

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



MODUŁ BIOMECHANIKA CHODU

Jednostka dydaktyczna D: INSTRUMENTALNA  
ANALIZA CHODU

D.4 W jakich przypadkach i w jaki sposób instrumentalna  
analiza biomechaniczna chodu może być przydatna?

## D.4 W jakich przypadkach i w jaki sposób instrumentalna analiza biomechaniczna może być przydatna?

### SPIS TREŚCI

- I. Cele
- II. Treść:
  1. Zastosowanie kliniczne
  2. Przydatność w analizie sportowej
  3. Implikacje ergonomiczne
  4. Pomoc w medycynie prawnej
- III. Kluczowe idee
- IV. Bibliografia

## **D.4 W jakich przypadkach i w jaki sposób instrumentalna analiza biomechaniczna może być przydatna?**

### **I. CELE**

## I. CELE

- 1) Zbadanie klinicznego zastosowania przyrządowej biomechanicznej analizy chodu oraz różnych projektów badawczych, w których jest ona wykorzystywana.
- 2) Określenie zastosowania analizy biomechanicznej chodu w sporcie oraz informacji, jakie dostarcza ona sportowcom i trenerom.
- 3) Zbadanie praktycznego zastosowania w dziedzinie ergonomii i przedstawienie przykładów, w jaki sposób oprzyrządowanie biomechaniczne analizy chodu może poprawić warunki pracy.
- 4) Zbadanie zastosowania analizy biomechanicznej chodu w medycynie pracy, gdzie dysfunkcja musi być scharakteryzowana w celu określenia stopnia niezdolności do pracy lub rekompensaty finansowej.

## **D.4 W jakich przypadkach i w jaki sposób instrumentalna analiza biomechaniczna może być przydatna?**

# **II. SPIS TREŚCI**

## **1 Kliniczne zastosowanie biomechanicznej analizy chodu za pomocą przyrządów.**

## II.1 ZASTOSOWANIE KLINICZNE

Jakie jest zastosowanie instrumentalnej analizy chodu w praktyce medycznej?



Aby scharakteryzować populację

Aby wesprzeć diagnozę medyczną

Ocena skuteczności leczenia medycznego i rehabilitacji ruchowej

## II.1 ZASTOSOWANIE KLINICZNE

### *Analiza chodu za pomocą przyrządów w celu scharakteryzowania populacji*



Analiza chodu za pomocą przyrządów w celu scharakteryzowania populacji

Jak rozwija się chód w trakcie patologii?

Jakie wartości normalności powinniśmy osiągnąć stosując terapię chodu?

## II.1 ZASTOSOWANIE KLINICZNE

### *Analiza chodu za pomocą przyrządów w celu scharakteryzowania populacji*

Przykład

Cukrzyca



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>



Neuropatia obwodowa

Naczyniaki

Deformacje stóp

Owrzodzenie stopy

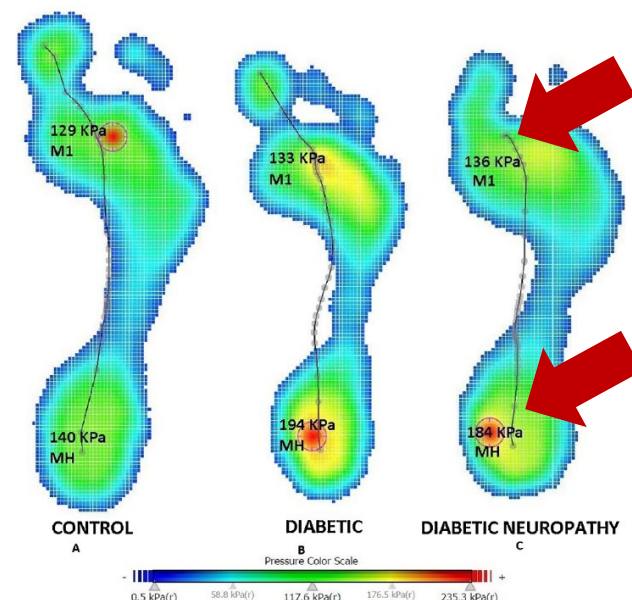
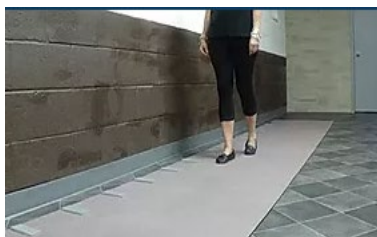


