

Development of innovative training solutions in the field of functional evaluation aimed at updating of the curricula of health sciences schools



MÓDULO DE BIOMECÁNICA EN LA MARCHA HUMANA

Unidad Didáctica A: BIOMECÁNICA DE LA MARCHA NORMAL



CONTENIDOS

- Objetivos
- Esquema de la historia del análisis biomecánico de la marcha
- Marcha normal - definiciones básicas
- Descripción de la marcha normal
- Atributos y determinantes de la marcha normal
- Parámetros espacio-temporales que describen la biomecánica de la marcha

CONTENIDOS

- Cantidades cinemáticas que describen la biomecánica de la marcha: ángulos articulares
- Cantidades dinámicas que describen la biomecánica de la marcha - reacciones terrestres
- Otras cantidades dinámicas que describen la biomecánica de la marcha
- Trabajo muscular al caminar
- Ideas claves
- Bibliografía

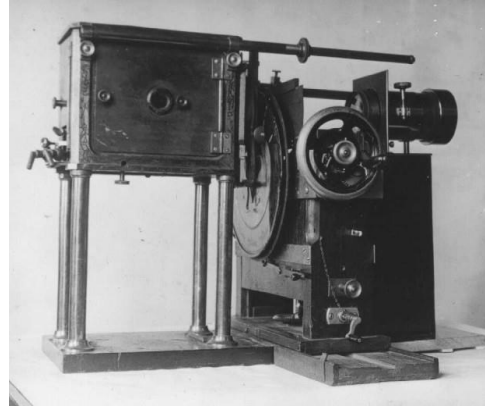
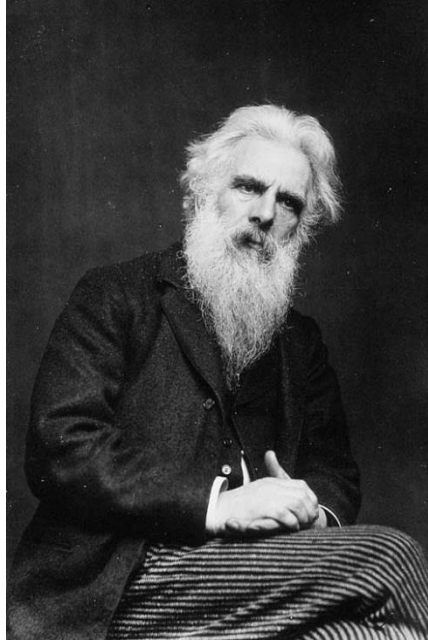
OBJECTIVES

1. Definir la marcha.
2. Aprender cómo se describe la marcha humana: división en fases.
3. Descubrir cuáles son los atributos y determinantes de la marcha.
4. Descubrir qué parámetros cinemáticos se utilizan para describir la biomecánica de la marcha y qué modifica esos parámetros durante el ciclo.
5. Descubrir que parámetros dinámicos se utilizan para describir la biomecánica de la marcha y que cambia estos parámetros durante el ciclo de marcha.
6. Analizar cómo es el trabajo muscular durante el ciclo de la marcha.

ESQUEMA DE LA HISTORIA DEL ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LA MARCHA

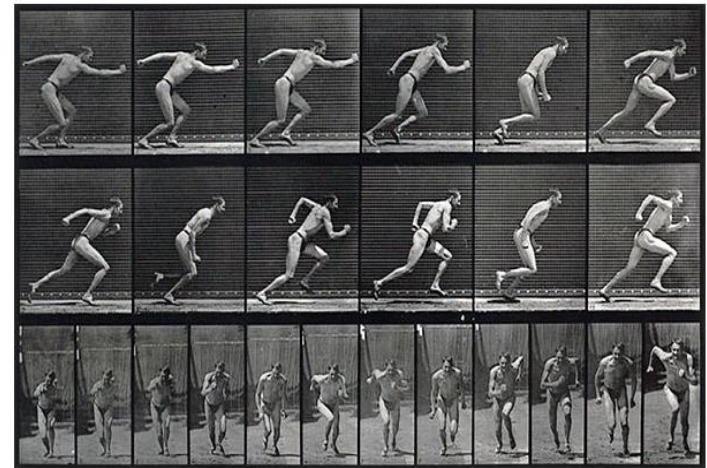


HISTORIA DEL ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LA MARCHA

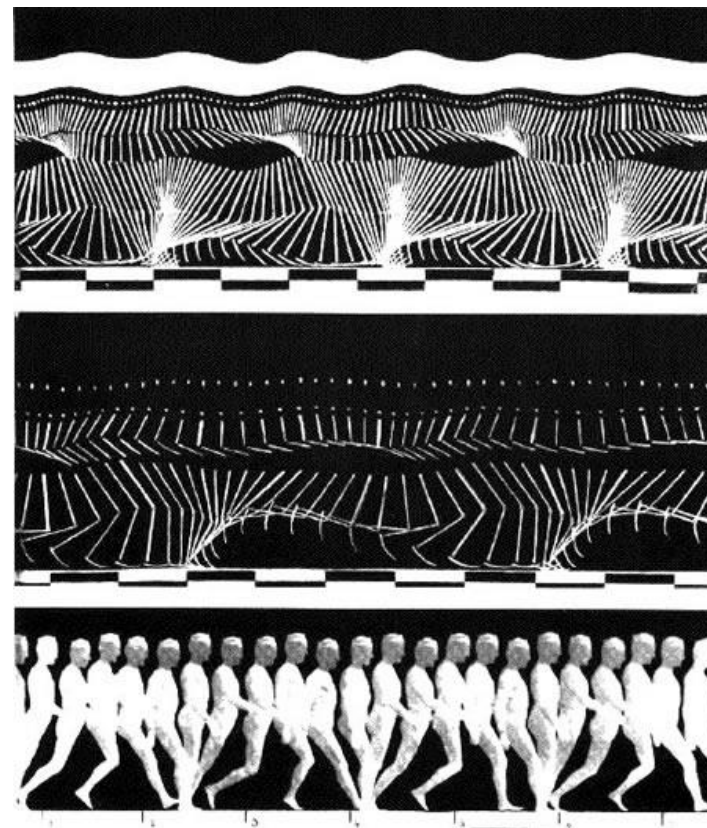


Equipo utilizado por Muybridge para realizar investigaciones

Eadweard Muybridge (1830-1904)



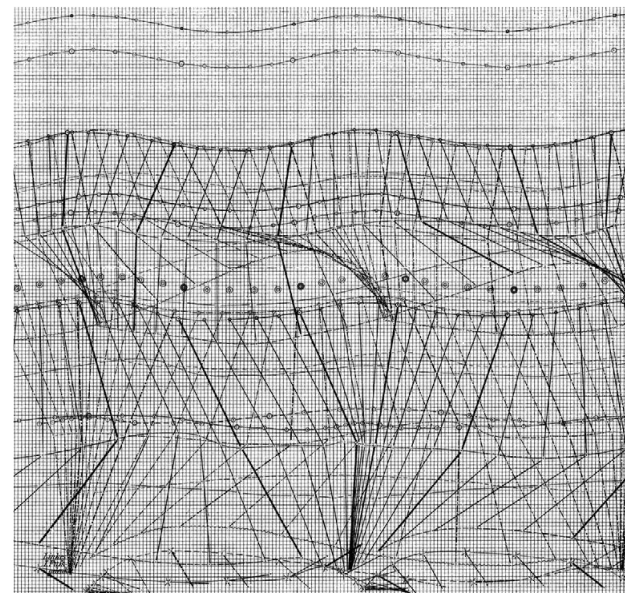
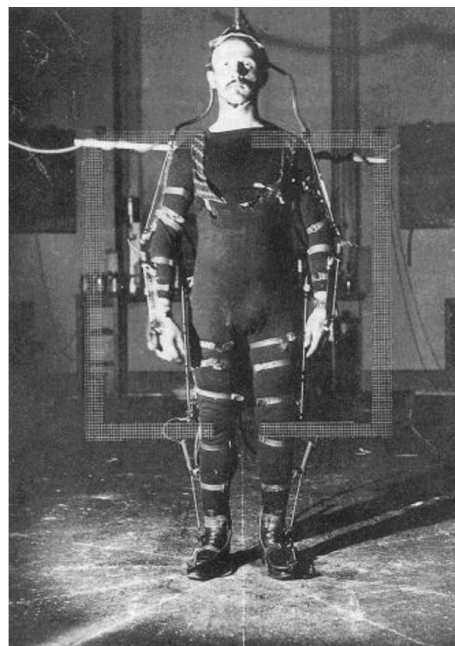
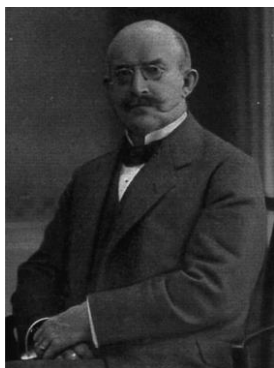
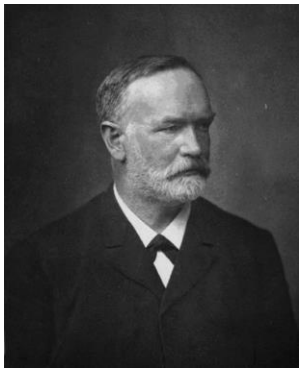
HISTORIA DEL ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LA MARCHA



El traje utilizado por Marey y posteriores secuencias de marcha registradas (1883)

Etienne Jules Marey (1830-1904)

HISTORIA DEL ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LA MARCHA



**Wilhelm Braune (1831 – 1892)
i Otto Fisher (1861 – 1917)**

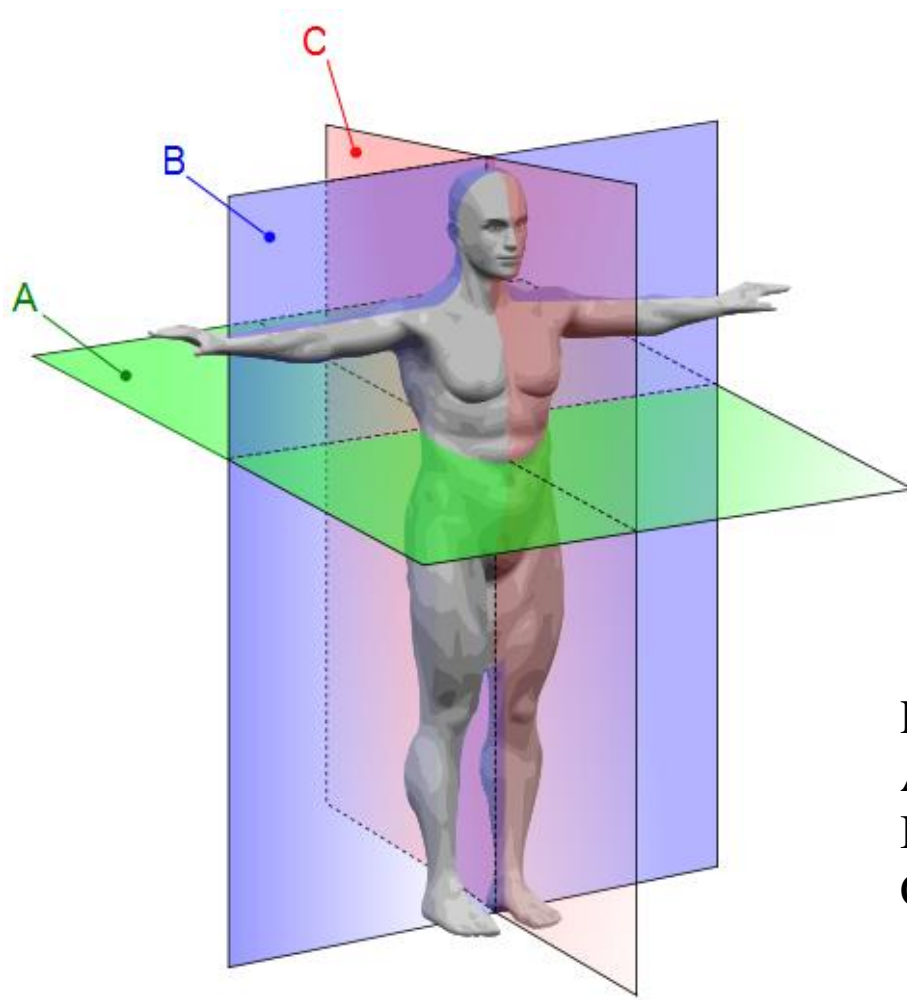
**El traje y el gráfico a mano de las posiciones
posteriores de las extremidades inferiores
(1891) - Estudio de Fisher y Braun**

MARCHA NORMAL – DEFINICIONES BÁSICAS

MARCHA NORMAL – DEFINICIONES BÁSICAS

- Morecki define la locomoción como un movimiento que conduce a un cambio en el lugar que ocupa un objeto en relación con el sistema de referencia adoptado.
- Por otro lado, Błaszczyk define el concepto de locomoción humana de la siguiente manera: La locomoción es un proceso de movimiento activo de organismos asociado con la implementación de necesidades vitales específicas.
- La marcha según Dega se puede definir como la pérdida alterna y la recuperación del equilibrio en las fases de apoyo y balanceo de las extremidades inferiores que cambian alternativamente.
- Dependiendo del rango de velocidad, la locomoción bípeda se puede dividir en varias formas que difieren en la coordinación de los movimientos de los segmentos corporales individuales: marcha, carrera, sprint, saltos.

MARCHA NORMAL – DEFINICIONES BÁSICAS



Planos del cuerpo humano

A – Plano horizontal (transverso)

B – Plano frontal

C – Plano sagital

MARCHA NORMAL – DEFINICIONES BÁSICAS

El análisis biomecánico de la marcha se realiza habitualmente sobre la base del llamado ciclo de la marcha utilizando los valores determinados durante las pruebas experimentales y utilizando modelos matemáticos. El análisis de la marcha se evalúa más comúnmente en el análisis biomecánico mediante:

atributos de la marcha

determinantes de la marcha,

parámetros temporal-espaciales,

parámetros cinemáticos,

fuerzas de reacción del suelo,

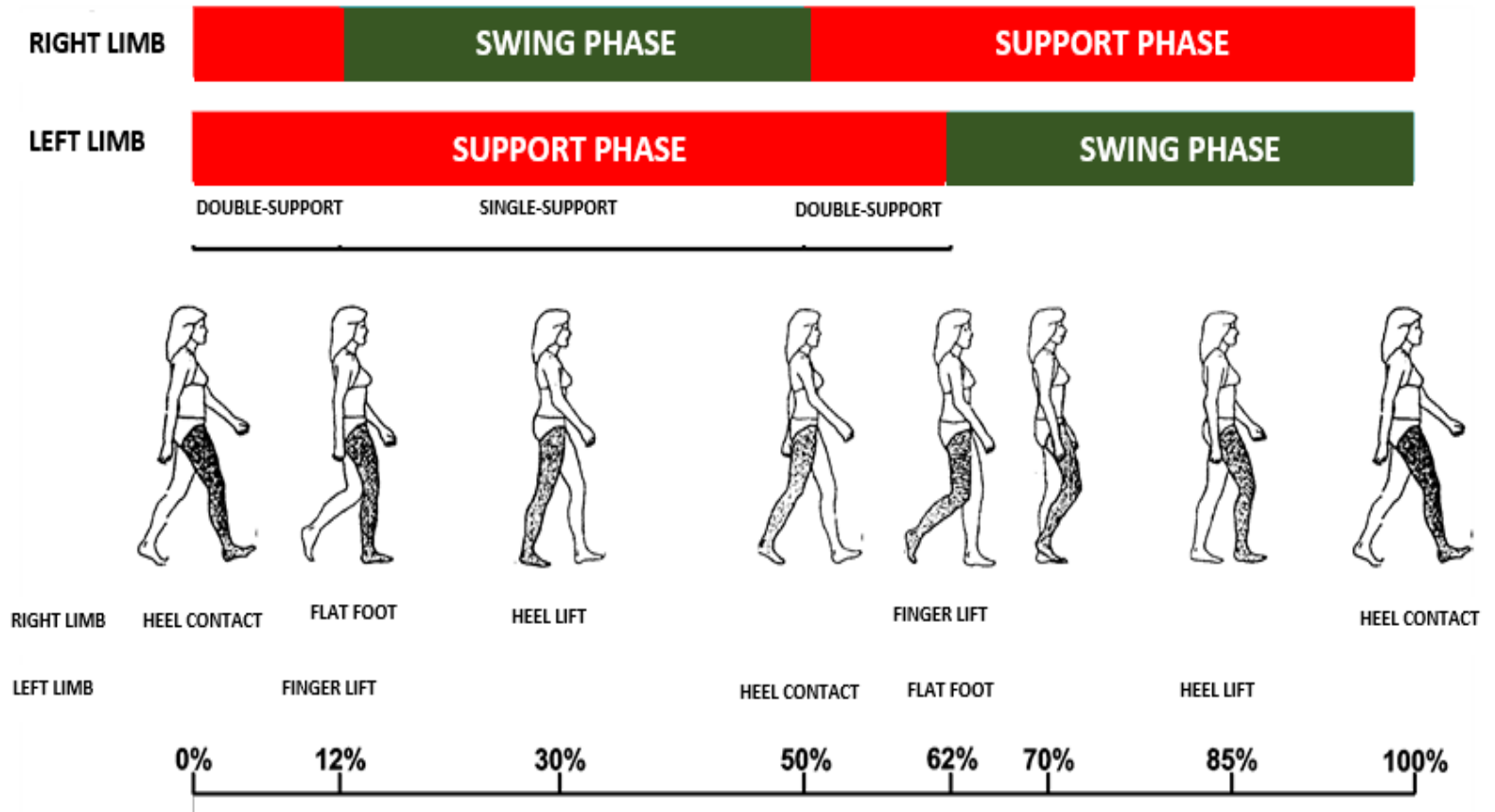
actividad bioeléctrica muscular,

MARCHA NORMAL – DEFINICIONES BÁSICAS

- valores de momentos de fuerzas musculares que actúan en las articulaciones,
- los valores de las fuerzas generadas por los músculos,
- energía,
- reacciones en las articulaciones .

