

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



MÓDULO DE BIOMECÁNICA DE LA MARCHA

Unidad didáctica D: ANÁLISIS INSTRUMENTADO DE LA MARCHA

D.4 ¿En qué casos y cuál es la utilidad del análisis biomecánico instrumentado de la marcha?



## D.4 ¿En qué casos y cómo de útil puede ser un análisis biomecánico instrumentado de la marcha?

### ÍNDICE

- I. Objetivos
- II. Contenidos:
  - 1. Aplicación clínica
  - 2. Útil en el análisis deportivo
  - 3. Implicaciones ergonómicas
  - 4. Asistencia en medicina legal
- III. Ideas clave
- IV. Referencias

## D.4 ¿En qué casos y cómo de útil puede ser un análisis biomecánico instrumentado de la marcha?

# I. OBJETIVOS

## I. OBJETIVOS

- 1) Estudiar la aplicación clínica del análisis biomecánico instrumentado de la marcha y los diferentes diseños de investigación en los que se utiliza.
- 2) Analizar la aplicación del análisis biomecánico instrumentado de la marcha en el campo deportivo y la información que proporciona a deportistas y entrenadores.
- 3) Estudiar la aplicación práctica en el área de la ergonomía y ejemplificar cómo el análisis biomecánico instrumentado de la marcha puede mejorar las condiciones laborales.
- 4) Estudiar cómo se aplica el análisis biomecánico instrumentado de la marcha en medicina legal donde se debe caracterizar una disfunción para determinar un grado de incapacidad laboral o compensación económica.

## **D.4 ¿En qué casos y cómo de útil puede ser un análisis biomecánico instrumentado de la marcha?**

# **II. CONTENIDOS**

## **II.1 Aplicación clínica del análisis biomecánico instrumentado de la marcha.**

## II.1 APLICACIÓN CLÍNICA

¿Cuál es el uso del análisis instrumentado de la marcha en la práctica médica?



Para caracterizar la población

Para apoyar el diagnóstico médico

Para evaluar la efectividad de los tratamientos de rehabilitación médica y física.

## II.1 APLICACIÓN CLÍNICA

### *Análisis instrumentado de la marcha para caracterizar la población*



¿Qué tan diferente es la marcha de las personas con una enfermedad en comparación con las personas con características similares pero saludables?

¿Cómo evoluciona la marcha a lo largo de una patología?

¿Qué valores de normalidad debemos alcanzar al aplicar un tratamiento de la marcha?

## II.1 APLICACIÓN CLÍNICA

### *Análisis instrumentado de la marcha para caracterizar la población*

Ejemplo

Diabetes Mellitus



Gait changes in persons with diabetes: Early risk marker for diabetic foot ulcer

Saraswathy Gnanasundaram<sup>a,\*</sup>, Priyadharshini Ramalingam<sup>a</sup>, Bhabendra Nath Das<sup>b</sup>, Vijay Viswanathan<sup>c</sup>



Neuropatía periférica

Vasculopatía

Deformidades del pie

Úlcera de pie



## II.1 APLICACIÓN CLÍNICA

### *Análisis instrumentado de la marcha para caracterizar la población*

Ejemplo

¿Cuál es el perfil dinámico de presión plantar de las personas con diabetes sin neuropatía y la neuropatía diabética, en comparación con el control sano?

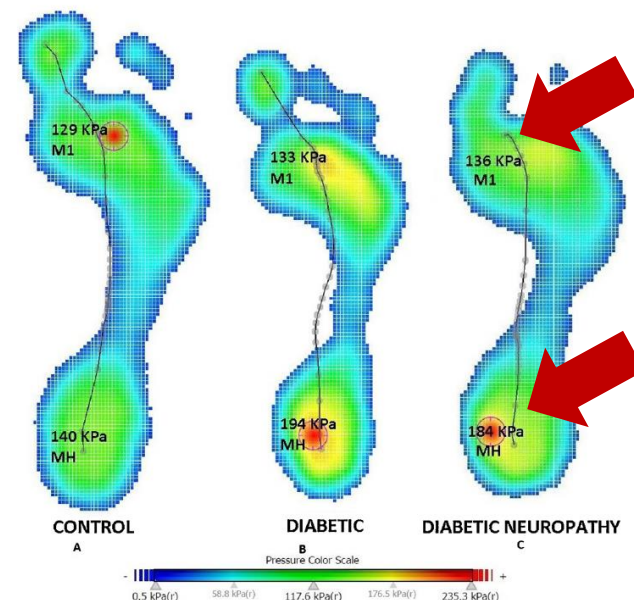
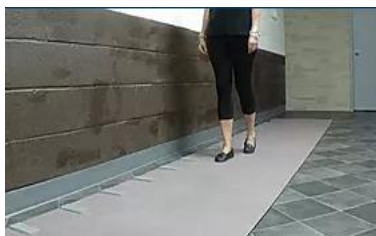


Figura 1 - Ejemplo de pasarela instrumentada (GAITrite) y resultados del área de superficie del contacto del pie al caminar (Gnanasundaram et al. 2020)

## II.1 APLICACIÓN CLÍNICA

***Análisis instrumentado de la marcha en el diagnóstico médico y la toma de decisiones.***

¿Cómo debo intervenir con mi paciente?

