienzo de la fase de apoyo, el ángulo en ambas extremidades es de 48 ° (estándar 32 °). La diferencia de 15 ° a 20 ° entre el rumbo medido y el rumbo estándar se mantiene durante toda la fase de apoyo de ambas extremidades. Al comienzo de la fase de swing, el curso se acerca a los valores estándar. En la segunda mitad de la fase de apoyo, por otro lado, se produce una flexión más profunda en la articulación de la cadera (50 ° a 33 ° estándar)



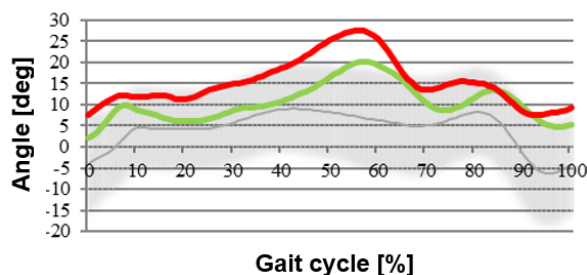
Aducción / abducción: al comienzo del ángulo de fase de apoyo en la extremidad izquierda 0 ° (en el borde del rango normal,



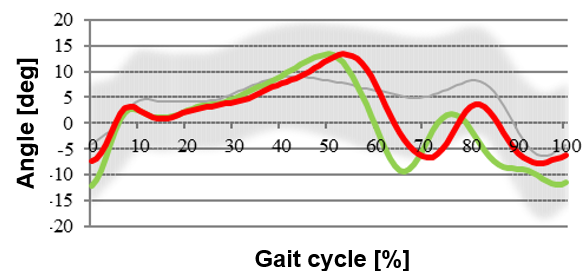
Aducción / abducción: al inicio de la fase de apoyo, el ángulo en ambas extremidades 0

la norma es -5° - abducción). A esto le sigue la aducción adecuada, que, sin embargo, permanece constante durante toda la fase de apoyo (alrededor de 5°), primero bajando a cero al final de la fase de apoyo y luego subiendo a 2° en la fase de balanceo. En el momento del desprendimiento del suelo, el ángulo de la extremidad izquierda es de 0° (norma -10°). La extremidad derecha al inicio de la fase de apoyo está correctamente colocada, sin embargo, al igual que la izquierda, permanece en aducción casi durante toda la fase de apoyo. Al final de la fase de apoyo, se aduce la extremidad derecha (cuando la extremidad derecha está desprendida, el ángulo es 0° , norma -11°), se continúa en la fase de balanceo hasta que se alcanzan los valores normales al final de la fase de balanceo. La naturaleza del movimiento de ambas extremidades se conserva solo al comienzo de la fase de apoyo. Rango de movimiento en el miembro izquierdo 7° y en el miembro derecho 11° (norma 13°).

$^{\circ}$ (valor normativo). A continuación, se aducción de ambas extremidades (6° en la izquierda y 8° en la derecha, estándar 2°). En el momento del desprendimiento del pie del suelo, ambas extremidades en ligera abducción (-5° extremidad izquierda y -3° extremidad derecha, estándar -10°). En la fase de balanceo en la extremidad izquierda, el movimiento es cercano a lo normal, en la extremidad derecha hay primero aducción a un ángulo de 1° , y luego abducción a valores normativos -5° .



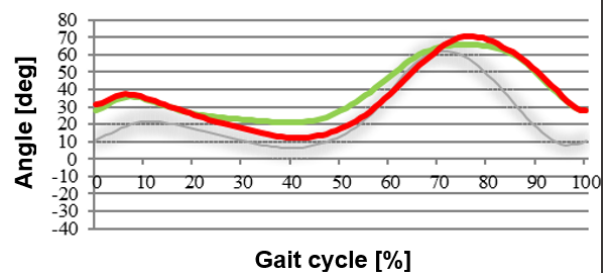
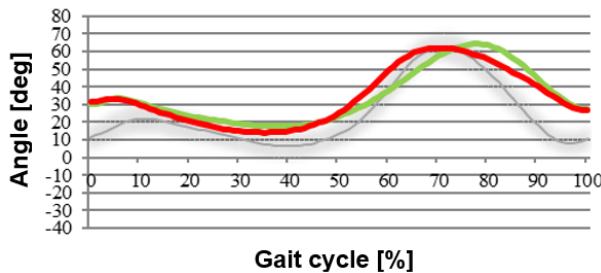
Rotación: el ángulo de rotación del miembro derecho se encuentra dentro de los rangos superiores de la norma. La extremidad izquierda se rota excesivamente hacia adentro durante todo el ciclo de la marcha.



Rotación: durante la fase de apoyo, el movimiento de ambas extremidades se acerca a la normalidad. Durante la fase de balanceo, ambas extremidades se giran primero hacia afuera, luego hay una rotación interna y luego nuevamente una rotación externa (la extremidad izquierda al comienzo de la fase de apoyo alcanza -1° , un valor cercano al normativo, mientras que $pkd - 12^{\circ}$). Durante la primera mitad de la

fase de balanceo, el rango de movimiento aumentó en ambas extremidades.