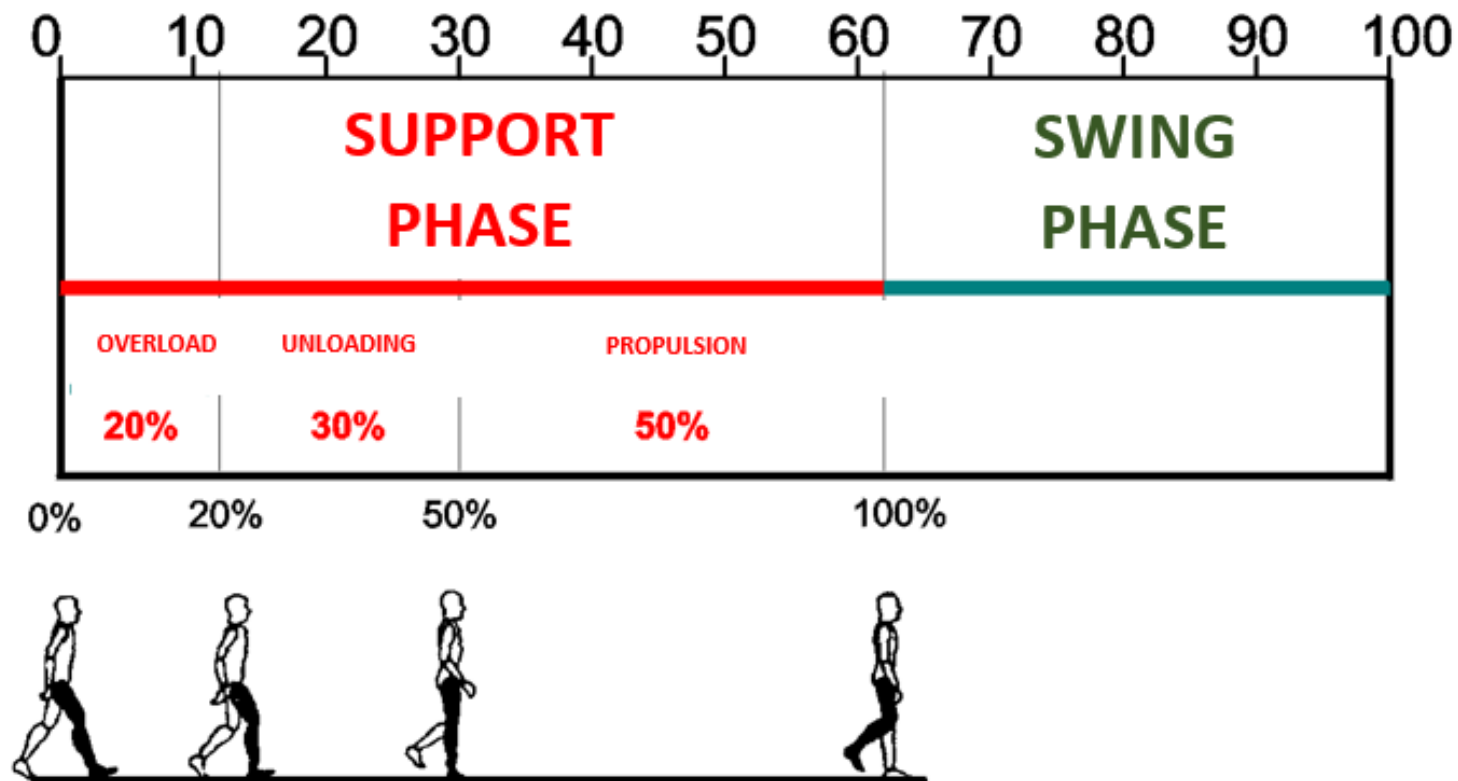
DESCRIPCIÓN DE LA MARCHA NORMAL

DESCRIPCIÓN DE NORMAL DE MARCHA

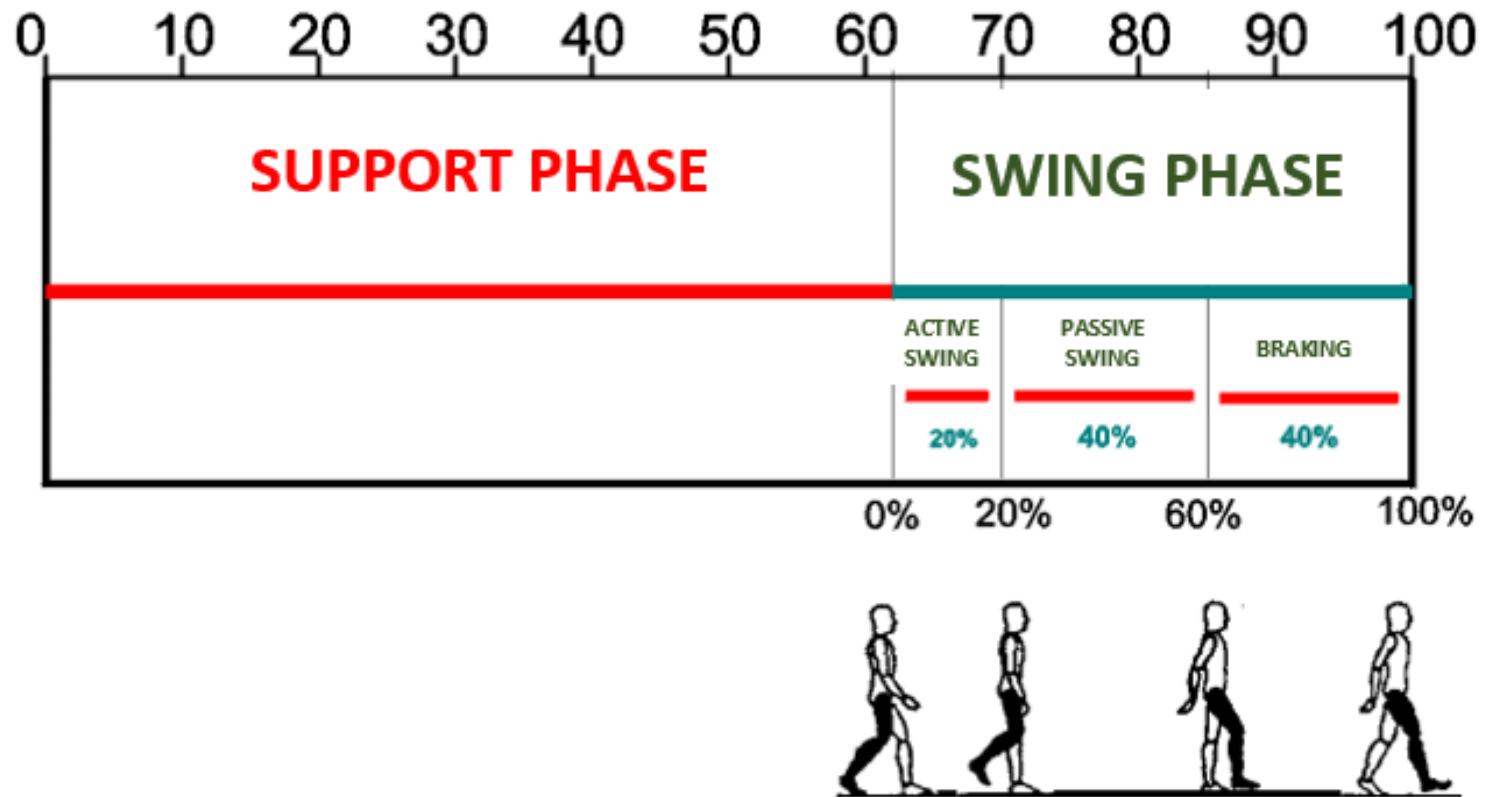


Fases del ciclo de la marcha para la extremidad derecha e izquierda

DESCRIPCIÓN DE NORMAL DE MARCHA



DESCRIPCIÓN DE NORMAL DE MARCHA



DESCRIPCIÓN DE NORMAL DE MARCHA

Caminar a la llamada velocidad voluntaria se suele realizar a una velocidad de 4 km / h. A esta velocidad, el ciclo de la marcha dura aproximadamente 1,1 segundos, mientras que las fases individuales, en relación con todo el ciclo de la marcha, duran:

- fase de apoyo alrededor del 62% del ciclo de la marcha,
- fase de balanceo aproximadamente el 38% del ciclo de la marcha,
- fase de apoyo doble alrededor del 12% del ciclo de la marcha.

DESCRIPCIÓN DE NORMAL DE MARCHA

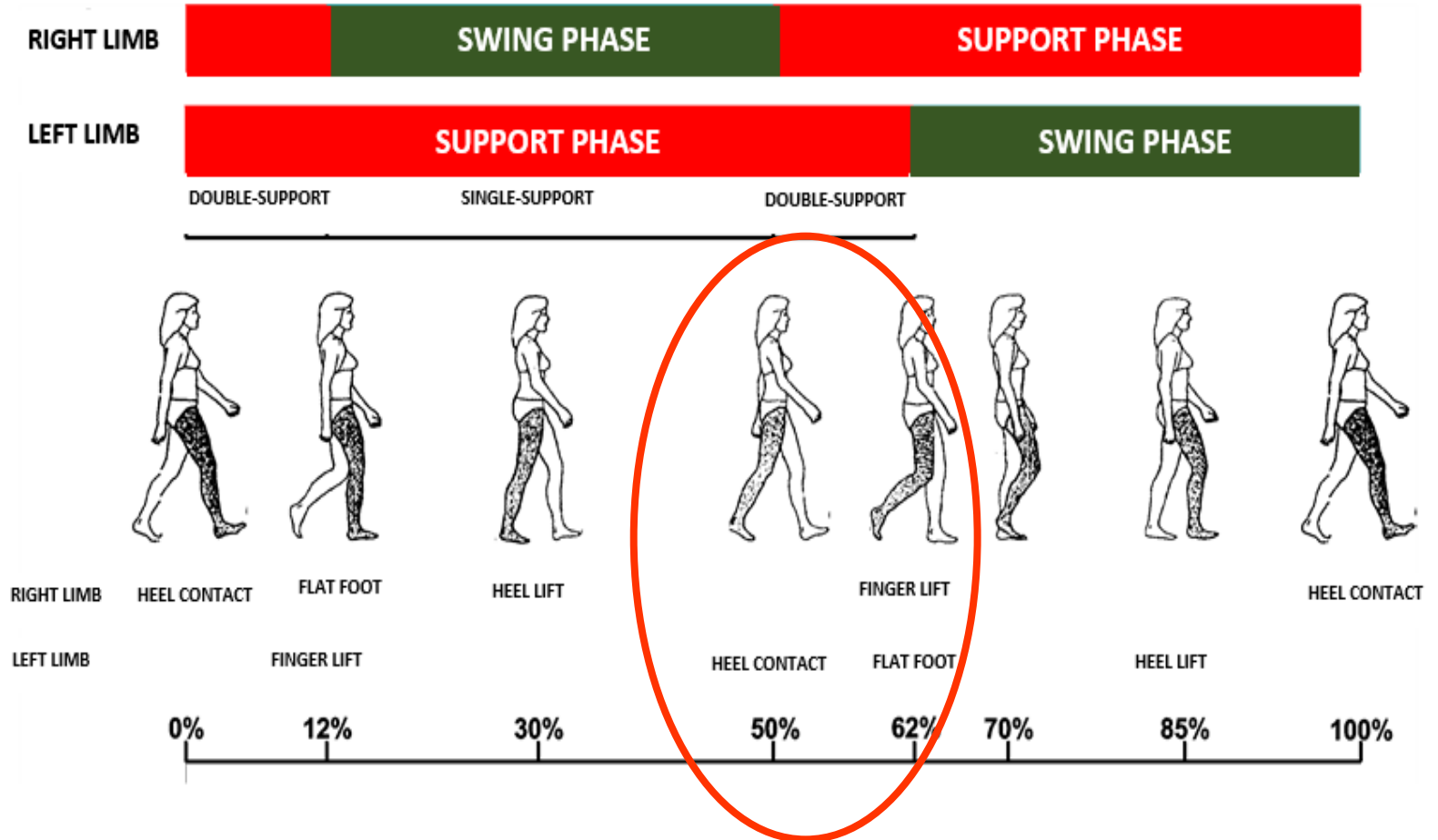
División de la fase de soporte:

- fase de sobrecarga,
- fase de descarga,
- fase de propulsión.

División de la fase de oscilación:

- oscilación activo,
- oscilación pasivo,
- fase de frenado.

DESCRIPCIÓN DE NORMAL DE MARCHA



La fase de doble apoyo dura del 10 al 12% del ciclo de la marcha.

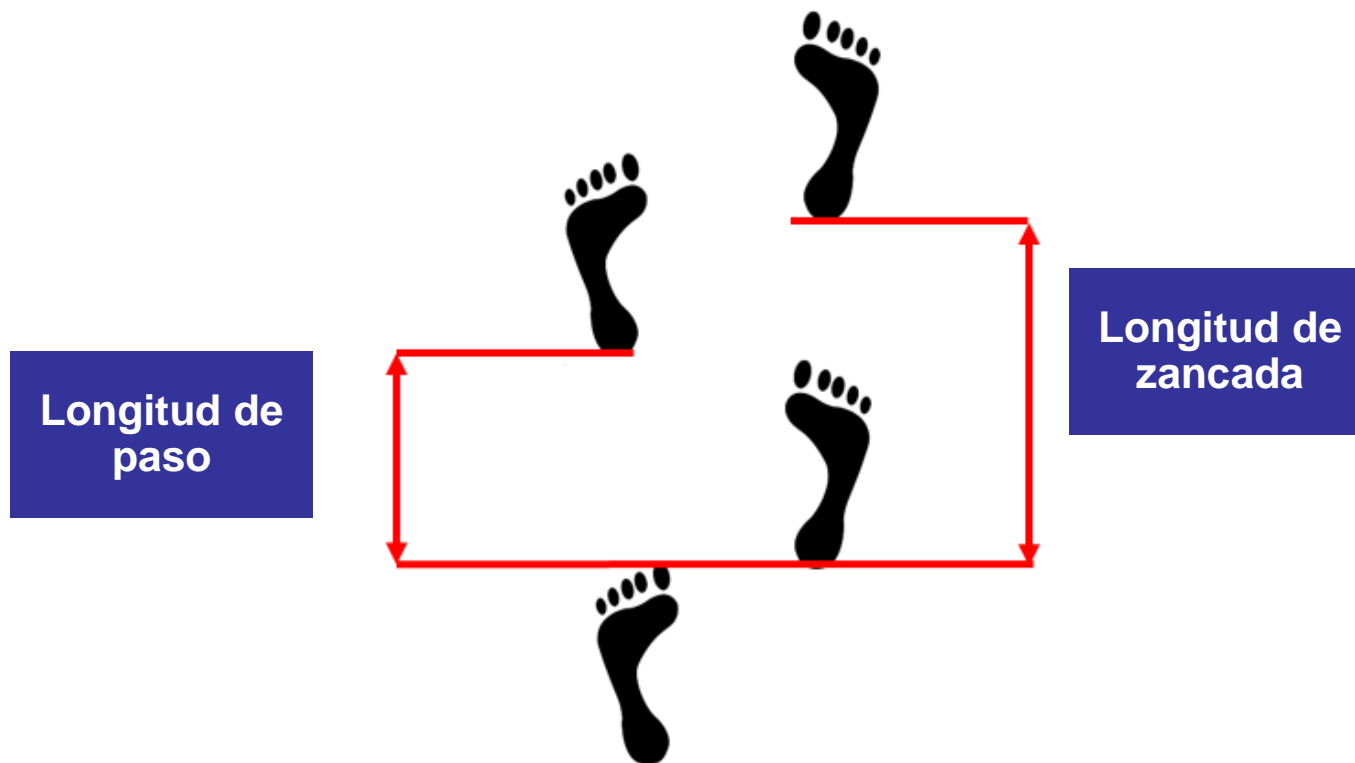
DESCRIPCIÓN DE NORMAL DE MARCHA

cadencia: este es el número de pasos dados en un minuto. Los estudios han demostrado que el ritmo natural de locomoción en las mujeres es en promedio de 122 pasos por minuto, mientras que para los hombres de 116 pasos por minuto,

longitud de la zancada: esta es la distancia entre los mismos puntos de apoyo sucesivos de la misma extremidad, por ejemplo, los puntos en los que una extremidad determinada inició la fase de apoyo o finalizó la fase de balanceo,

longitud del paso: esta es la distancia entre los puntos seleccionados pero los mismos de la extremidad derecha e izquierda, por ejemplo, la distancia entre la posición del talón de la extremidad derecha e izquierda. La longitud del paso puede ser diferente para la extremidad derecha e izquierda.