Necesito un análisis de su marcha!



Diagnóstico



Tratamiento médico

Información adicional



## II.1 APLICACIÓN CLÍNICA

### *Análisis instrumentado de la marcha en el diagnóstico médico y la toma de decisiones.*

Ejemplo

74

*Acta Orthopaedica* 2007; 78 (1): 74–80

60 niños de 4 a 18 años con parálisis cerebral

Preoperative gait analysis has a substantial effect on orthopedic decision making in children with cerebral palsy

Comparison between clinical evaluation and gait analysis in 60 patients

Bjørn Lofterød<sup>1</sup>, Terje Terjesen<sup>2</sup>, Ingrid Skaaret<sup>1</sup>, Ann-Britt Huse<sup>1</sup> and Reidun Jahnsen<sup>1</sup>



Tenían un plan quirúrgico específico delineado



Análisis de cinemática y cinética tridimensional



¿Cómo cambió el plan quirúrgico después del análisis de la marcha?

## II.1 APLICACIÓN CLÍNICA

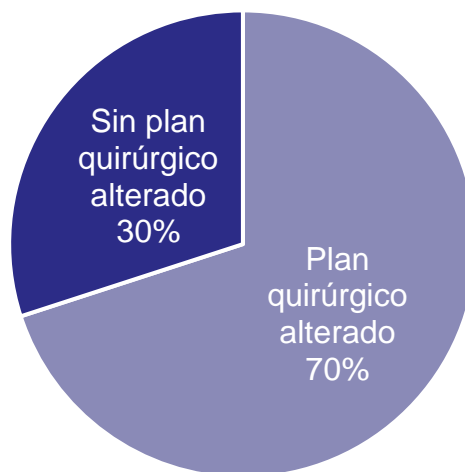
### *Análisis instrumentado de la marcha en el diagnóstico médico y la toma de decisiones.*

Ejemplo

Cambios después del análisis de la marcha



Participantes n = 60



Surgical procedure	Number recommended	
	before gait analysis	after gait analysis
Psoas	25	39
Adductors	32	14
Hamstrings	46	38
Rectus femoris	36	53
Gastrocnemius	61	46
Foot and ankle	14	12
Femoral osteotomy	32	16
Tibial osteotomy	7	3
Total	253	221

13%

Figura 2 - Resultados de Lofterød et al. 2015

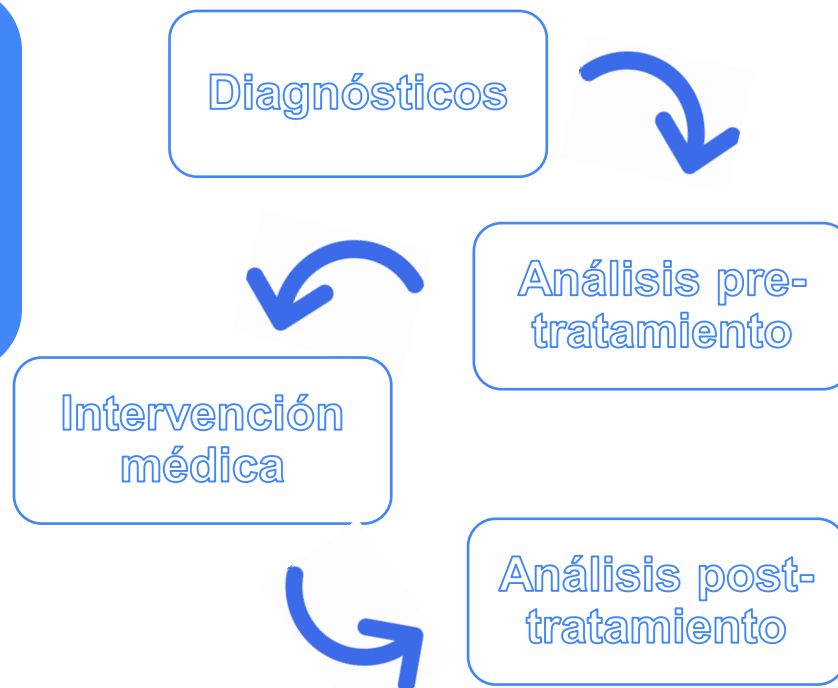
## II.1 APLICACIÓN CLÍNICA

***Análisis instrumentado de la marcha para evaluar la eficacia de los tratamientos.***



¿Qué tan efectivo es mi tratamiento médico?

¿Es el tratamiento A más eficaz que el tratamiento B?



## II.1 APLICACIÓN CLÍNICA

### Análisis instrumentado de la marcha para evaluar la eficacia de los tratamientos.

Ejemplo



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Clinical Biomechanics

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/clinbiomech](http://www.elsevier.com/locate/clinbiomech)



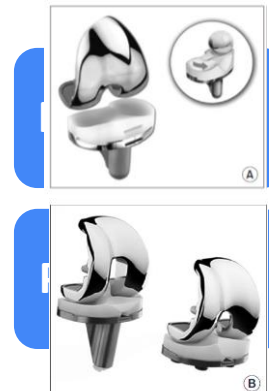
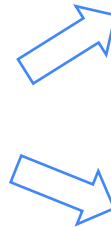
Biomechanical analysis on total knee replacement patients during gait: Medial pivot or posterior stabilized design?