## II.1 ZASTOSOWANIE KLINICZNE

### *Analiza chodu za pomocą przyrządów w celu scharakteryzowania populacji*

#### Przykład

Jaki jest dynamiczny profil nacisku na stopę u osób z cukrzycą bez neuropatii i z neuropatią cukrzycową w porównaniu z grupą kontrolną?



Rysunek 1 - przykład oprzyrządowanego chodnika (GAITrite) i wyniki dotyczące powierzchni kontaktu stopy z podłożem podczas chodzenia (Gnanasundaram et al. 2020)

## II.1 ZASTOSOWANIE KLINICZNE

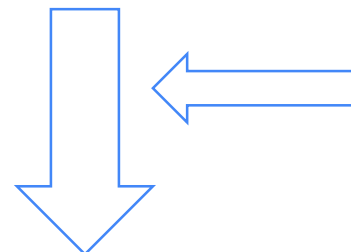
### *Instrumentalna analiza chodu w diagnostyce medycznej i podejmowaniu decyzji*

Jak powinienem interweniować u mojego pacjenta?

Potrzebuję analizy jego chodu!



Diagnoza



Informacje dodatkowe

Leczenie medyczne

## II.1 ZASTOSOWANIE KLINICZNE

### *Instrumentalna analiza chodu w diagnostyce medycznej i podejmowaniu decyzji*

74

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

#### Przykład

60 dzieci w wieku od 4 do 18 lat z mózgowym porażeniem dziecięcym



Mieli nakreślony konkretny plan chirurgiczny



Trójwymiarowa analiza kinematyczna i kinetyczna



Jak zmienił się plan operacyjny po przeprowadzeniu analizy chodu?

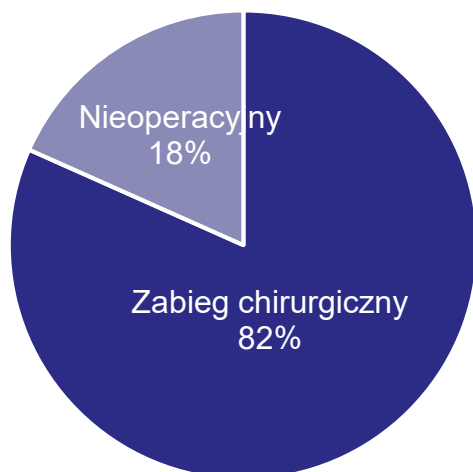
Bjørn Lofterød<sup>1</sup>, Terje Terjesen<sup>2</sup>, Ingrid Skaaret<sup>1</sup>, Ann-Britt Huse<sup>1</sup> and Reidun Jahnsen<sup>1</sup>