DESCRIPCIÓN DE NORMAL DE MARCHA



ATRIBUTOS Y DETERMINANTES DE LA MARCHA NORMAL



ATRIBUTOS Y DETERMINANTES DE LA MARCHA NORMAL

ATRIBUTOS DE LA MARCHA

Se pueden distinguir los siguientes cinco atributos para caminar:

- Estabilidad de apoyo
- Espacio libre correcto debajo del pie durante la fase de balanceo, es decir, elevación adecuada de la extremidad. Aproximadamente 18 cm se considera correcto.
- Posicionamiento adecuado del pie antes del inicio de la fase de apoyo, que, al caminar correctamente, comienza cuando el talón toca el suelo.
- Longitud de zancada adecuada
- Minimización del consumo de energía.

ATRIBUTOS Y DETERMINANTES DE LA MARCHA NORMAL

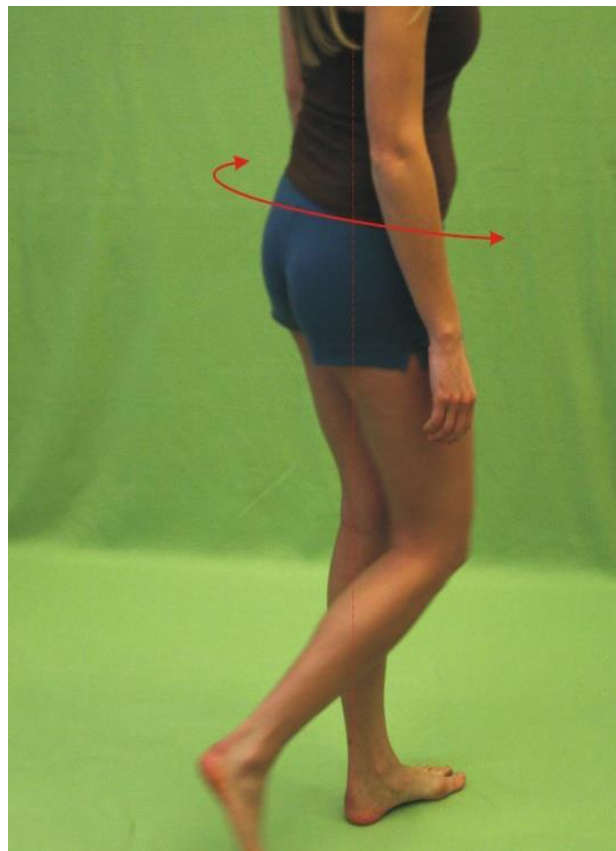
GAIT DETERMINANTS

Hay seis determinantes de la marcha:

- Rotación pélvica en un plano horizontal
- Oblicuidad pélvica en el plano frontal
- Movimientos laterales pélvicos
- Flexión de rodilla durante la fase de apoyo.
- Acortamiento funcional de la extremidad durante la fase de balanceo
- Movimiento del pie y cambios angulares en la articulación del tobillo en el plano sagital.

ATRIBUTOS Y DETERMINANTES DE LA MARCHA NORMAL

Rotación pélvica en un plano horizontal



ATRIBUTOS Y DETERMINANTES DE LA MARCHA NORMAL

Oblicuidad pélvica en el plano frontal



ATRIBUTOS Y DETERMINANTES DE LA MARCHA NORMAL

Movimientos laterales pélvicos



ATRIBUTOS Y DETERMINANTES DE LA MARCHA NORMAL

Secuencia de movimientos de flexión y extensión en la articulación de la rodilla



ATRIBUTOS Y DETERMINANTES DE LA MARCHA NORMAL

Acortamiento funcional de la extremidad



ATRIBUTOS Y DETERMINANTES DE LA MARCHA NORMAL

Movimiento del pie y cambios angulares en la articulación del tobillo en el plano sagital

El posicionamiento correcto del pie, es decir, el ángulo correcto en la articulación del tobillo, cuando el talón golpea (dorsiflexión) y cuando la extremidad se separa del suelo (flexión plantar) aumenta la longitud efectiva de la extremidad inferior.

ATRIBUTOS Y DETERMINANTES DE LA MARCHA NORMAL

Conditions of the correct gait

Una marcha correcta debe cumplir las siguientes condiciones:

- Los pasos de ambas extremidades inferiores deben tener la misma longitud,
- El tiempo de carga para ambas extremidades inferiores debe ser el mismo,
- Debe garantizarse la coordinación adecuada de todo el torso y las extremidades superiores con el trabajo de las extremidades inferiores. Simultáneamente con la inclinación del miembro inferior se produce una rotación del torso hacia este miembro combinado con un balanceo del miembro superior del mismo lado que la pierna adelantada,
- El contacto del talón con el suelo está relacionado con el movimiento del pie, cuyo movimiento asegura la posición correcta de la parte inferior de la pierna y el muslo en rotación externa,
- El despegue del pie del suelo se acompaña de la aducción del pie, cuyo movimiento inicia la rotación interna de la parte inferior de la pierna y el muslo.

PARÁMETROS ESPACIO-TEMPORALES QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA

PARÁMETROS ESPACIO-TEMPORALES QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA

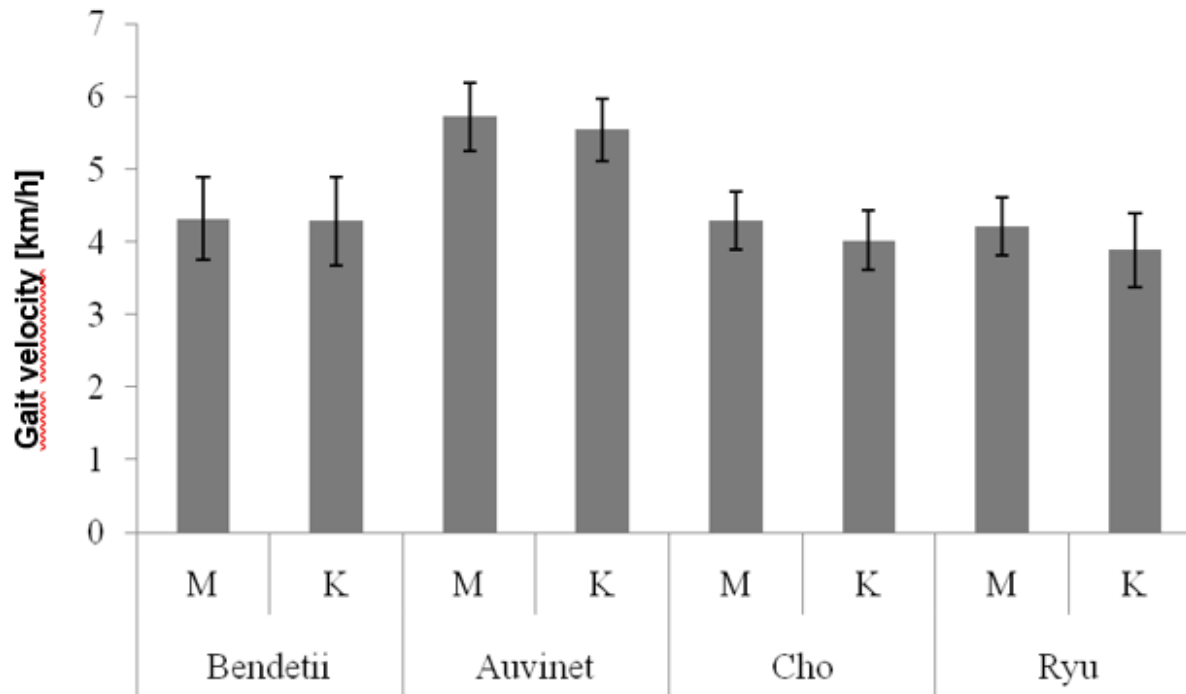
Los valores básicos que describen la marcha incluyen valores espacio-temporales. Estos valores se pueden determinar mediante métodos de medición muy sencillos; por tanto, pertenecen a uno de los valores más determinados y analizados. Puedes incluirlos:

Velocidad de la marcha: la velocidad media de marcha de las personas sanas varía entre 4 y 6 km / h.

Cadencia: la frecuencia de los pasos es de aproximadamente 90-120 pasos por minuto

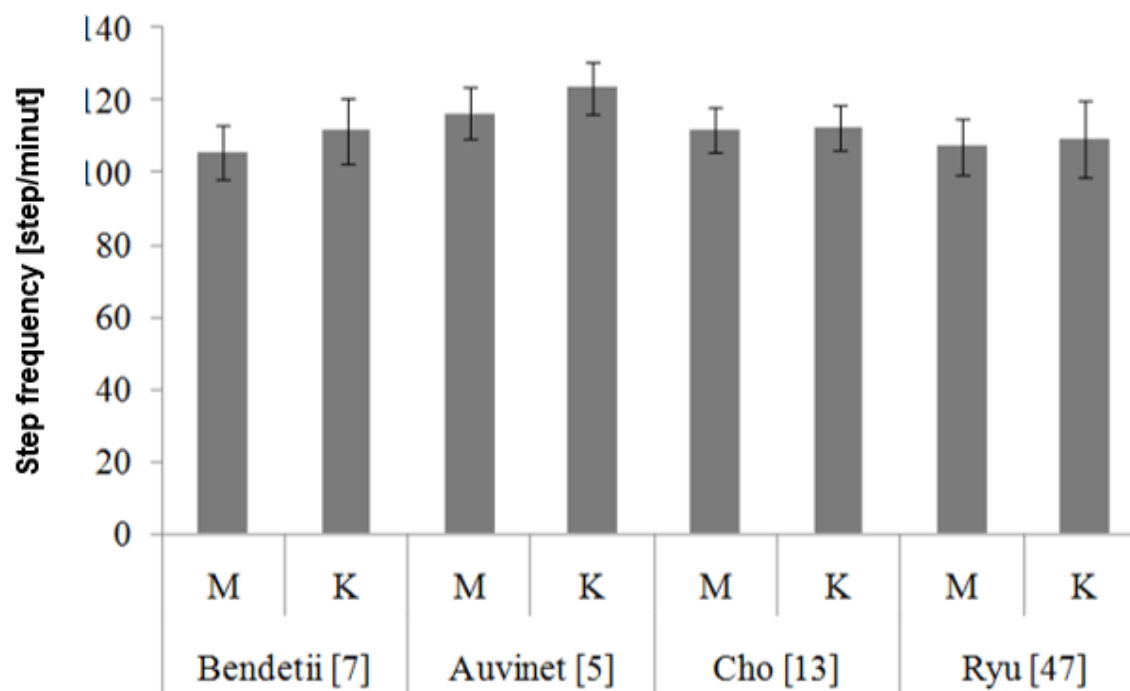
Longitud de zancada y paso: la longitud promedio de un solo paso de un adulto es de aproximadamente 0,7-0,82 m

PARÁMETROS ESPACIO-TEMPORALES QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA



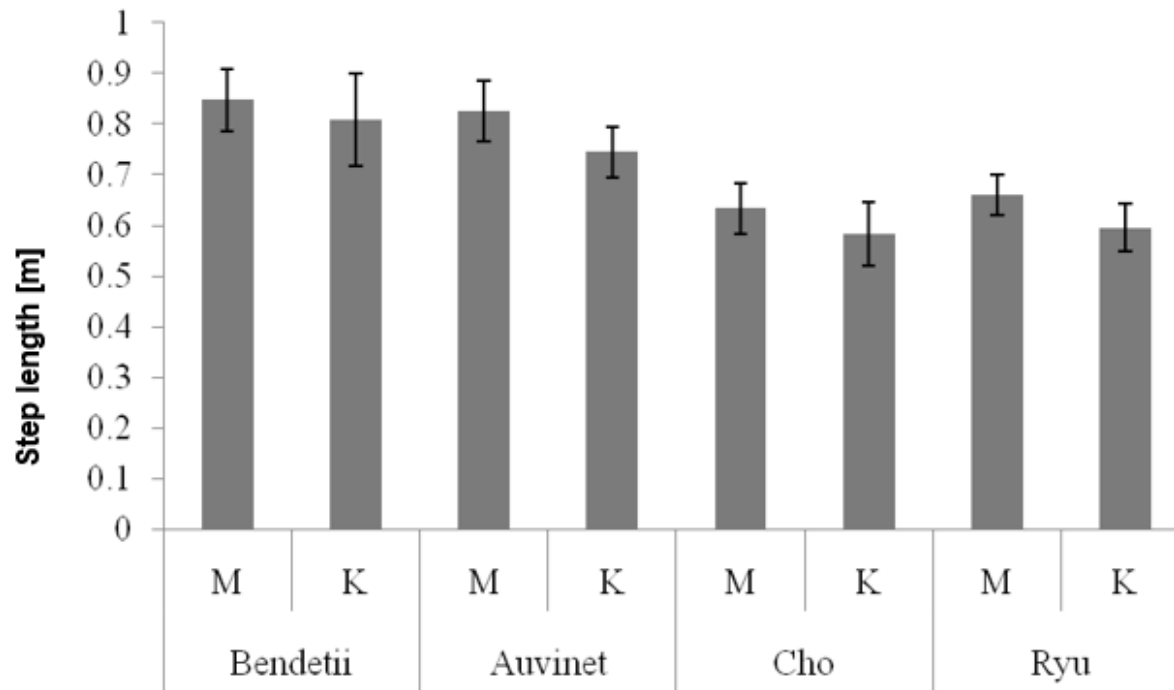
Velocidad de la marcha según diversos estudios con división en mujeres y hombres

PARÁMETROS ESPACIO-TEMPORALES QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA



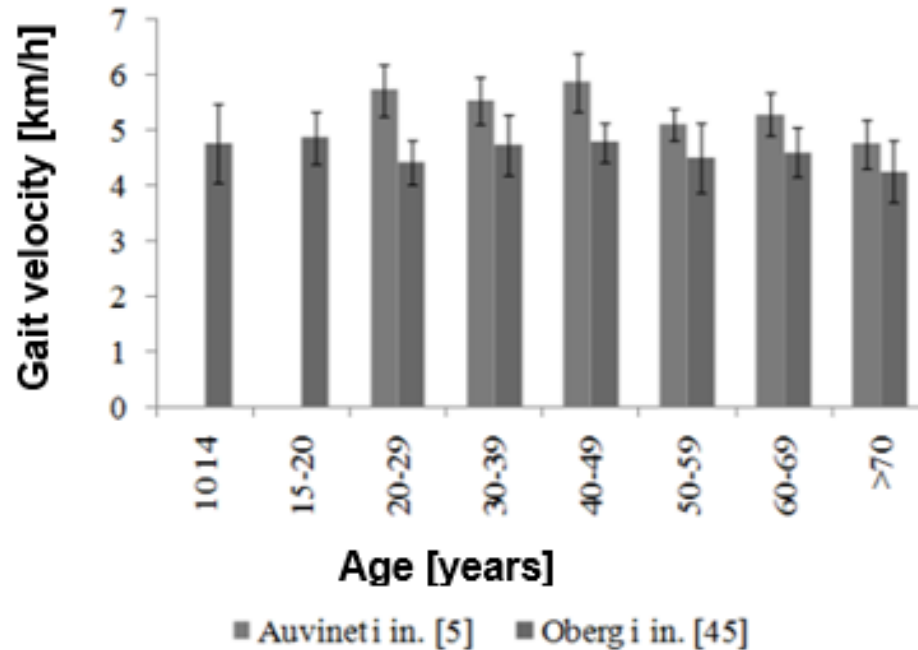
Cadencia según diversos estudios con división en mujeres y hombres

PARÁMETROS ESPACIO-TEMPORALES QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA



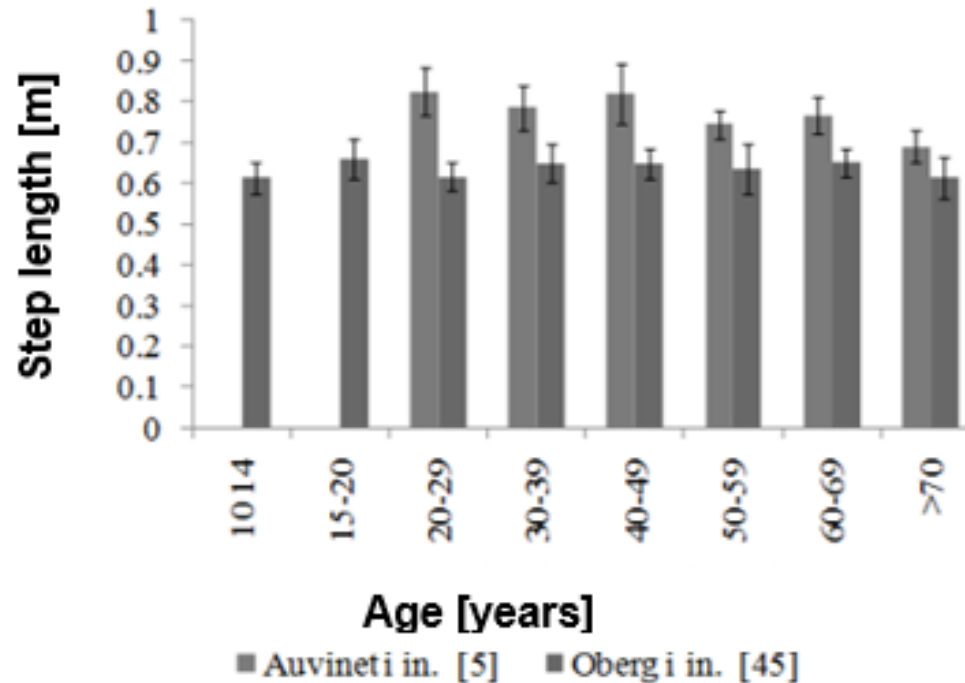
Longitud del paso según varios estudios con división en mujeres y hombres

PARÁMETROS ESPACIO-TEMPORALES QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA



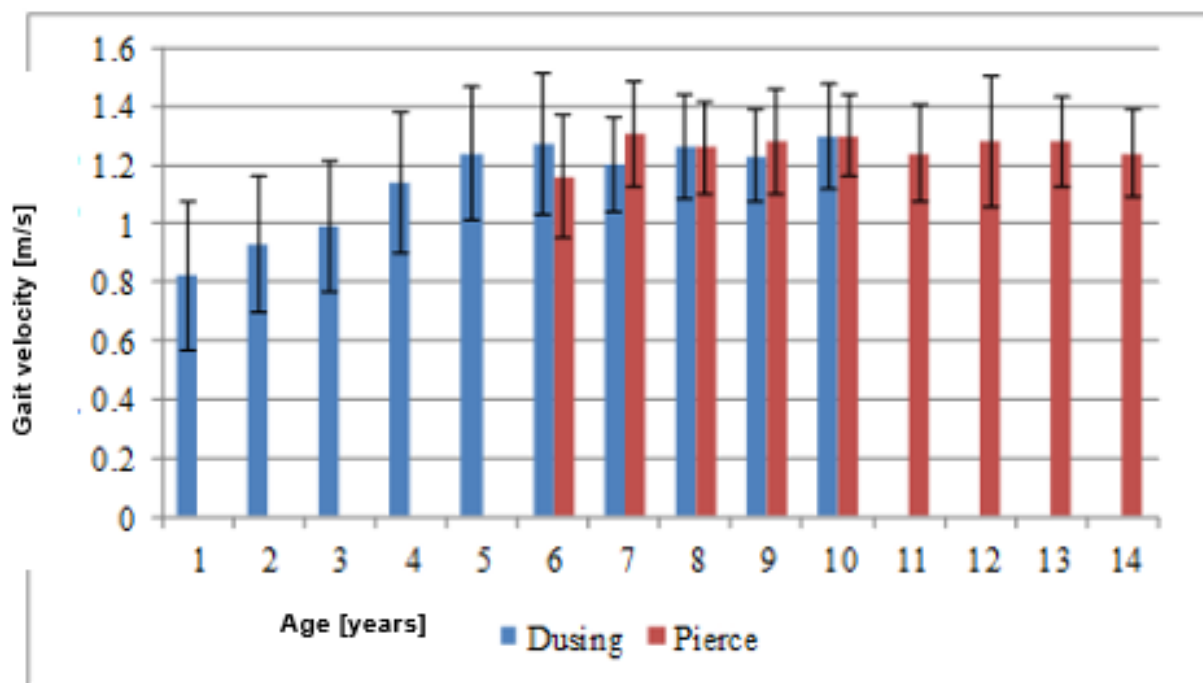
Velocidad de marcha en diferentes categorías de edad según diferentes autores

PARÁMETROS ESPACIO-TEMPORALES QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA



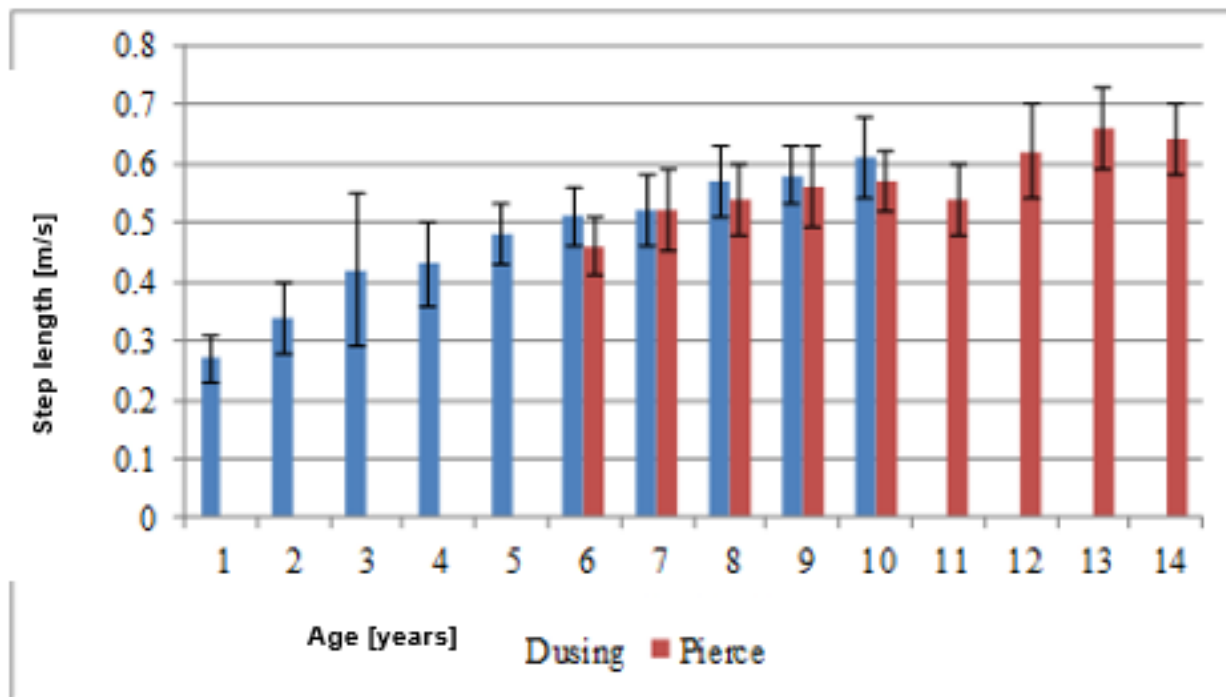
Longitud del paso en diferentes categorías de edad según diferentes autores

PARÁMETROS ESPACIO-TEMPORALES QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA



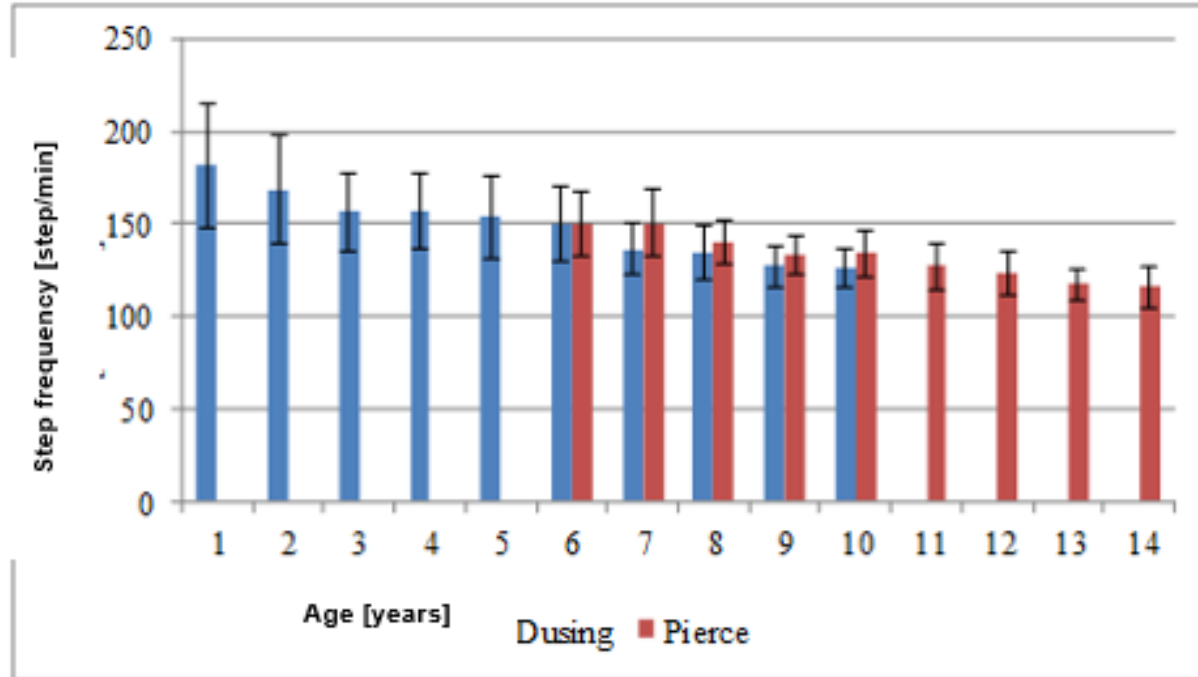
Velocidad al caminar de niños de diferentes edades.

PARÁMETROS ESPACIO-TEMPORALES QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA



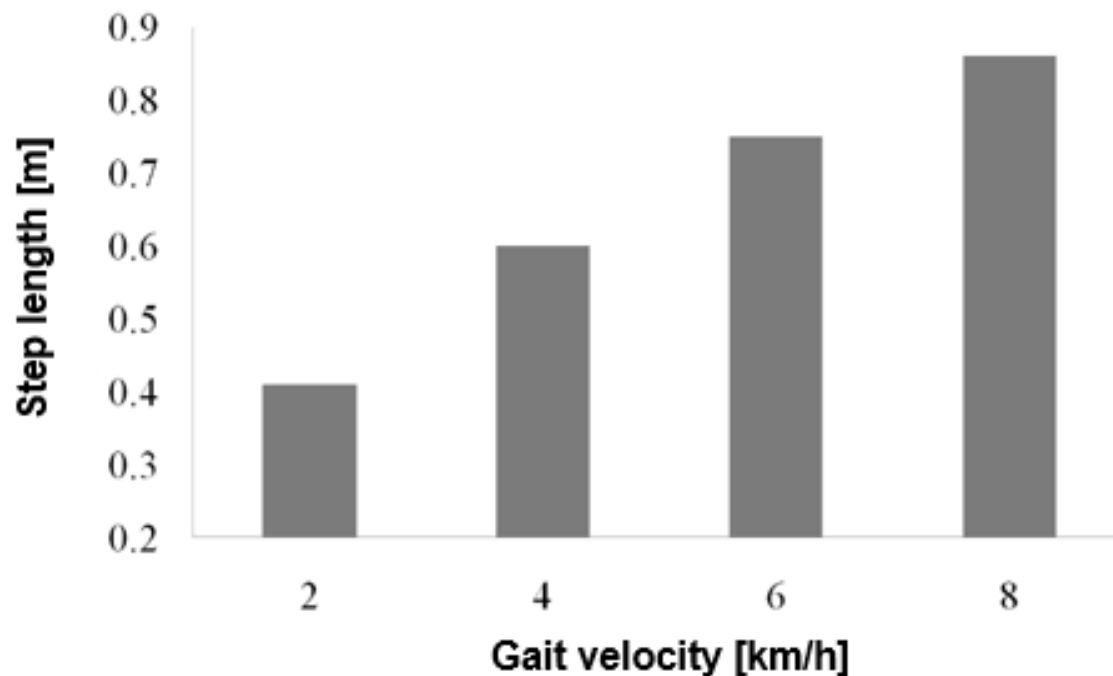
Longitud del paso de niños de diferentes edades

PARÁMETROS ESPACIO-TEMPORALES QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA



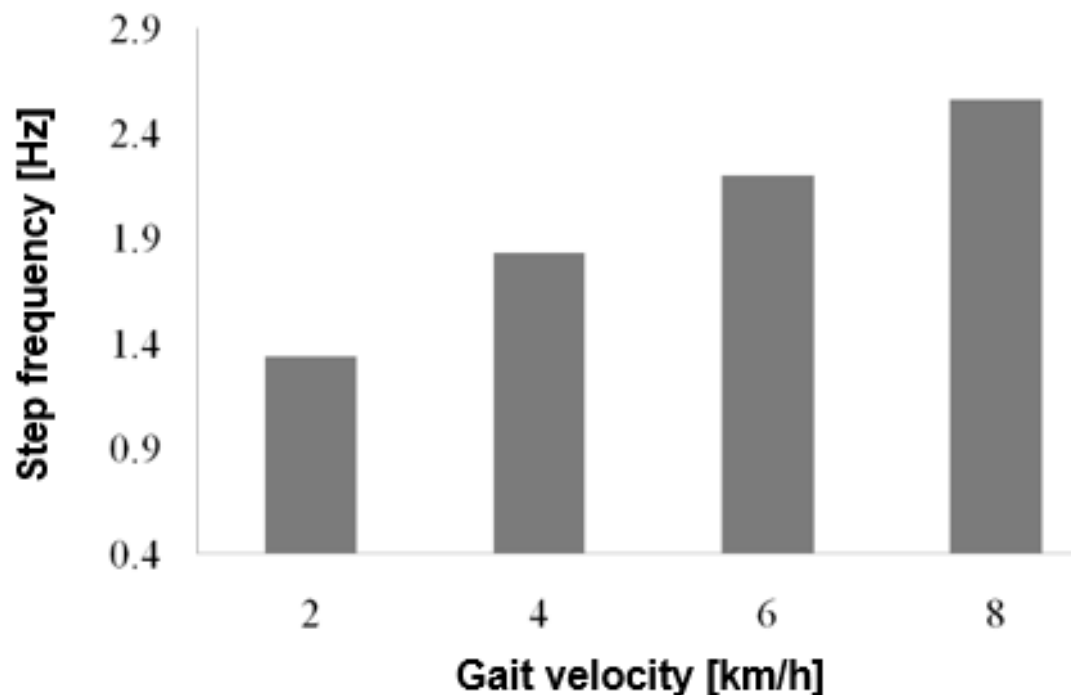
Cadencia de niños de diferentes edades

PARÁMETROS ESPACIO-TEMPORALES QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA



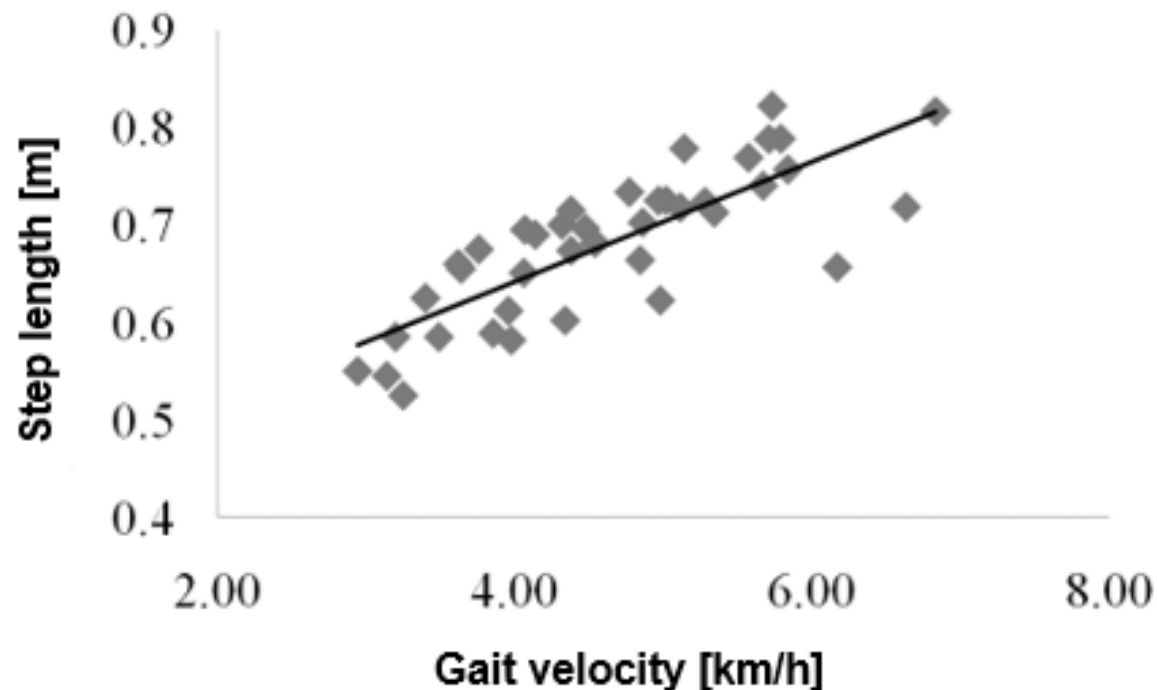
Cambios en la longitud de los pasos en función de la velocidad al caminar.