Francesco Esposito<sup>a,b,\*</sup>, Marco Freddolini<sup>e</sup>, Massimiliano Marcucci<sup>a,c,d</sup>, Leonardo Latella<sup>a,c</sup>, Andrea Corvi<sup>a,b</sup>



Análisis instrumentado de la marcha



Análisis instrumentado de la marcha

## II.1 APLICACIÓN CLÍNICA

### *Análisis instrumentado de la marcha para evaluar la eficacia de los tratamientos.*

#### Ejemplo

Ambas prótesis redujeron la velocidad de la marcha, redujeron la longitud de la zancada y aumentaron el tiempo de apoyo con respecto al grupo de control.

Reducción de la flexión y el momento flexor de la rodilla en pacientes con mecanismo de pivote medial.

Se observó una actividad muscular prolongada del recto femoral en los pacientes con pivote medial en comparación con los estabilizados posteriores.

La prótesis de pivote medial produce un patrón de rodilla menos rígido que la prótesis estabilizada posterior y parece reproducir mejor el movimiento condilar fisiológico como parámetros de la marcha

## **D.4 ¿En qué casos y cómo de útil puede ser un análisis biomecánico instrumentado de la marcha?**

# **II. CONTENIDOS**

## **II.2 Utilidad del análisis biomecánico instrumentado de la marcha en las ciencias del deporte**



## II.2 UTILIDAD EN CIENCIA DEL DEPORTE

¿Cuál es el uso del análisis instrumentado de la marcha en las ciencias del deporte?



Análisis del gesto deportivo

Prevención de lesiones

Efectividad de la actividad física  
y el deporte

## II.2 UTILIDAD EN CIENCIA DEL DEPORTE

### *Análisis de la marcha en el gesto deportivo*



Disciplina de larga distancia dentro del deporte del atletismo

Una pierna debe estar en contacto con el suelo

La rodilla debe estar completamente extendida desde el primer contacto con el suelo hasta la "posición alta vertical"

Figura 3 - Evento de marcha. Imagen de The New York Times.

## II.2 UTILIDAD EN CIENCIA DEL DEPORTE




### *Análisis de la marcha en el gesto deportivo*

Ejemplo



Article

#### **Automatic Detection of Faults in Race Walking: A Comparative Analysis of Machine-Learning Algorithms Fed with Inertial Sensor Data**

Juri Taborri <sup>1,\*</sup>, Eduardo Palermo <sup>2</sup> and Stefano Rossi <sup>1</sup>

Definir los clasificadores de mejor rendimiento para la detección automática y objetiva de pasos ilegales a partir del análisis instrumentado de la marcha con sensores inerciales.



Figura 4 - Colocación de IMU (sondas naranjas) en un atleta durante el procedimiento experimental. Imagen de Taborri et al. 2018.

## II.2 UTILIDAD EN CIENCIA DEL DEPORTE

### Análisis de la marcha en el gesto deportivo

Ejemplo



Perdida de contacto



Doblar la rodilla



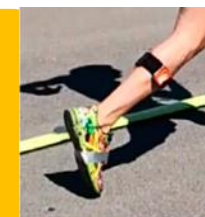
Marcha legal

Pérdida de contacto

Doblar la rodilla

Control a través de la observación

Aceleración lineal





## II.2 UTILIDAD EN CIENCIA DEL DEPORTE

*Análisis de la marcha para estudiar las condiciones de las lesiones.*

Ejemplo

### Effects of Hiking Downhill Using Trekking Poles while Carrying External Loads

MICHAEL BOHNE<sup>1</sup> and JULIANNE ABENDROTH-SMITH<sup>2</sup>

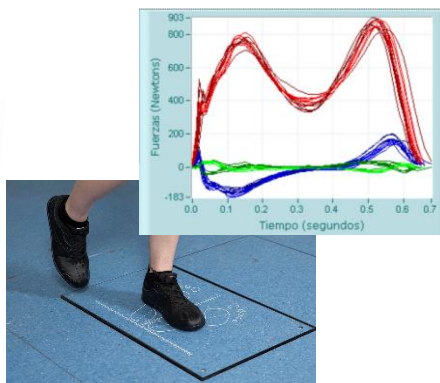
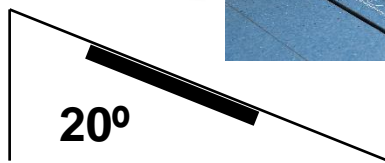
<sup>1</sup>Western Illinois University, Macomb, IL; and <sup>2</sup>Willamette University, Salem, OR



## II.2 UTILIDAD EN CIENCIA DEL DEPORTE

### *Análisis de la marcha para estudiar las condiciones de las lesiones.*

Ejemplo



Con bastones: reducción de los momentos en cada una de las articulaciones

Con bastones: reducción de la absorción de potencia para el tobillo y la rodilla

Las mochilas solo dieron como resultado una generación de energía en la cadera mayor