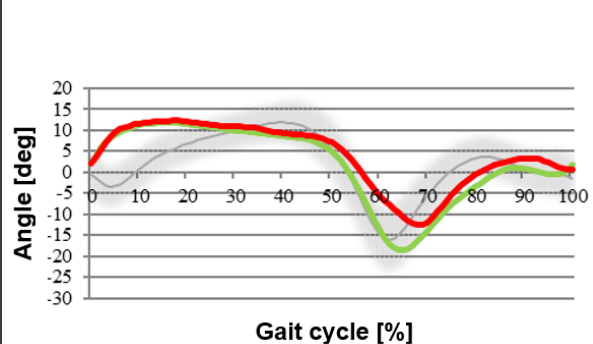
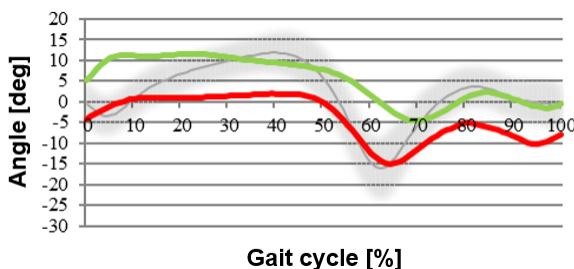
ARTICULACIÓN DE LA RODILLA



Flexión / extensión: en el momento del contacto el ángulo en ambas extremidades es de 30° , (estándar 10°). Luego, en ambas extremidades se produce un movimiento de extensión que se aproxima a los valores normativos durante la aceptación de la carga por las extremidades (ángulo de la extremidad izquierda 15° , ángulo de la extremidad derecha 18° , estándar 10°). Entonces hay un movimiento de extensión demasiado temprano en ambas extremidades, alcanzando valores normativos en la mitad de la fase de balanceo (flexión máxima en la extremidad izquierda 62° , en la extremidad derecha 65° , estándar 60°). En el miembro derecho se retrasa la flexión máxima. En ambas extremidades se ha conservado la naturaleza del movimiento con un rango de movimiento reducido a 47° (norma 54°).

Flexión / extensión: la naturaleza del movimiento es similar a la normal, pero durante la mayor parte del ciclo de marcha, ambas articulaciones de la rodilla están excesivamente flexionadas. Al comienzo de la fase de apoyo, el ángulo en ambas extremidades es de 30° (estándar 10°). Al final de la fase de apoyo y al comienzo de la fase de balanceo, el ángulo en el miembro izquierdo se acerca al valor estándar, mientras que en el miembro derecho permanece en flexión excesiva durante toda la fase de apoyo. En el momento de desprendimiento, el ángulo en ambas extremidades es de 40° (norma). En la segunda mitad de la fase de balanceo en ambas extremidades no hay una extensión adecuada.

ARTICULACIÓN DEL TOBILLO

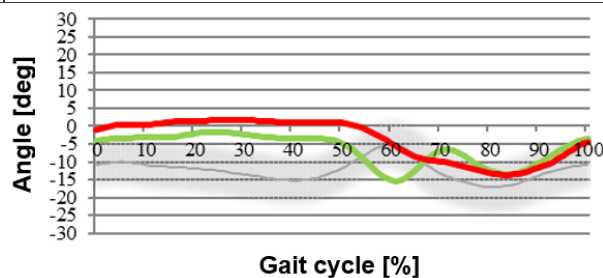
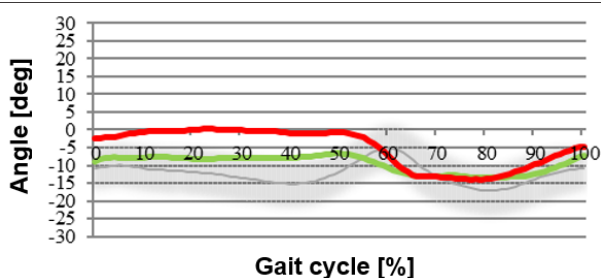


Flexión plantar / dorsal: En el momento del contacto, el ángulo del pie en la extremidad izquierda es de -5° - flexión plantar (la norma

es 0 °). Luego, el pie se coloca en un ángulo de 0 ° y permanece en esta posición casi hasta el final de la fase de apoyo, cuando se produce la flexión plantar en un ángulo de -15 ° (valor normativo). En la fase de balanceo la extremidad izquierda aún permanece en flexión plantar fluctuando entre -5 ° y -10 °. Extremidad derecha en el momento del contacto colocada en un ángulo de 5 °. Luego hay un aumento hasta un ángulo de 10 ° en cuya posición la extremidad permanece casi hasta el final de la fase de apoyo. Al final de la fase de apoyo, el pie derecho se coloca en una ligera dorsiflexión (2 ° - la norma es una flexión plantar -15 °). En la segunda parte de la fase de swing, la extremidad derecha se coloca correctamente.

En el miembro izquierdo no hay dorsiflexión durante todo el ciclo de la marcha. En la extremidad derecha, sin embargo, la flexión plantar es limitada. El rango de movimiento del miembro izquierdo es de 15 ° y del miembro derecho 16 ° (norma 28 °). Carácter alterado del movimiento en ambas extremidades.