PARÁMETROS ESPACIO-TEMPORALES QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA



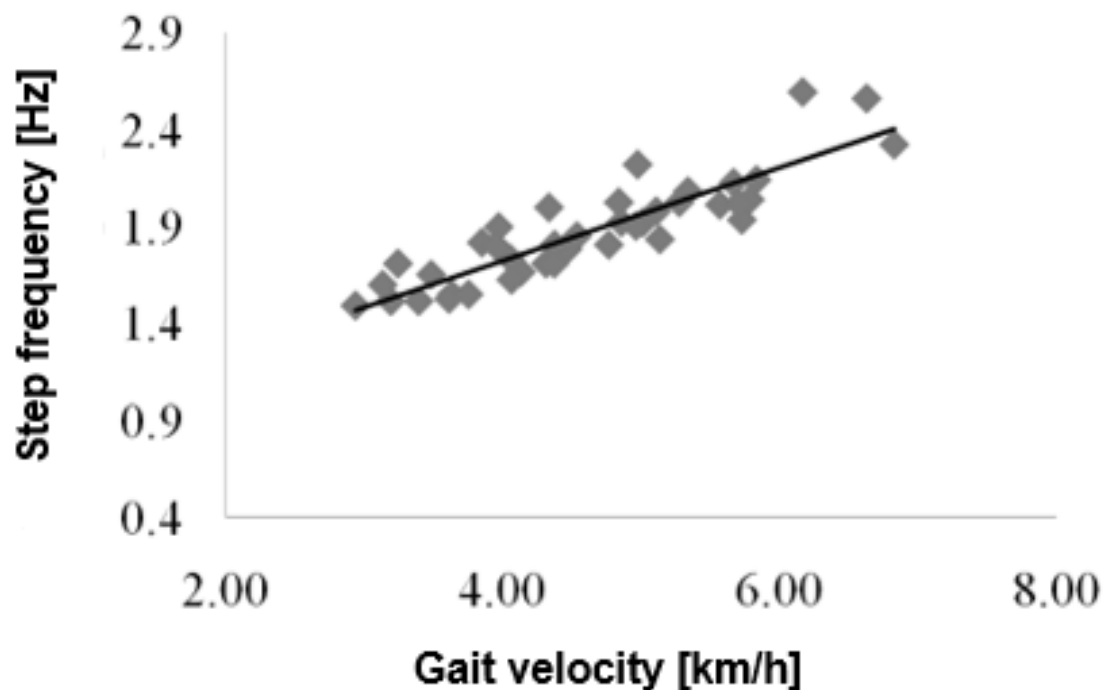
Cambios en la cadencia dependiendo de la velocidad al caminar

PARÁMETROS ESPACIO-TEMPORALES QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA



La relación entre la velocidad al caminar de personas sanas y la longitud del paso

PARÁMETROS ESPACIO-TEMPORALES QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA



La relación entre la velocidad al caminar de personas sanas y la cadencia

VARIABLES CINEMÁTICAS QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA - ÁNGULOS ARTICULARES



VARIABLES CINEMÁTICAS QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA – ANGULOS ARTICULARES

Los siguientes parámetros que describen la biomecánica de la marcha son parámetros cinemáticos. Los cursos de los ángulos articulares individuales se analizan con mayor frecuencia, sin embargo, también es posible determinar las trayectorias de puntos corporales seleccionados, así como las velocidades y aceleraciones lineales y angulares.

El análisis de los ángulos articulares consiste en determinar el curso de los ángulos anatómicos individuales en las articulaciones (generalmente el miembro inferior) y los ángulos que describen la posición de la pelvis. Los valores determinados de ángulos y sus formas de onda en el tiempo se refieren a las formas de onda estándar obtenidas para personas sanas.

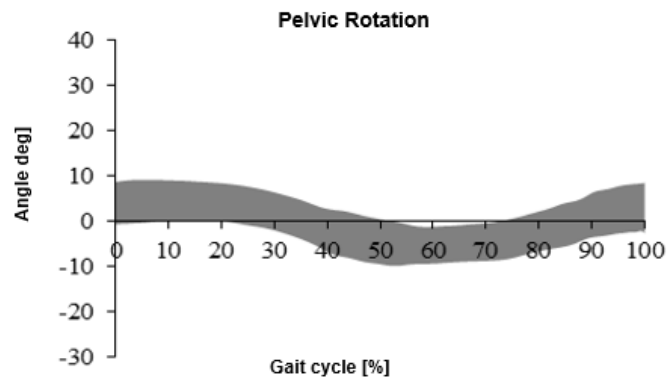
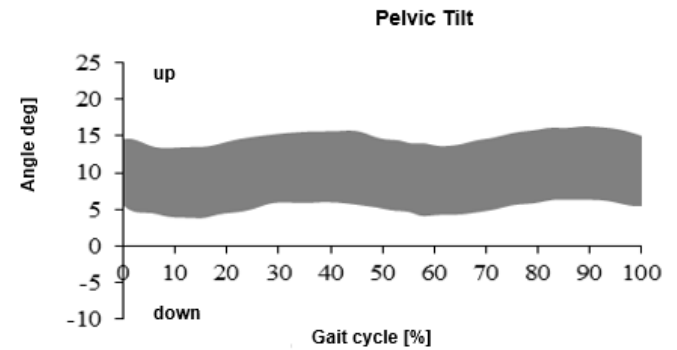
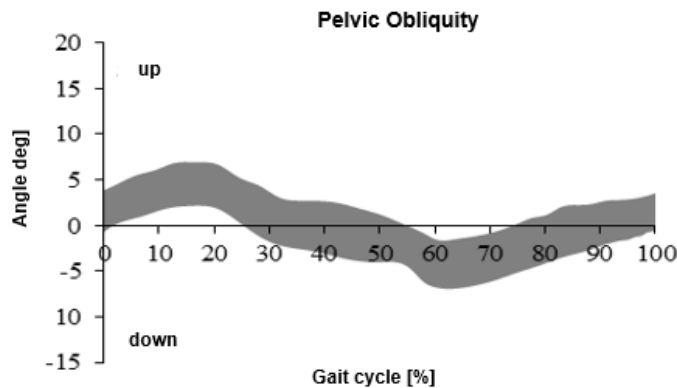
VARIABLES CINEMÁTICAS QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA – ANGULOS ARTICULARES

El análisis generalmente se realiza para los siguientes ángulos :

- en el caso de la pelvis, se trata de inclinación pélvica en el plano sagital, movimientos laterales de la pelvis en el plano frontal (oblicuidad) y rotación pélvica en el plano transversal.
- para la articulación de la cadera, estos son los ángulos de flexión y extensión en el plano sagital, abducción y aducción en el plano frontal y rotación alrededor del eje vertical
- flexión y extensión de la rodilla en el plano sagital
- flexión dorsal y flexión plantar del pie en la posición del tobillo y del pie en el plano frontal

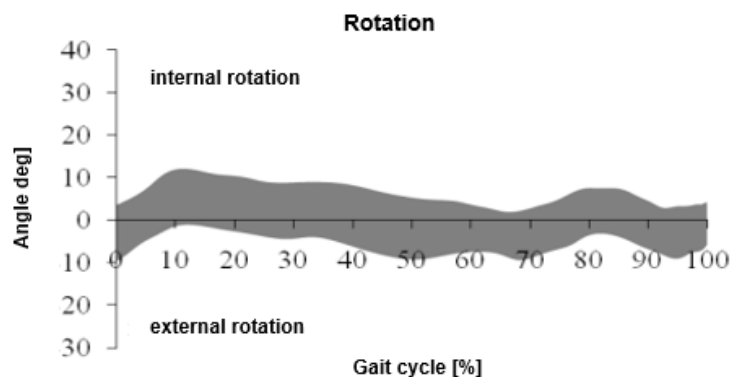
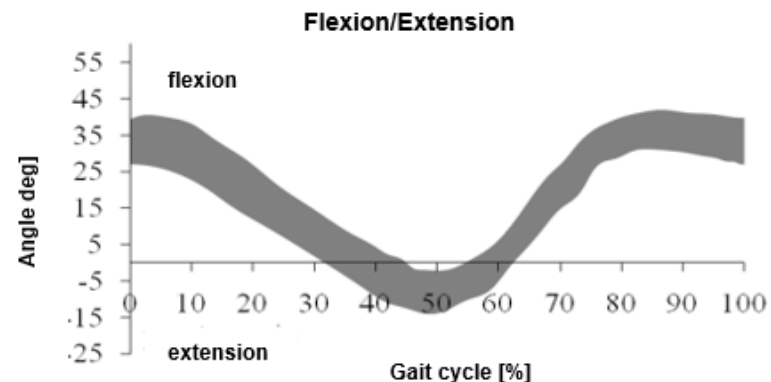
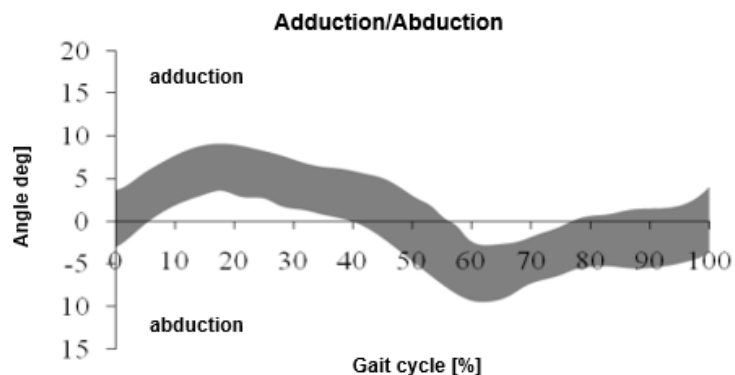
VARIABLES CINEMÁTICAS QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA – ANGULOS ARTICULARES

Ángulo pélvico



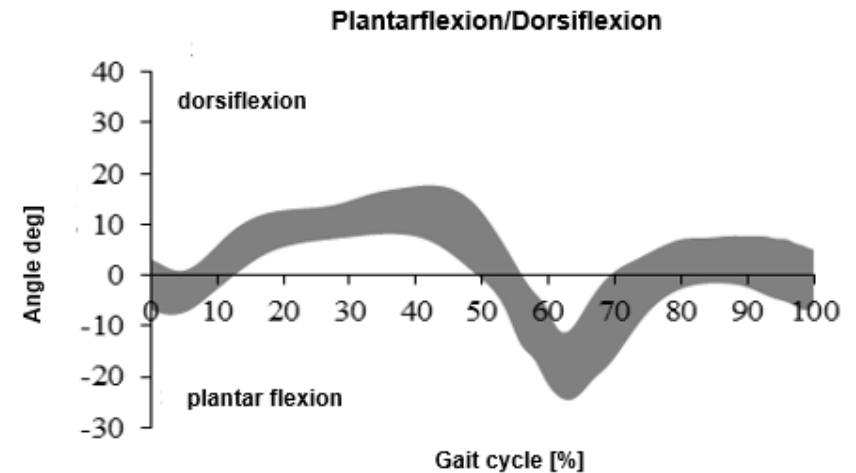
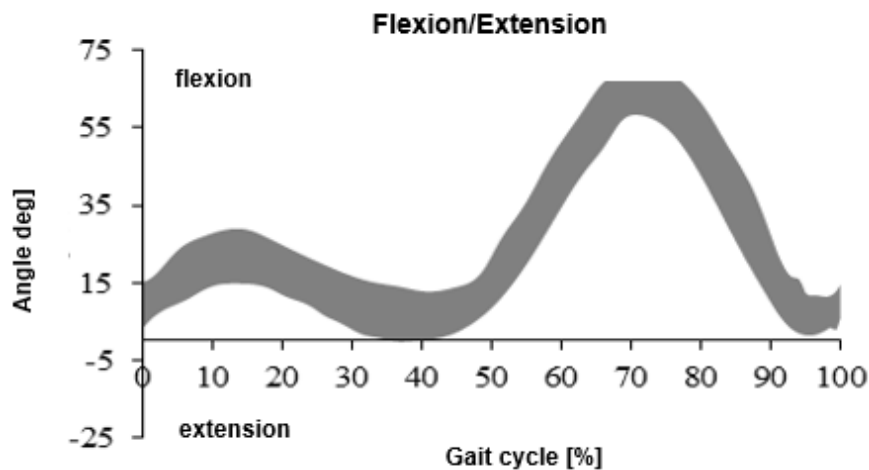
VARIABLES CINEMÁTICAS QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA – ANGULOS ARTICULARES

Ángulo de cadera



VARIABLES CINEMÁTICAS QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA – ANGULOS ARTICULARES

Ángulo de rodilla y tobillo



VARIABLES DINÁMICAS QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA – FUERZAS DE REACCIÓN

VARIABLES DINÁMICAS QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA – FUERZAS DE REACCIÓN

La marcha es una actividad dinámica en la que todo el cuerpo es impulsado y mantenido en equilibrio por los músculos esqueléticos que generan fuerzas que afectan el esqueleto humano. Además de las fuerzas musculares, el cuerpo también está influenciado por fuerzas como la gravedad, la inercia y las reacciones del suelo. La medición de este último es un elemento importante del análisis y descripción de la biomecánica de la marcha.

VARIABLES DINÁMICAS QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA – FUERZAS DE REACCIÓN

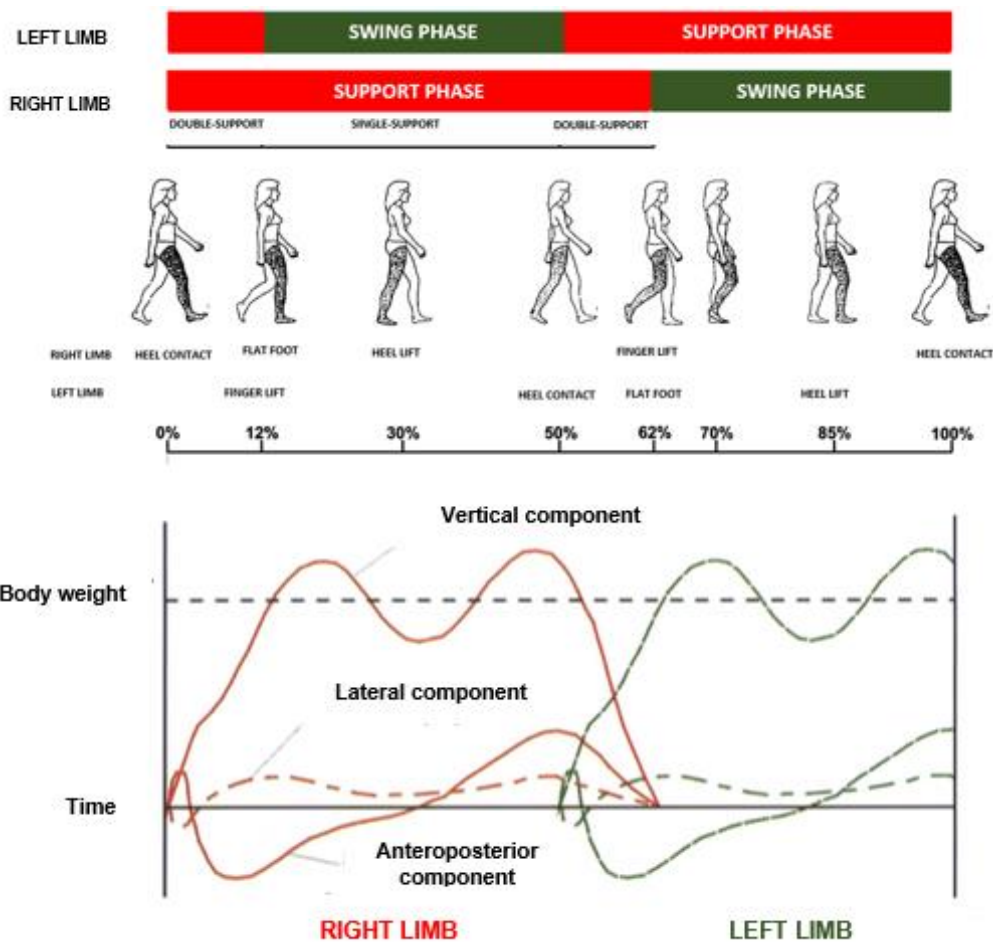
Las reacciones del suelo son fuerzas que afectan a un cuerpo humano (al caminar afectan a los pies) como respuesta a la presión corporal sobre este suelo, según la 3a ley de la dinámica de Newton, que dice que si un cuerpo afecta al otro, el otro afecta al primero. con la misma fuerza en valor y dirección, pero con el sentido contrario.