Con bastones

Sin bastones

Sin mochila

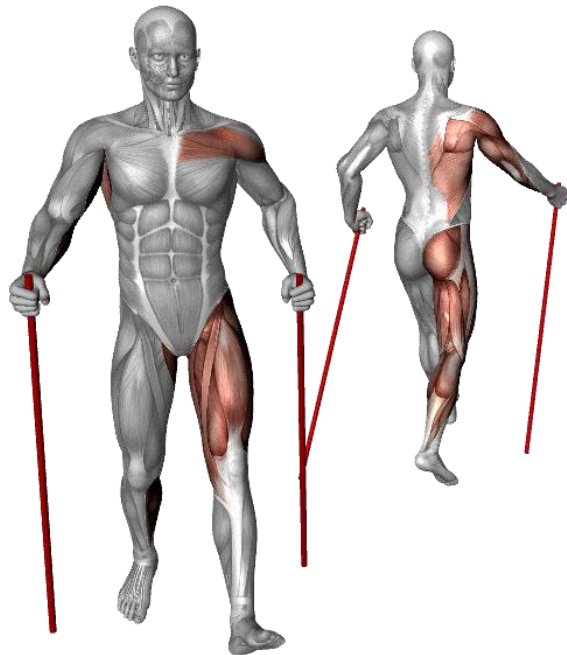
Mochila 15% PC

Mochila 30% PC

## II.2 UTILIDAD EN CIENCIA DEL DEPORTE

### *Análisis de la marcha para evaluar la eficacia de la actividad física y el deporte.*

Ejemplo



Original Article

**Does Nordic walking improves the postural control and gait parameters of women between the age 65 and 74: a randomized trial**

PIOTR KOCUR, PhD<sup>1)\*</sup>, MARZENA WIERNICKA, PhD<sup>1)</sup>, MACIEJ WILSKI, PhD<sup>2)</sup>, EWA KAMINSKA, PhD<sup>1)</sup>, LECH FURMANIUK, PhD<sup>1)</sup>, MARTA FLIS MASLOWSKA, PhD<sup>1)</sup>, JACEK LEWANDOWSKI<sup>3)</sup>

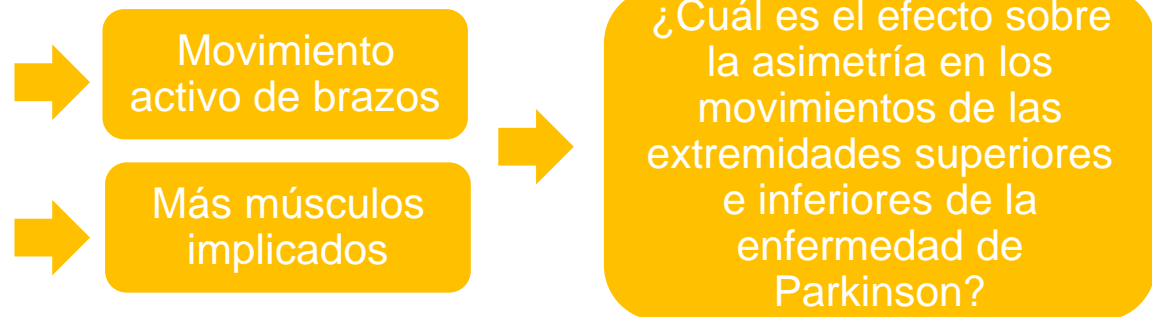


Figura 5 - Animación del músculo involucrado en el desarrollo de la marcha nórdica (Imagen de <http://b.nw.free.fr>)

## II.2 UTILIDAD EN CIENCIA DEL DEPORTE

*Análisis de la marcha para evaluar la eficacia de la actividad física y el deporte.*

Ejemplo

14 participantes

11 semanas/dos sesiones semanales de NW

Sistema de análisis de movimiento 3D

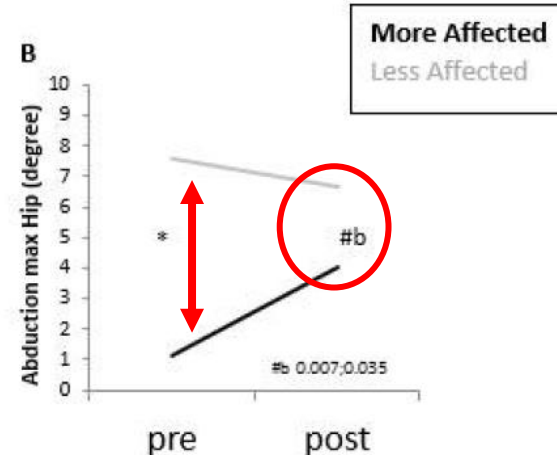
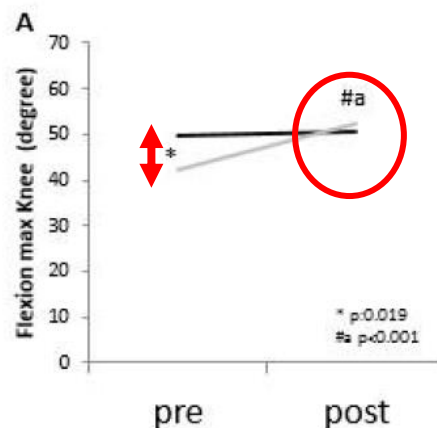
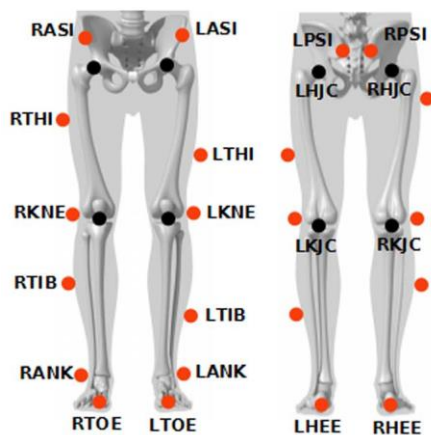