Flexión plantar / dorsal: en ambas extremidades el ángulo en el momento del contacto es de 2 ° (normal 0 °), y luego aumenta a unos 10 ° (dorsiflexión). Este valor se mantiene en ambas extremidades casi hasta el final de la fase de soporte. Antes de despegar el pie del suelo, se produce la dorsiflexión en ambos miembros hasta el valor máximo al inicio de la fase de balanceo -12 ° en el miembro izquierdo y -18 ° en el miembro derecho (norma -16 °). Luego está el movimiento de flexión dorsal hasta alcanzar un ángulo de unos 2 ° al inicio de la fase de apoyo.



Rotación del pie: miembro izquierdo en posición neutra (0 °) durante toda la fase de apoyo. Al final de la fase de apoyo, hay una rotación externa (en el momento del desprendimiento el ángulo -5 °). La rotación externa se mantiene durante toda la fase de oscilación. En el brazo derecho el ángulo en el momento de contacto con el suelo es de -10 ° (valor normativo), y se mantiene casi hasta el final de la fase de apoyo (falta de rotación externa a -15 °). En el momento del

Rotación del pie: miembro izquierdo en posición neutra (0 °) durante toda la fase de apoyo. Al final de la fase de apoyo, hay una rotación hacia afuera (en el momento del desprendimiento, el ángulo es de -5 °). La rotación externa se mantiene durante toda la fase de oscilación (casi normal). En el brazo derecho el ángulo en el momento de contacto con el suelo es de -5 ° (norma -10 °), y permanece casi hasta el final de la fase de apoyo (sin profundización de la rotación

desprendimiento del miembro derecho del suelo y en la fase de balanceo, la rotación externa se profundiza a -13° (la norma es -17°), seguida de la rotación interna en un ángulo de 10° .

En ambas extremidades se conservó el carácter de movimiento en la fase de balanceo, mientras que se alteró en la fase de apoyo. En el miembro izquierdo, el rango de movimiento es de 15° y en el miembro derecho, 8° (la norma es 12°).

externa a -15°). En la fase de oscilación, hay una rotación externa e interna alterna.

11. Ideas clave

- Disfunciones seleccionadas del sistema musculoesquelético.
- Tipos de marcha patológica.
- Cambios seleccionados en cantidades cinemáticas y dinámicas en la marcha patológica.
- Marcha con muletas como ejemplo de marcha patológica.
- Análisis de magnitudes cinemáticas en la marcha patológica.

12. Bibliografia

1. Błaszczyk J.W.: Biomechanika kliniczna, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2004.
2. Dega W.: Ortopedia i rehabilitacja, Wydawnictwo PZWL, Warszawa 2006.
3. England SA, Granata KP.: The influence of gait speed on local dynamic stability of walking. *Gait&Posture*, 2007, 25, 172–8.
4. Konieczny G., Wrzosek Z.: Wybrane dysfunkcje narządu ruchu. W: Podstawy rehabilitacji dla studentów medycyny. Red. Zdzisław Wrzosek. PZWL Wydawnictwo Lekarskie, 2012
5. McAndrew PM, Dingwell JB, Wilken JM.: Walking variability during continuous pseudo-random oscillations of the support surface and visual field. *J Biomech*, 2010, 43, 1470–5
6. McAndrew Young PM, Dingwell JB.: Voluntary changes in step width and step length during human walking affect dynamic margins of stability. *Gait&Posture*, Elsevier B.V.; 2012, 36, 219–24
7. Michnik R., Kopyta I., Jochymczyk-Woźniak K.: wykorzystanie metod inżynierskich w analizie chodu dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym. Monografia. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2016
8. Rábago CA, Dingwell JB, Wilken JM.: Reliability and Minimum Detectable Change of Temporal-Spatial, Kinematic, and Dynamic Stability Measures during Perturbed Gait. Haddad JM, editor. *PLoS One* 2015;10:e0142083
9. Syczewska M., Lebidowska M., Kalinowska M.: Analiza chodu w praktyce klinicznej, [W:] Biocybernetyka i inżynieria biomedyczna 2000, Pod red. Macieja Nałęcz, Tom 5, Biomechanika i inżynieria rehabilitacyjna, Red. Romuald Będziński [i in.], Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2004
10. Tejszerska D., Świtoński E.: Biomechanika inżynierska, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2004
11. Wallmann H.W.: Physical Matters: Introduction to Observational Gait Analysis. *Home Health Care Management & Practice*, December 2009, 22 (1)
12. <https://docplayer.pl/7488681-Podstawy-biomechanicznej-analzy-chodu-czlowieka.html> 01.2020
13. http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/_/viewer.aspx?path=MosbyMD&name=crutch_gait.jpg 01.2020.



El apoyo de la Comisión Europea para la producción de esta publicación no constituye una aprobación del contenido, el cual refleja únicamente las opiniones de los autores, y la Comisión no se hace responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en la misma.