VARIABLES DINÁMICAS QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA – FUERZAS DE REACCIÓN

En la descripción biomecánica de la marcha, ocurren con mayor frecuencia tres reacciones del suelo, que en realidad son tres componentes de la reacción del suelo distribuidas en tres fuerzas paralelas a los tres ejes del sistema de coordenadas. Estos tres componentes son:

- Reacción vertical paralela al eje vertical del sistema de coordenadas,
- Reacción anteroposterior paralela al eje horizontal del sistema de coordenadas determinada de acuerdo con la dirección de la marcha de la persona de prueba,
- Reacción lateral (transversal) paralela al eje horizontal del sistema de coordenadas trazada en una dirección perpendicular a la dirección en la que camina la persona de prueba.

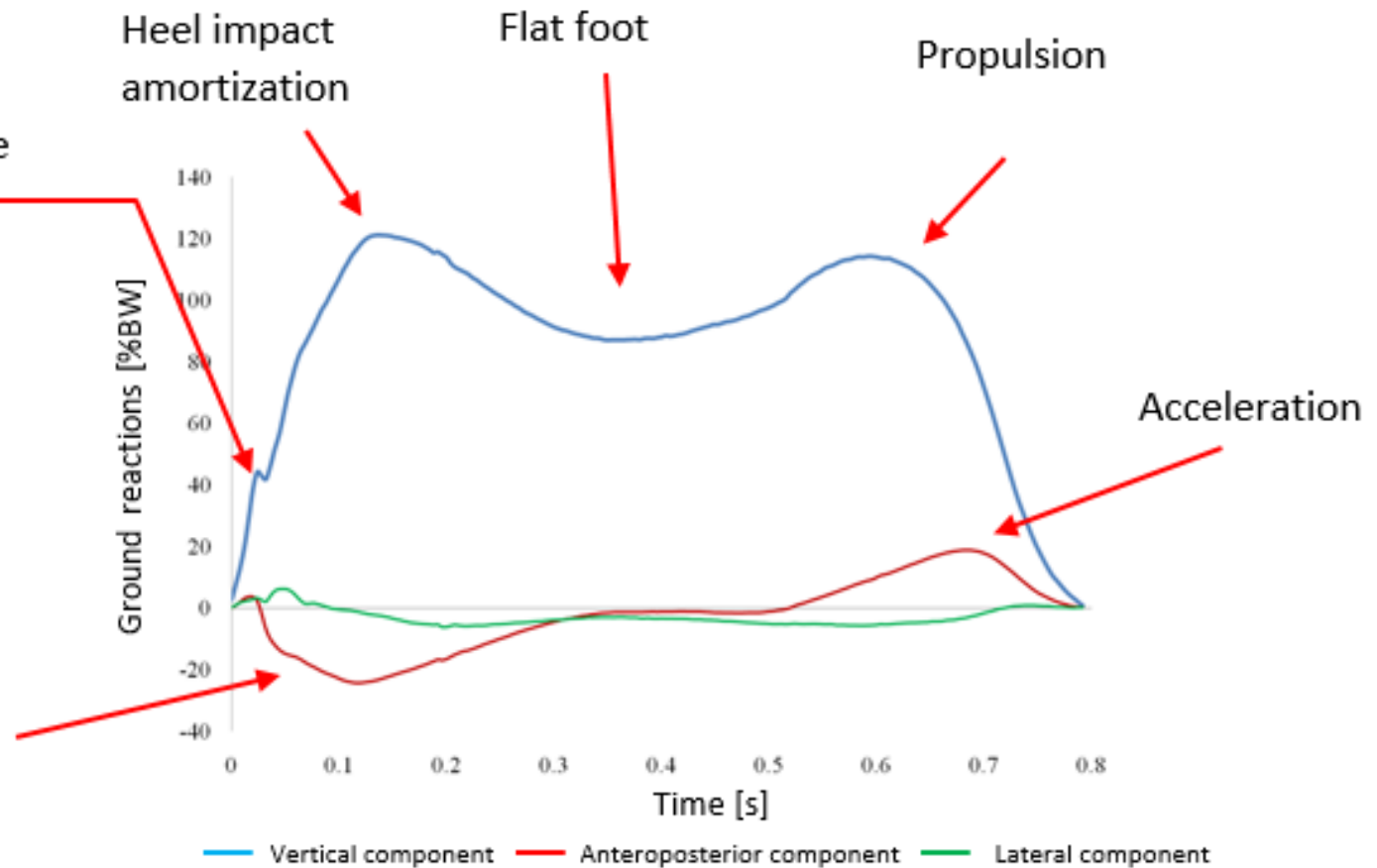
VARIABLES DINÁMICAS QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA – FUERZAS DE REACCIÓN



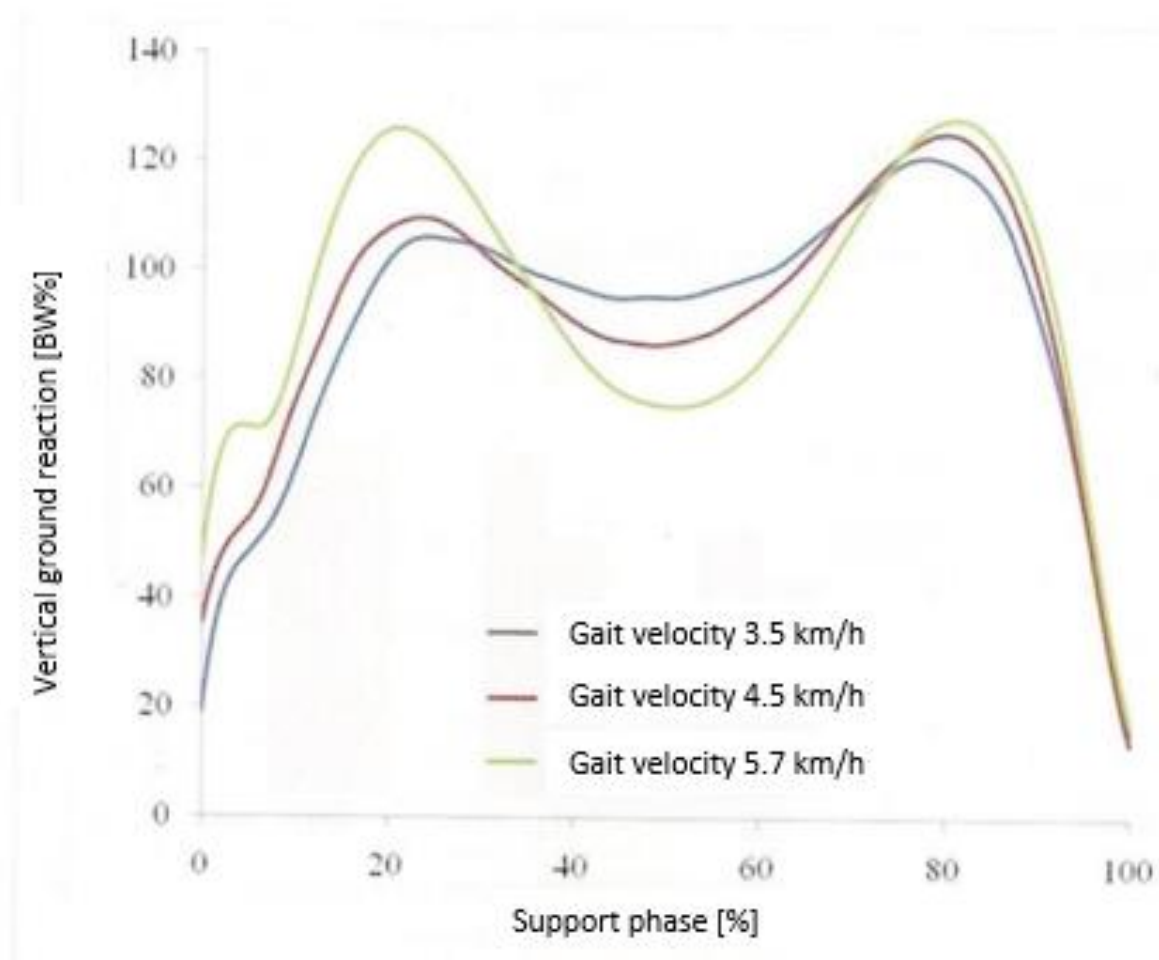
VARIABLES DINÁMICAS QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA – FUERZAS DE REACCIÓN

At the beginning of the support phase, a local maximum may appear due to the heel hitting the ground

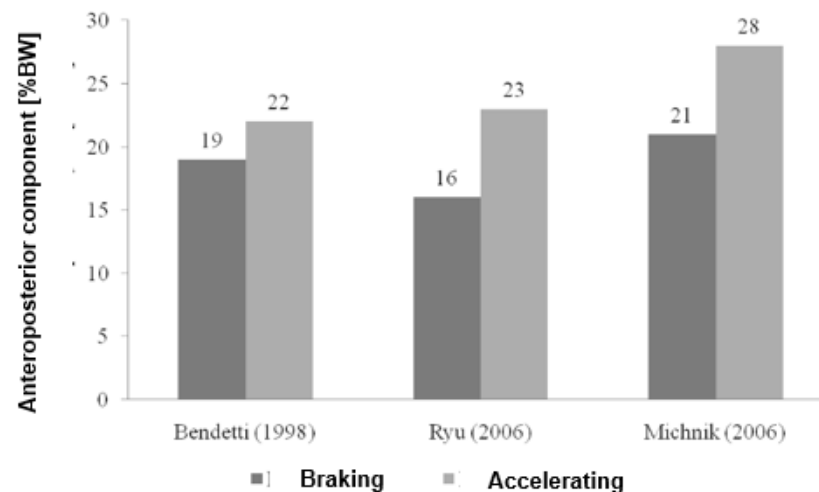
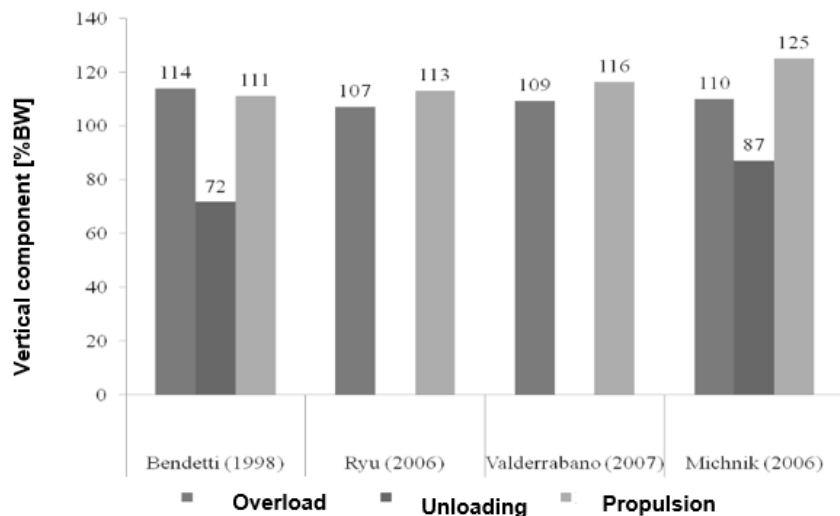
Braking



VARIABLES DINÁMICAS QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA – FUERZAS DE REACCIÓN



VARIABLES DINÁMICAS QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA – FUERZAS DE REACCIÓN



VARIABLES DINÁMICAS QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA – FUERZAS DE REACCIÓN

Al realizar un análisis cuantitativo de la biomecánica de la marcha sobre la base de la reacción del suelo, se determinan ciertos valores que describen la corrección o la marcha o pueden indicar desviaciones de la norma. Cada uno de los parámetros presentados, excepto los referidos a la fase de doble apoyo, se determinan por separado para las extremidades derecha e izquierda.

VARIABLES DINÁMICAS QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA – FUERZAS DE REACCIÓN

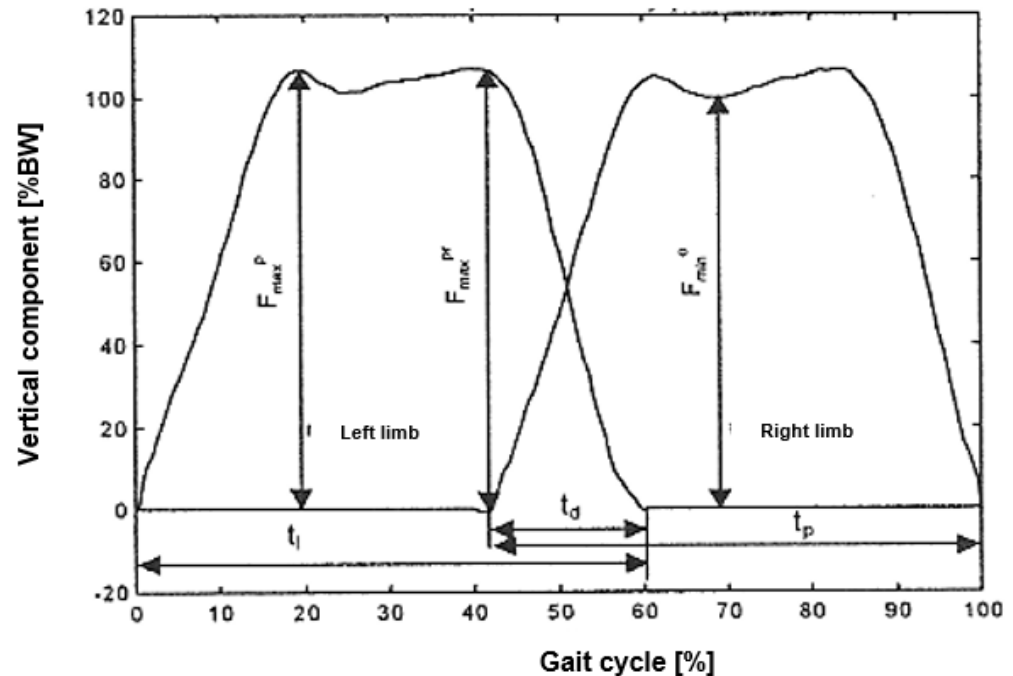
t_l , t_p – tiempo de contacto del pie izquierdo y derecho con el suelo