Figura 6 - Plug-in-Gait Full-Body con treinta y cinco marcadores. (Imagen de Baudet et al.2014)

Figura 7 - Resultados de Kocur et al. 2019



## **D.4 ¿En qué casos y cómo de útil puede ser un análisis biomecánico instrumentado de la marcha?**

# **II. CONTENIDOS**

## **II.3 Implicaciones ergonómicas del análisis biomecánico instrumentado de la marcha**

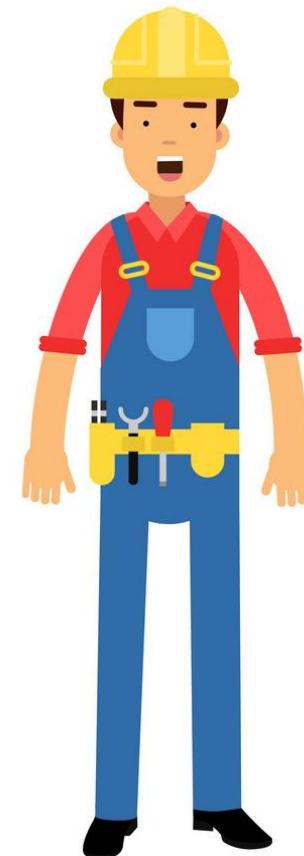
## II.3 IMPLICACIONES DE LA ERGONOMÍA

### Ergonomía

Es la disciplina científica que se ocupa de la comprensión de las interacciones entre los seres humanos y otros elementos de un sistema, y la profesión que aplica teoría, principios, datos y métodos para diseñar con el fin de optimizar el bienestar humano y el rendimiento general del sistema.

Requisitos físicos y riesgos medidos mediante herramientas biomecánicas.

Caminar y estar de pie es una parte esencial de muchos trabajos.



## II.3 IMPLICACIONES DE LA ERGONOMÍA

### Ejemplo

*Ergonomics*, Vol. 48, No. 4, 15 March 2005, 380–398



### **Modulation of mechanical and muscular load by footwear during catering**

U. G. KERSTING\*†, L. JANSSEN‡, H. BÖHM§, G. M. MOREY-KLAPSING¶ and G.-P. BRÜGGEMANN¶

El 70% de los días de baja laboral inducidos por el trabajo se relacionan con traumatismos de la articulación del tobillo o sobrecarga de la pierna, la rodilla y la zona lumbar.

Mayor incidencia en áreas de servicio al aire libre

Investigar la carga biomecánica en la extremidad inferior y la espalda baja durante el servicio de catering cuando se usan diferentes tipos de calzado.

## II.3 IMPLICACIONES DE LA ERGONOMÍA

Ejemplo



16 camareros experimentados

Tres tipos de terreno

Pavimento

Grava

PVC

Three types of footwear

Casual

Neutral

Functional



EMG de superficie: tibial anterior, gastrocnemio medial, peroneo largo

Acelerómetro fijado en la cara tibial anterior de cada pierna

Goniómetro de calzado a medida

Presión plantar en el zapato (99 sensores por plantilla y 50 Hz)

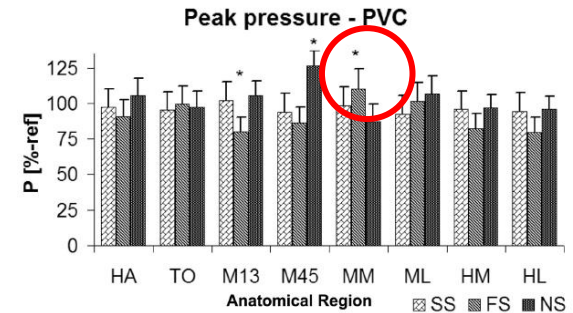
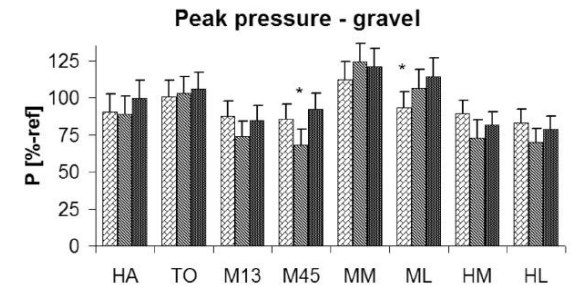
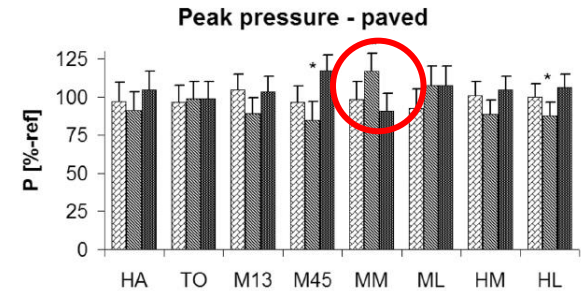
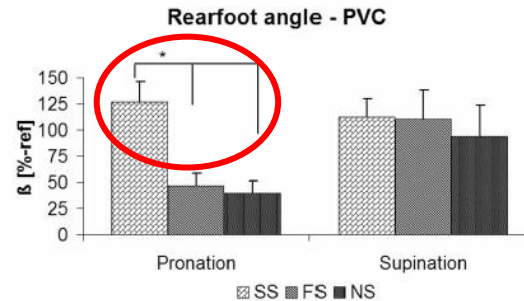
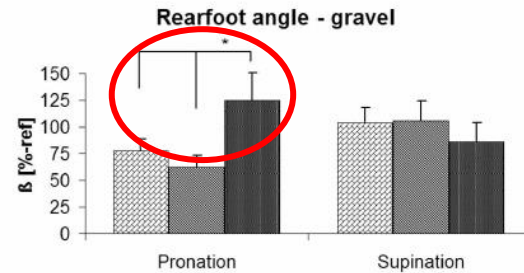
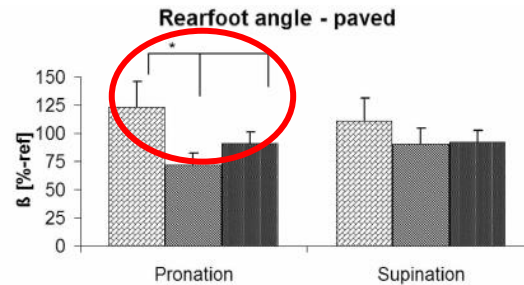
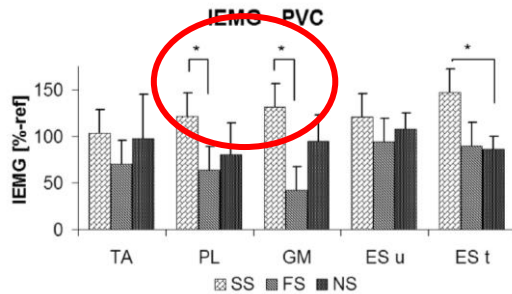
Figura 7 - Instrumentación de Kersting U. et al. 2015

## II.3 IMPLICACIONES DE LA ERGONOMÍA

### Ejemplo

Los zapatos y la superficie tienen un efecto sobre la marcha.

Las diferencias entre calzado aumentan en situaciones críticas



## **D.4 ¿En qué casos y cómo de útil puede ser un análisis biomecánico instrumentado de la marcha?**

# **II. CONTENIDOS**

## **II.4 Análisis biomecánico instrumentado de la marcha como ayuda a la medicina legal**

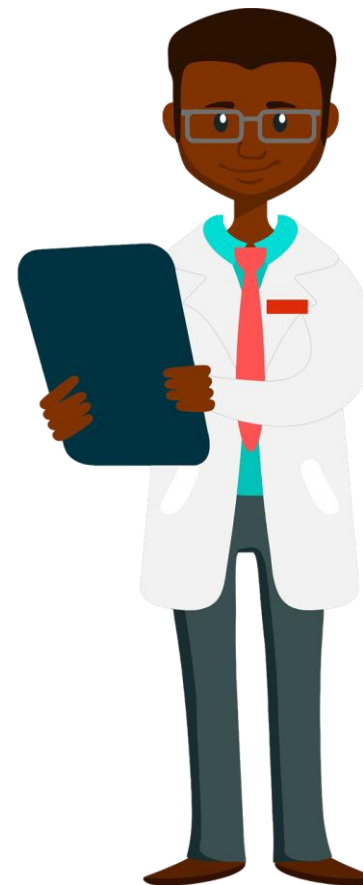
## II.4 ASISTENCIA EN MEDICINA LEGAL

### Malingering

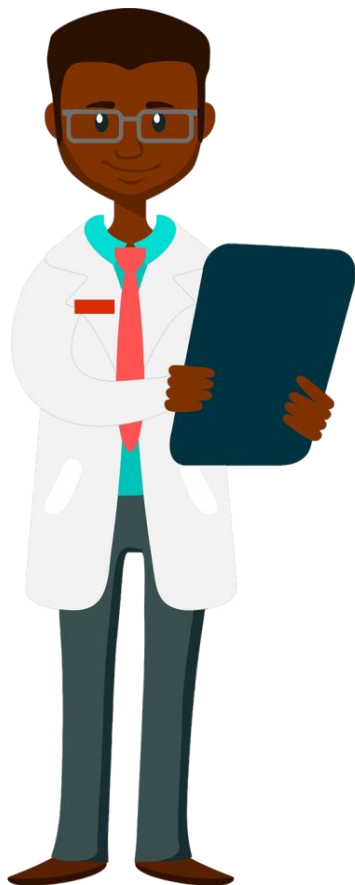
(Falsificación del proceso de enfermedad)

Es la falsificación o exageración profunda de la enfermedad (física o mental) para obtener beneficios externos como evitar el trabajo o la responsabilidad, buscar drogas, evitar juicios (ley), buscar atención, evitar los servicios militares, licencia escolar, licencia remunerada del trabajo, entre otros.