t_d – duración del doble apoyo,

F_{\max}^p – máximo de la fase de sobrecarga ,

F_{\min}^o – mínimo de la fase de descarga,

F_{\max}^{pr} – máximo de la fase propulsora

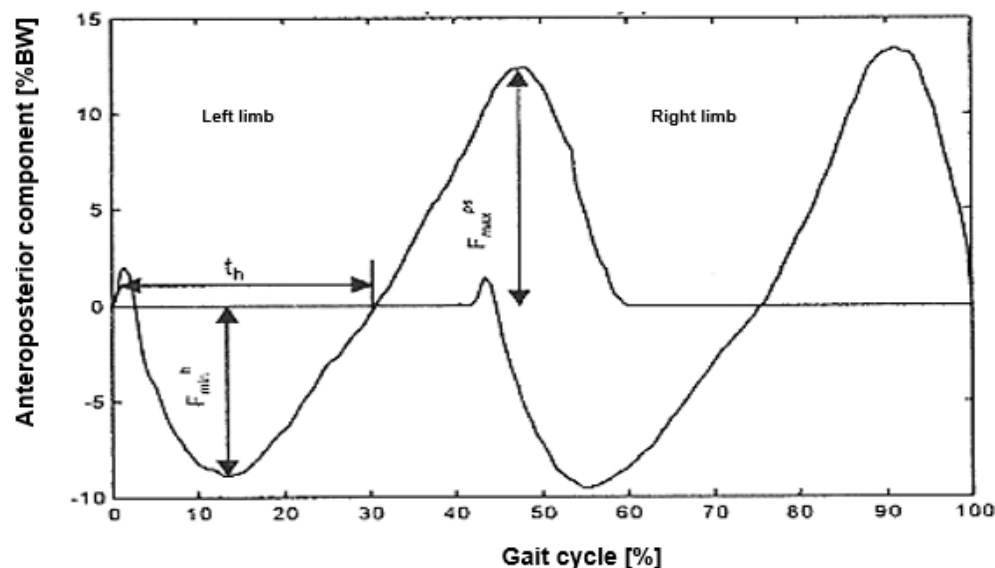


VARIABLES DINÁMICAS QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA – FUERZAS DE REACCIÓN

t_h – Tiempo de frenado

F_{\min}^h – Mínimo de la fase de frenado

F_{\max}^{ps} – Máximo de la fase de aceleración

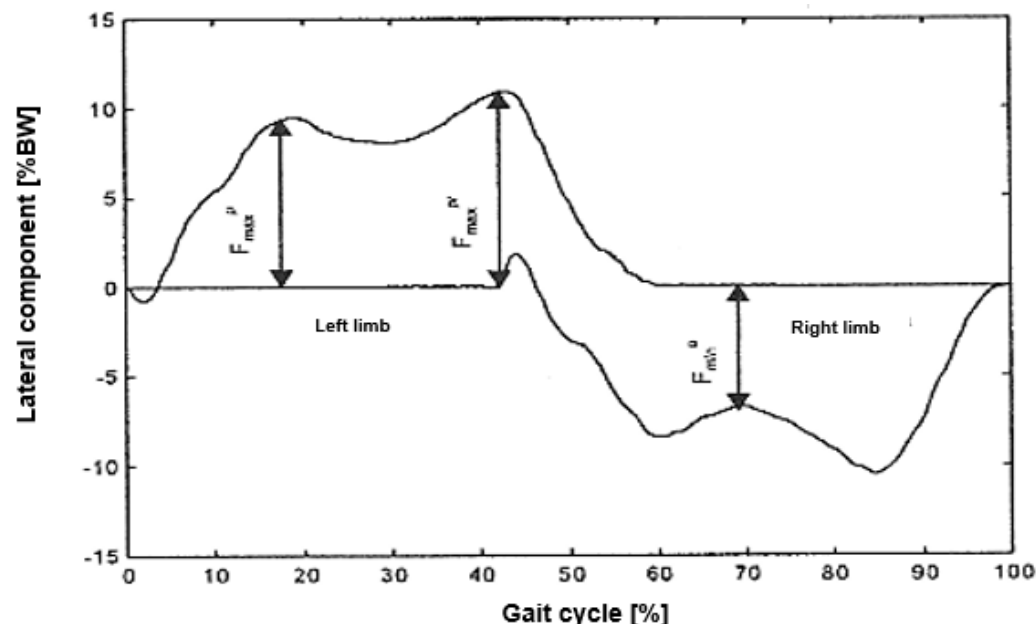


VARIABLES DINÁMICAS QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA – FUERZAS DE REACCIÓN

F_{\max}^p – máximo de la fase de sobrecarga,

F_{\min}^o – mínimo de la fase de descarga,

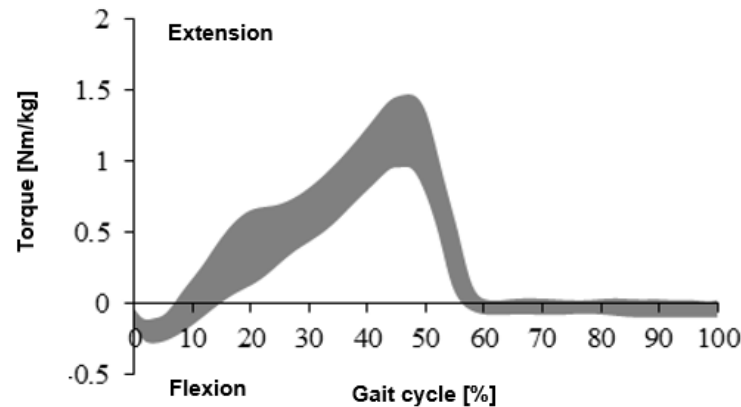
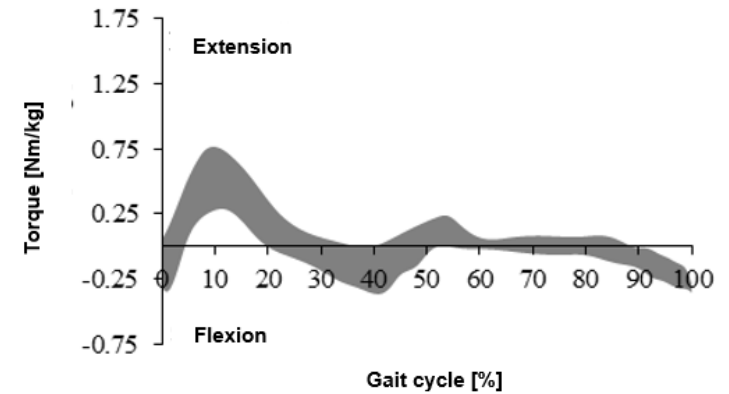
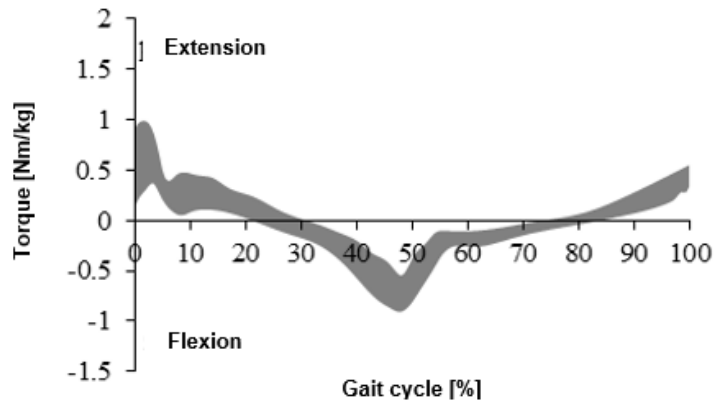
F_{\max}^{pr} – máximo de la fase propulsora



OTRAS VARIABLES DINÁMICAS QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA

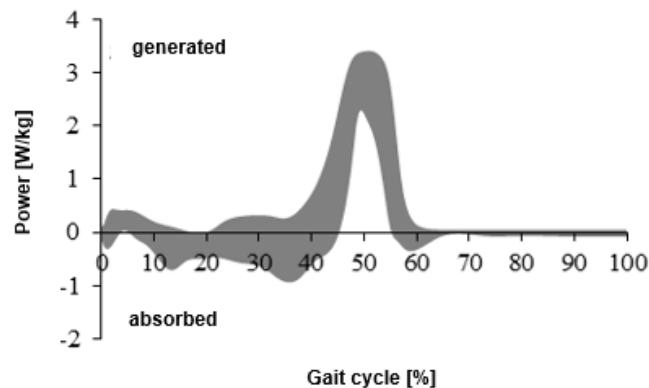
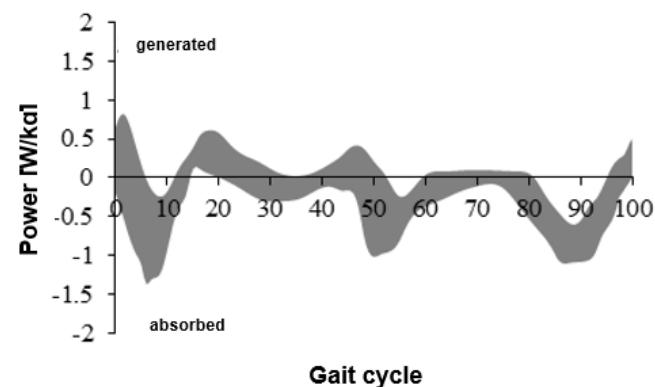
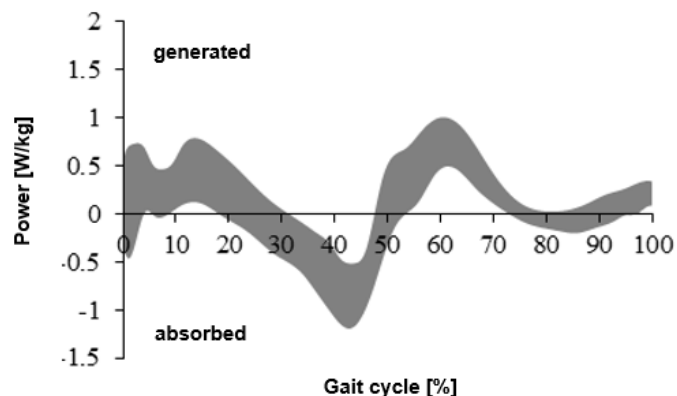
OTRAS VARIABLES DINÁMICAS QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA

Momentos de fuerzas musculares en las articulaciones



OTRAS VARIABLES DINÁMICAS QUE DESCRIBEN LA BIOMECÁNICA DE LA MARCHA

Momento articular



TRABAJO MUSCULAR DURANTE LA MARCHA



TRABAJO MUSCULAR DURANTE LA MARCHA

Para determinar el trabajo muscular durante la marcha, la EMG de superficie se utiliza con mayor frecuencia. La diferencia de potencial entre dos electrodos ubicados a lo largo de las fibras musculares se obtiene directamente como resultado de la medición. La diferencia de potencial medida resulta del hecho de aparición y movimiento del potencial de acción. Debido al método de medición que consiste en pegar electrodos a la piel, es posible medir colectivamente la actividad eléctrica de todo el músculo o grupo de músculos.

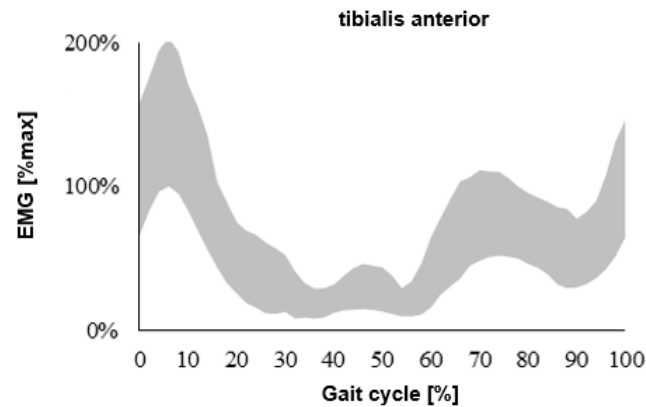
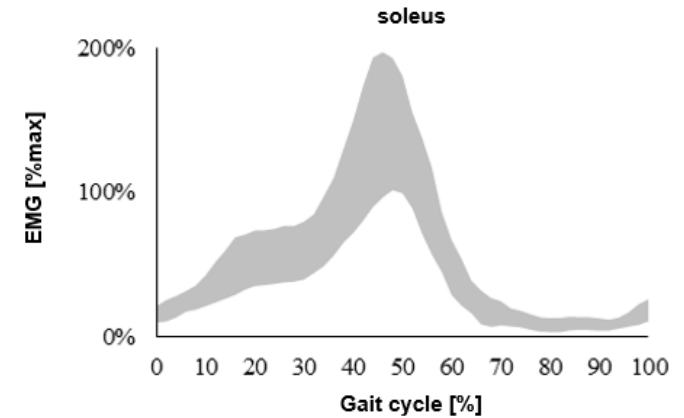
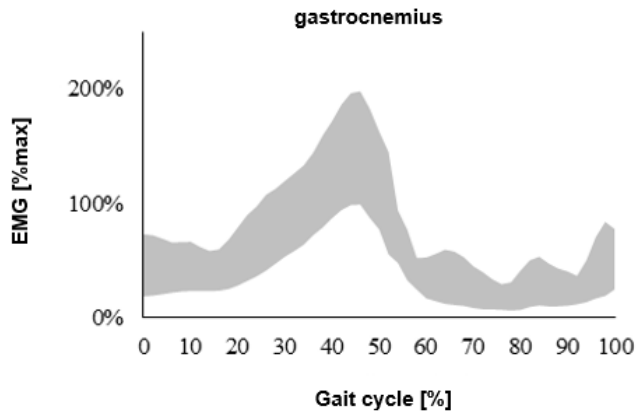
TRABAJO MUSCULAR DURANTE LA MARCHA

Durante la marcha, la medición EMG se suele realizar para los siguientes músculos:

- músculo tibial anterior,
- músculo gastrocnemio,
- músculo sóleo,
- músculo recto femoral,
- músculo vasto femoral,
- músculo glúteo mayor.

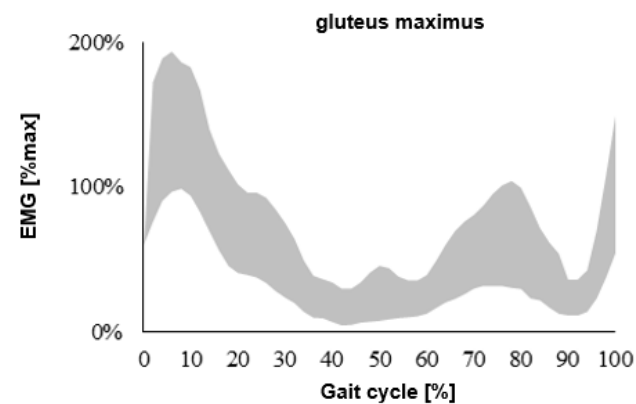
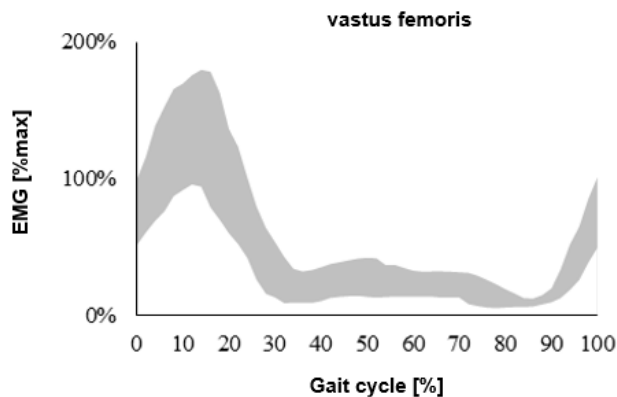
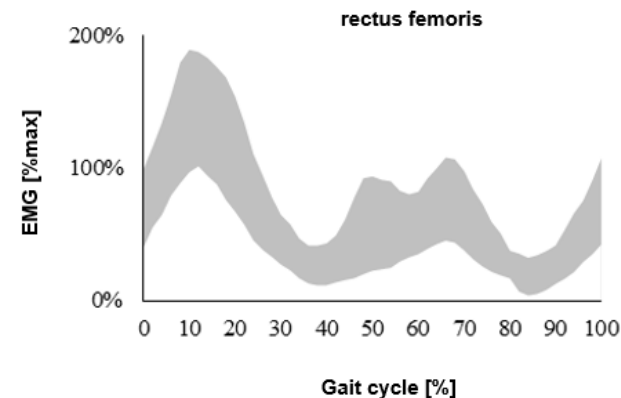
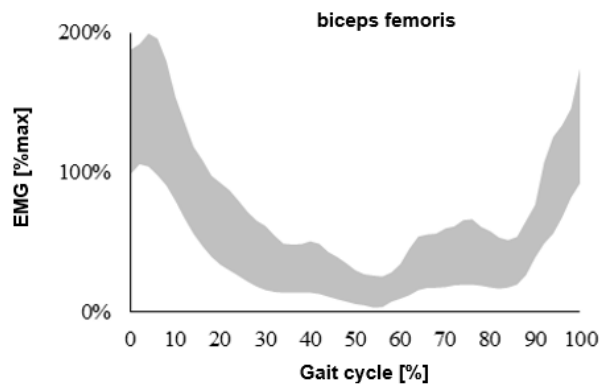
TRABAJO MUSCULAR DURANTE LA MARCHA

Trabajo muscular dentro de la articulación del tobillo



TRABAJO MUSCULAR DURANTE LA MARCHA

Trabajo muscular dentro de la articulación de la cadera y la rodilla



TRABAJO MUSCULAR DURANTE LA MARCHA

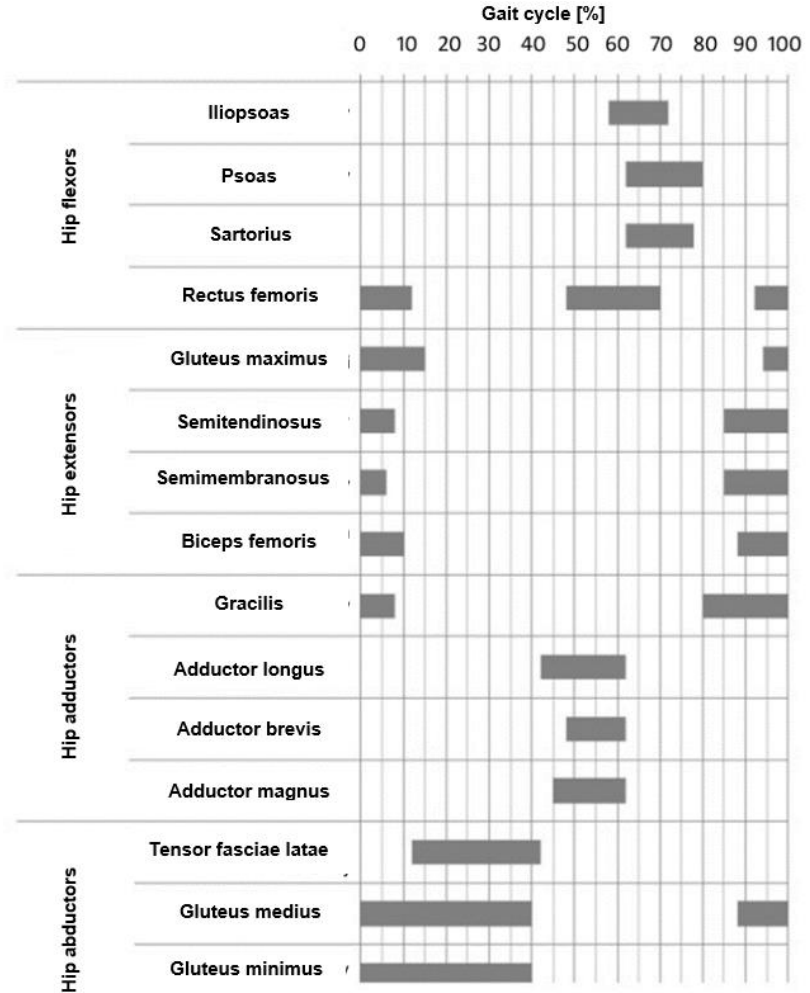
Otra forma de analizar el trabajo muscular es el análisis de encendido / apagado, es decir, determinar cuándo un músculo determinado comienza a trabajar y cuándo termina, es decir, en qué fase del movimiento está activo el músculo. Un músculo sano en condiciones normales de trabajo solo se enciende cuando es necesario y se apaga cuando su trabajo se vuelve innecesario.