No es un trastorno psiquiátrico!



## II.4 ASISTENCIA EN MEDICINA LEGAL



### Tipos de Malingering

- Enfermedad causada
- Enfermedad presunta
- Enfermedad imitada
- Enfermedad exagerada
- Enfermedad imputada
- Enfermedad disfrazada



## II.4 ASISTENCIA EN MEDICINA LEGAL

### Ejemplo 1



Short communication

Interpreting sources of variation in clinical gait analysis: A case study



Stephanie L. King<sup>a</sup>, Gabor J. Barton<sup>a,\*</sup>, Lakshminarayan R. Ranganath<sup>b</sup>

Discutir las fuentes de las desviaciones de la marcha durante un análisis de la marcha para identificar de manera objetiva la simulación de un paciente..

Desviación de la marcha debido a un error experimental

Una desviación genuina de la marcha es una anomalía fiable

Las desviaciones intencionales o no habituales de la marcha son simuladas por el paciente.

Paciente con osteoartritis grave

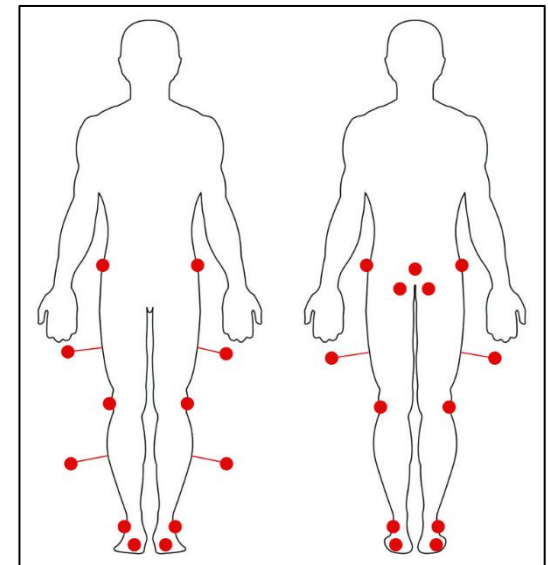


Figura 8 - Configuración del conjunto de marcadores de Helen Hayes

## II.4 ASSISTANCE IN LEGAL MEDICINE

### Ejemplo 1

$$CV = \frac{\sigma}{\mu}$$

CV → coefficient of variation  
 $\sigma$  → standard deviation  
 $\mu$  → mean

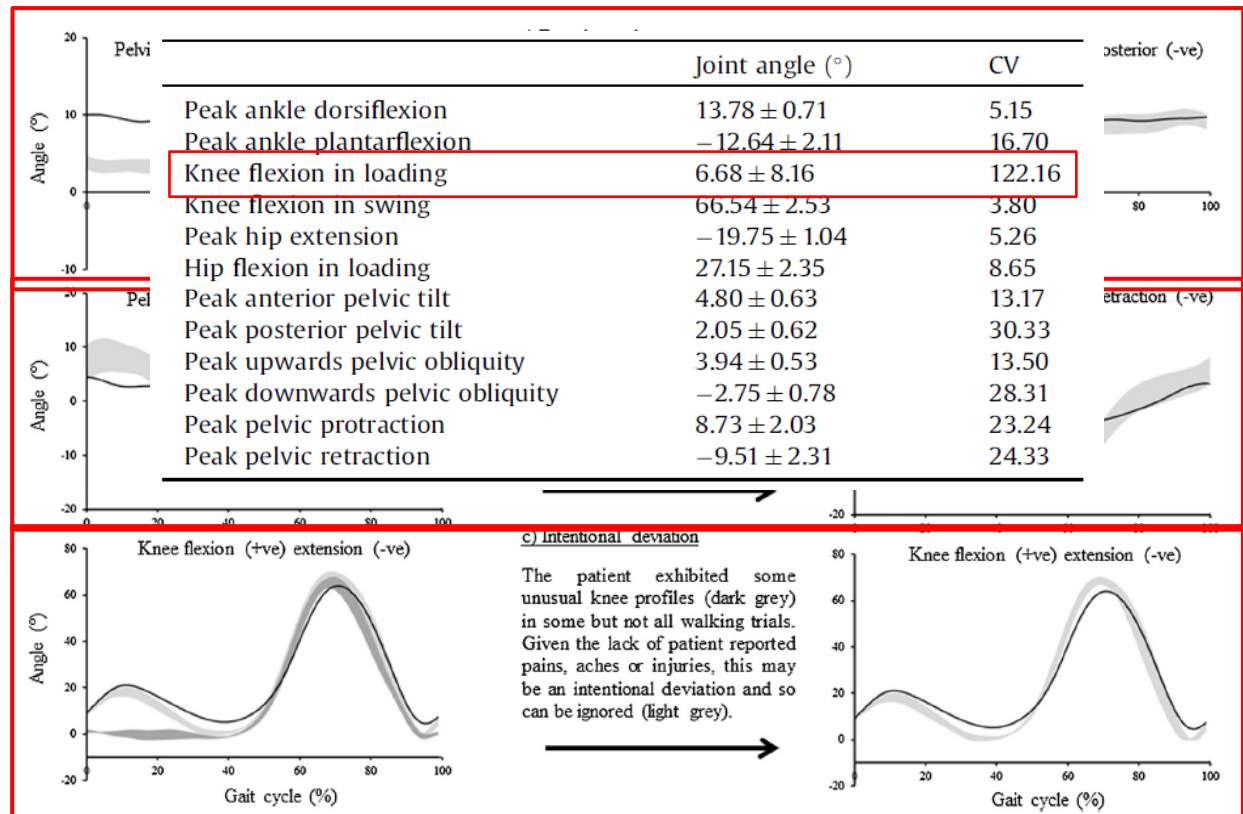


Figura 9 - Resultados de King S. et al. 2017

# Análisis instrumentado de la marcha: aplicación clínica

## III. IDEAS CLAVE

### III. IDEAS CLAVE

- 1) La evaluación biomecánica instrumentada de la marcha es útil en medicina ya que permite caracterizar a la población, apoyar el diagnóstico médico y la toma de decisiones, y evaluar la efectividad de los tratamientos médicos y rehabilitadores de la marcha.
- 2) En el ámbito deportivo, la evaluación biomecánica instrumentada de la marcha nos permite analizar el gesto deportivo, las condiciones de rendimiento que pueden causar lesiones y el impacto de la propia actividad deportiva en la población. Esta información es útil en deportes como la marcha, el senderismo o la marcha nórdica.
- 3) En el área de ergonomía, la evaluación biomecánica instrumentada de la marcha permite analizar el impacto de las condiciones de trabajo en las extremidades inferiores y columna lumbar, pudiendo identificar claramente cambios en la vestimenta del trabajador o en los elementos que rodean el trabajo como el tipo de terreno o las acciones más exigentes.
- 4) Dentro de la medicina legal, la evaluación biomecánica instrumentada de la marcha permite identificar patrones de movimiento anormales e inconsistentes, relacionados con la simulación, que suelen caracterizarse por una gran variabilidad de las repeticiones registradas.

# Análisis instrumentado de la marcha: aplicación clínica

## IV. REFERENCIAS

## IV. REFERENCIAS

- 1) Gnanasundarama S, Ramalingama P, Nath Dasb B, Viswanathanc V. Gait changes in persons with diabetes: Early risk marker for diabetic foot ulcer. *Foot and Ankle Surgery* 26 (2020) 163–168.
- 2) Lofterød B, Terjesen T, Skaaret I, Huse A, Jahnsen R. Preoperative gait analysis has a substantial effect on orthopedic decision making in children with cerebral palsy: Comparison between clinical evaluation and gait analysis in 60 patients. *Acta Orthopaedica* 2007; 78 (1): 74–80.
- 3) Espositoa F, Freddolinie M, Marcuccia M, Latellaa L, Corvia A. Biomechanical analysis on total knee replacement patients during gait: Medial pivot or posterior stabilized design? *Clinical Biomechanics* 78 (2020) 105068.
- 4) Kulshrestha V, Sood M, Kanade S, Kumar S, Datta B, Mittal G. kinemat Early Outcomes of Medial Pivot Total Knee Arthroplasty Compared to Posterior-Stabilized Design: A Randomized Controlled Trial. *Clinics in Orthopedic Surgery* 2020;12:178-186.
- 5) Taborri J, Palermo E, Rossi S. Automatic Detection of Faults in Race Walking: A Comparative Analysis of Machine-Learning Algorithms Fed with Inertial Sensor Data. *Sensors* 2019, 19, 1461.
- 6) Bohne M, Abendroth-Smith J. Effects of Hiking Downhill Using Trekking Poles while Carrying External Loads. *Medicine & Science in Sports & Exercise*: January 2007 - Volume 39 - Issue 1 - p 177-183.

## IV. REFERENCIAS

- 7) Kocur P, Wiernicka M, Wilski M, Kaminska E, Furmaniuk L, Flis Maslowska M, Lewandowski J. Does Nordic walking improve the postural control and gait parameters of women between the age 65 and 74: a randomized trial. *J. Phys. Ther. Sci.* 27: 3733–3737, 2015.
- 8) Baudet A, Morisset C, d’Athis P, Maillefert J, Casillas J, Ornetti P, Laroche D. Cross-Talk Correction Method for Knee Kinematics in Gait Analysis Using Principal Component Analysis (PCA): A New Proposal. *PlosOne*, July 2014. Volume 9, Issue 7. e102098.
- 9) Kersting U, Janshen L, Bohm H, Morey-klapsing G, Bruggemann G. Modulation of mechanical and muscular load by footwear during catering. *Ergonomics*, Vol. 48, No. 4, 15 March 2005, 380 – 398.
- 10) Adam A, Verdú F. La simulación en medicina legal: una relación de casos malingering in legal medicine: a list of cases. *Gac. int. cienc. forense* ISSN 2174-9019. Nº 10. Enero-Marzo, 2014.
- 11) Díaz Salazar C. Simulation and deception in assessing practice. *Med Secur Trab (Internet)* 2014; 60 (235) 379-391.
- 12) King S, Barton G, Ranganath L. Interpreting sources of variation in clinical gait analysis: A case study. *Gait & Posture* 52 (2017) 1–4.



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.