TRABAJO MUSCULAR DURANTE LA MARCHA

La detección de actividad muscular en la fase de movimiento cuando en el caso de una persona sana este músculo no funciona, puede indicar algunas anomalías, como por ejemplo, dolor, aumento de la tensión (p. Ej. Por espasticidad), inestabilidad articular o puede resultar de estrés. o mala coordinación motora. El trabajo muscular inadecuado también puede indicar la existencia de compensaciones. Esta información puede ser muy importante, ya que permite que el paciente sea correctamente diagnosticado y luego tratado.

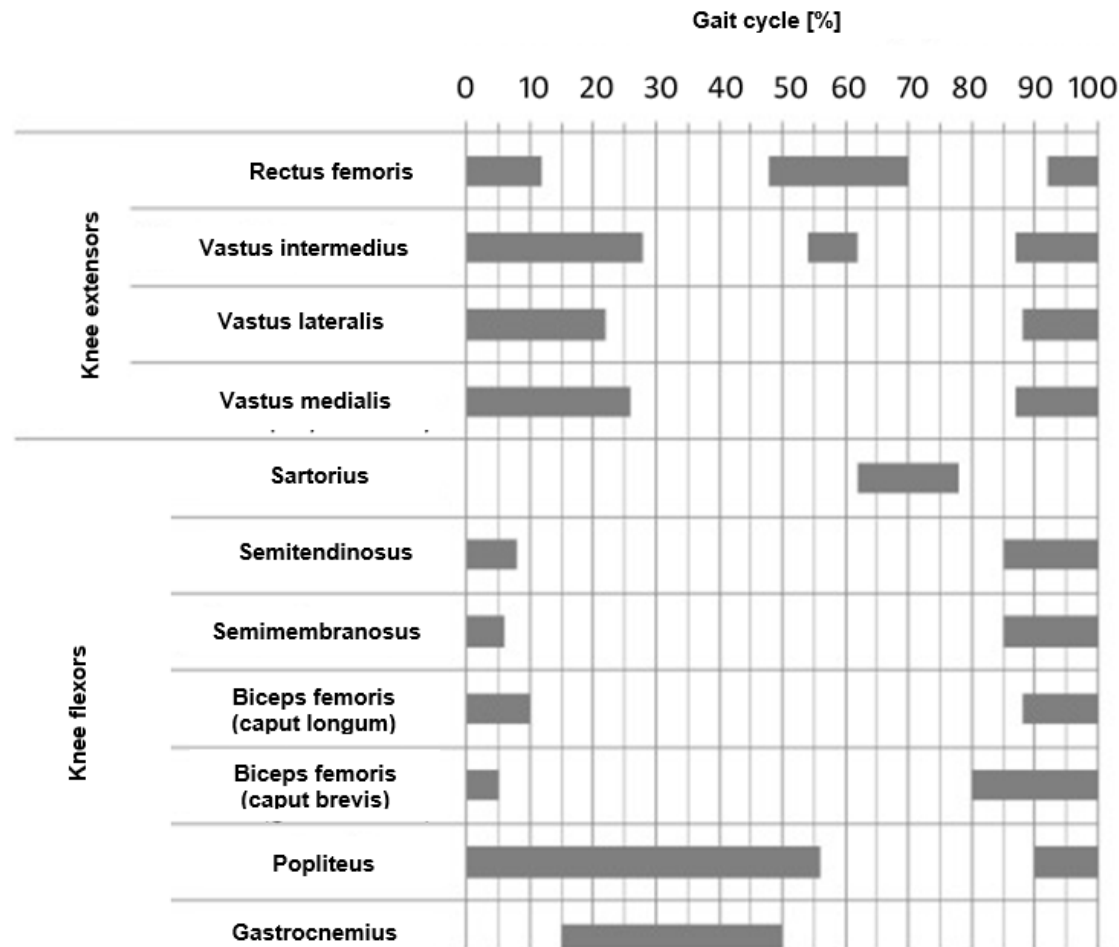
TRABAJO MUSCULAR DURANTE LA MARCHA

Actividad muscular en la articulación de la cadera durante el ciclo normal de la marcha



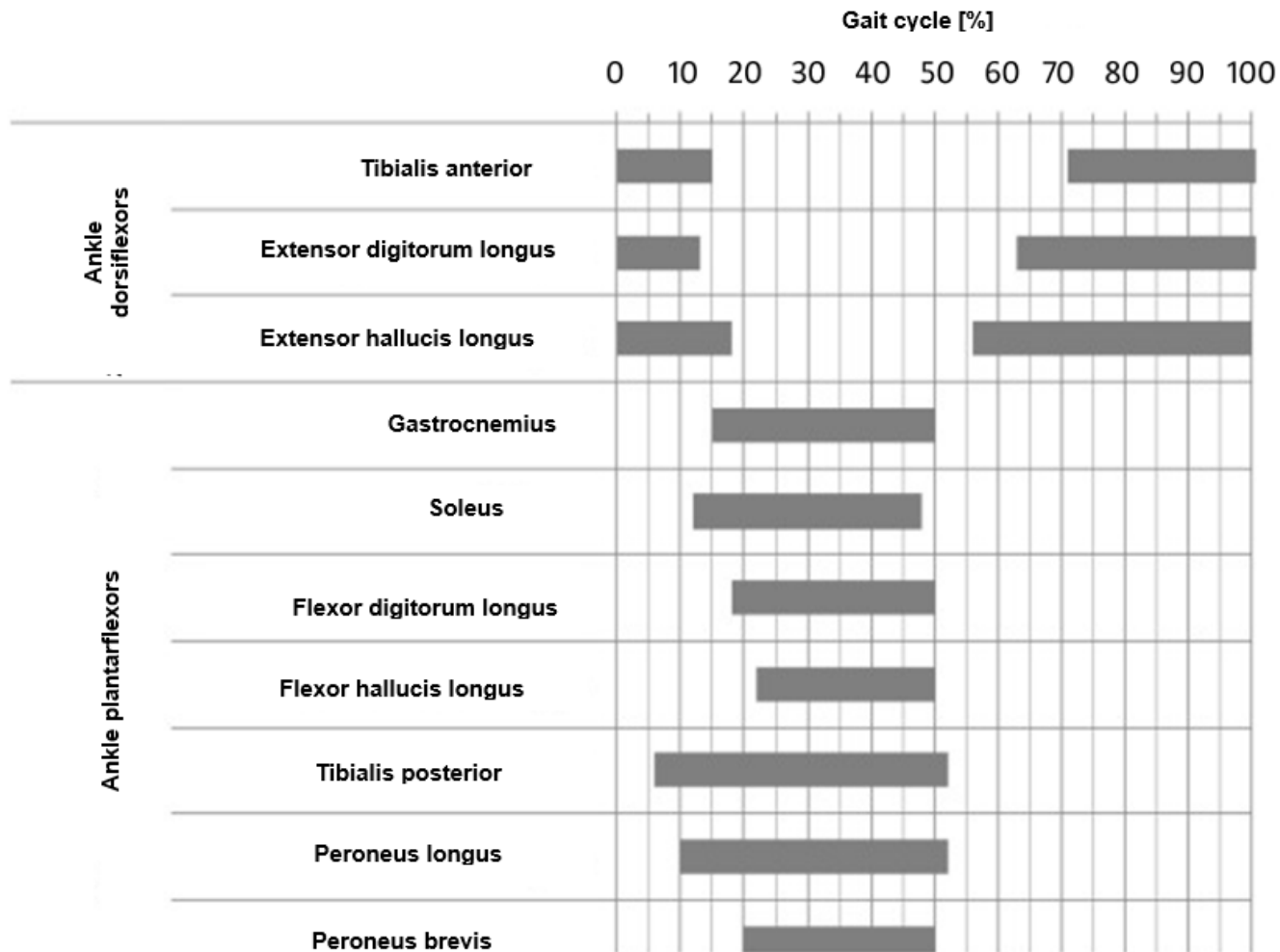
TRABAJO MUSCULAR DURANTE LA MARCHA

Actividad muscular en la articulación de la rodilla durante el ciclo normal de la marcha



TRABAJO MUSCULAR DURANTE LA MARCHA

Actividad muscular en la articulación del tobillo durante el ciclo normal de la marcha.



IDEAS PRINCIPALES



KEY IDEAS

- El conocimiento de la biomecánica de la marcha es necesario para evaluar el sistema musculoesquelético humano.
- Para la descripción de la biomecánica de la marcha se utilizan parámetros obtenidos de la observación y medidas realizadas mediante equipos especializados.
- Al evaluar la marcha, uno debe basarse simultáneamente en determinados valores cinemáticos y dinámicos, así como en las mediciones de las funciones musculares. Solo el uso de todos estos elementos da una imagen completa de la biomecánica de la marcha, lo que a su vez permite la evaluación correcta de posibles trastornos.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

Assi A, Ghanem I., Lavaste F., Skalli W.: Gait analysis in children and uncertainty assessment for Davis protocol and Gillette Gait Index, *Gait & Posture* 2009, vol. 30, Issue 1, s. 22–26

Auvinet B., Berrut G., Touzard C., Moutel L., Collet N., Chaleil D., Barrey E.: Reference data for normal subject obtained with an accelerometric device. *Gait&Posture*, 2002, 16 (2), 124-134

Baker R. The history of gait analysis before the advent of modern computers. *Gait&Posture*, 2007, 26, 331-342

Benedetti M.G., Catani F., Leardini A., Pignotti E., Giannini S.: Data management in gait analysis for clinical applications. *Clinical Biomechanics*, 1998, 13 (3), 204-215

Błaszczuk J.W.: *Biomechanika kliniczna*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2004.

Bober T.: *Biomechanika chodu i biegu*, Studia i monografie AWF we Wrocławiu, zeszyt nr 8, Wrocław 1985

BIBLIOGRAFÍA

Cho S.H., Park J.M., Kwon O.Y.: Gender differences in three dimensional gait analysis from 98 healthy Korean adults. *Clinical Biomechanics*, 2004, 19 (2), 145-152

Davis R.B., Ounpuu S., DeLuca P.A.: Analysis of gait. *Biomechanics. Principles and application*, CRC Press, 2008

De Lisa J.A. (ed): *Gait Analysis in the science of rehabilitation*. Monograph, 002, 1998

Dec J.B., Saunders M., Inman V.T., Eberhart H.D.: The major determinants in normal and pathological gait. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 1953, 35,543-558

Dega W.: *Ortopedia i rehabilitacja*, Wydawnictwo PZWL, Warszawa 2006.

Dusing S., Thorpe D.: A normative sample of temporal and spatial gait parameters in children using the GAITRite electronic walkway. *Gait&Posture*, 2007, 25, 135–139.

BIBLIOGRAFÍA

Kadaba M.P., Ramarkrishnan H.K., Wootten M.E.: Measurement of lower extremity kinematics during level walking. *Journal of Orthopaedic Research*, 1989, 8, 383-392 27

Konrad P.: *The ABC or EMG. A practical Introduction to Kinesiological Electromyography*. Noraxon INC. USA, Version 1.0, April 2005

Kwolka A.: *Rehabilitacja medyczna*, Wydawnictwo Medyczne Urban & Partner, Wrocław 2001.

Leardini A., Sawacha Z. i in.: A new anatomiacally based protocol for gait analysis in children. *Gait & Posture*, 2007, 26, 560-571

Michnik R., Jurkojć J., Guzik A., Tejszerska D.: Analysis of loads of the lower limb during gait, carried out with the use of the mathematical model, made for patients during rehabilitation progress. *Eccomas Conference Multibody Dynamics 2007*, Milano

BIBLIOGRAFÍA

Michnik R., Jurkojć J., Jureczko P., Guzik A., Tejszerska D.: Analysis of gait kinematics of patient after total hip or knee replacement. *Journal of Vibroengineering*, 2006, 8 (3).

Morecki A., Ramotowski W.: *Problemy biocybernetyki i inżynierii biomedycznej*, tom 5, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1990

Neptune R.R., Sasaki K.: Ankle plantar flexor force production is an important determinant of the referred walk-to-run transition speed. *Journal of Experimental Biology*, 2005, 208, 799-808

Öberg T., Karsznia A., Oberg K.: Joint angle parameters in gait: Reference data for normal subjects 10-79 years of age. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 1994, 31 (3), 199-213

BIBLIOGRAFÍA

Öberg T., Karsznic A., Öberg K.: Basic gait parameters: Reference data for normal subjects, 10-79 years of age. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 1993, 30 (2), 210-223

Pierce R., Orendurff M., Sienko Thomas S.: Gait parameters norms for children ages 6-14. *Gait & Posture*, 2002, 16, Suppl. 1, 53-54.

Romei R., Galli M., Motta F., Schwartz M., Crivellini M.: Use of the normalcy index for the evaluation of gait pathology. *Gait & Posture*, 2004, 19 (1), 85-90

Ryu T., Soon Choi H., Choi H., Chung M.H. .: A comparison of gait characteristics between Korean and Western people for establishing Korean gait reference data. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2006, 36, 1023–1030

Schutte L.M. i in.: An index for quantifying deviations from normal gait. *Gait&Posture* 2000, 11, 25-31

BIBLIOGRAFÍA

Śnieżek A., Mężyk A., Michnik R.: Analiza dynamiki chodu prawidłowego. Aktualne problemy biomechaniki, 2007, 1

Staszkiwicz R., Ruchlewicz T., Nosiadek L.: Zmiany wybranych parametrów chodu w zależności od prędkości. Acta of Bioengineering and Biomechanics, 1999, 1 (1)

Syczewska M: Diagnostyka rehabilitacyjna narządu ruchu dziecka, Standardy Medyczne 2003, tom 5, Nr 9, s. 1254 – 1264

Syczewska M, Dembowska-Baginska B., Perek-Polnik M., Perek D.: Functional status of children after treatment for a malignant tumor of the CNS: a preliminary report, Gait & Posture 2006, vol. 23, s. 206–210

BIBLIOGRAFÍA

Syczewska M., Lebiodowska M., Kalinowska M.: Analiza chodu w praktyce klinicznej, [W:] Biocybernetyka i inżynieria biomedyczna 2000, Pod red. Macieja Nałęcza, Tom 5, Biomechanika i inżynieria rehabilitacyjna, Red. Romuald Będziński [i in.], Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2004

Tejszerska D., Świtoński E.: Biomechanika inżynierska, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2004

Valderrabano V., Nigg B.M., Vinzenz von Tscharnner, Darren J. Stefanyshyn D.J., Goepfert B., Hintermann B.: Gait analysis in ankle osteoarthritis and total ankle replacement. *Clinical Biomechanics*, 2007, 22, 894-904

Vaughan Ch. L., Davis B.L., O'Connor J.C.: Dynamics of human gait. Kiboho Publisher, Cape Town, 1999

BIBLIOGRAFÍA

Winter D.A., Biomechanics of human movement. John Wiley&Sons, New York, 1979

https://brain.fuw.edu.pl/edu/index.php/Pracownia_Sygna%C5%82%C3%B3w_Biologicznych/Zajecia_9

<https://pl.pinterest.com/pin/420242208980082843/#>

<https://www.imaging-resource.com/news/2012/11/27/eadward-muybridge-the-photographic-pioneer-who-froze-time-and-nature>



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.