## II.1 ZASTOSOWANIE KLINICZNE

### *Instrumentalna analiza chodu w diagnostyce medycznej i podejmowaniu decyzji*

Przykład

Zmiany po analizie chodu



Uczestnicy 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%

Rysunek 2 - Wyniki z Lofterød et al. 2015

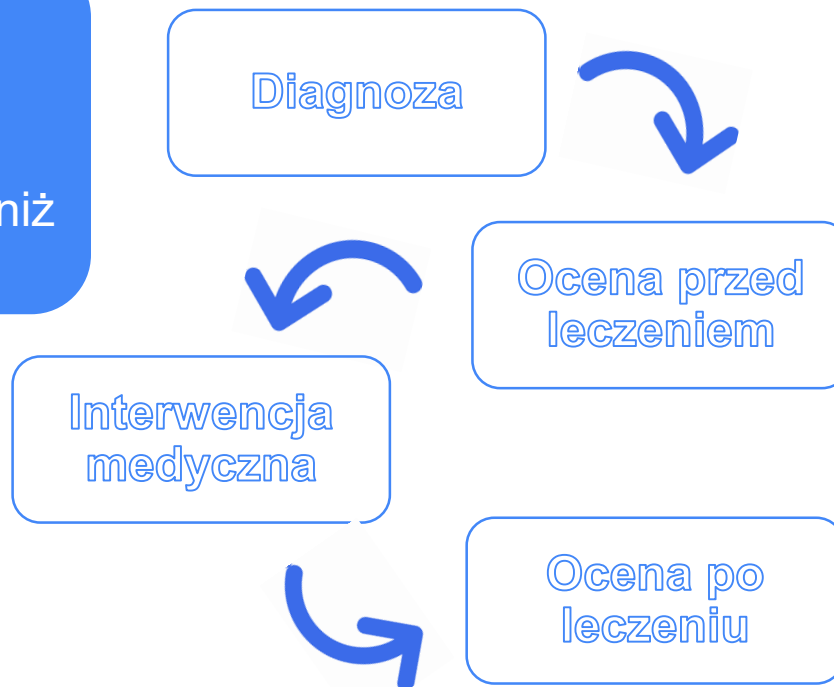
## II.1 ZASTOSOWANIE KLINICZNE

### *Instrumentalna analiza chodu w celu oceny skuteczności leczenia*



Jak skuteczne jest moje leczenie?

Czy leczenie A jest bardziej skuteczne niż leczenie B?



## II.1 ZASTOSOWANIE KLINICZNE

### *Instrumentalna analiza chodu w celu oceny skuteczności leczenia*

Przykład



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Clinical Biomechanics

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

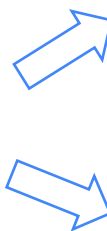


Biomechanical analysis on total knee replacement patients during gait:  
Medial pivot or posterior stabilized design?

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>



Analiza chodu za pomocą przyrządów



Analiza chodu za pomocą przyrządów

## II.1 ZASTOSOWANIE KLINICZNE

### *Instrumentalna analiza chodu w celu oceny skuteczności leczenia*

#### Przykład

Obie protezy powodowały zmniejszenie prędkości chodu, skrócenie długości kroku i wydłużenie czasu stania w stosunku do grupy kontrolnej.

Redukcja zgięcia i momentu zginającego kolana u pacjentów z mechanizmem Medial Pivot.

U pacjentów Medial Pivot obserwowano przedłużoną aktywność mięśniową mięśnia prostego udowego w porównaniu do pacjentów Posterior Stabilized.

Proteza Medial Pivot, powoduje mniej sztywny układ kolana niż proteza Posterior Stabilized i wydaje się lepiej odtwarzać fizjologiczny ruch kłykci jako parametry chodu.

## **D.4 W jakich przypadkach i w jaki sposób instrumentalna analiza biomechaniczna może być przydatna?**

# **II. SPIS TREŚCI**

## **II.2. Przydatność biomechanicznej analizy chodu z wykorzystaniem przyrządów w naukach sportowych**



## II.2 PRZYDATNOŚĆ W NAUKACH SPORTOWYCH

Jakie jest zastosowanie instrumentalnej analizy chodu w naukach sportowych?



Analiza gestu sportowego

Zapobieganie urazom

Efektywność aktywności fizycznej i sportu

## II.2 PRZYDATNOŚĆ W NAUKACH SPORTOWYCH

### *Analiza chodu w gestach sportowych*



Rysunek 3 - Wyścigowe wydarzenie. Zdjęcie z The New York Times.

Dyscyplina długodystansowa w sporcie lekkoatletycznym

Jedna noga musi być w kontakcie z podłożem

kolano musi być w pełni rozciągnięte od pierwszego kontaktu z podłożem do "pionowej pozycji wyprostowanej".

## II.2 PRZYDATNOŚĆ W NAUKACH SPORTOWYCH




### *Analiza chodu w gestach sportowych*

Przykład



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>

Określenie najlepiej działających klasyfikatorów do automatycznego i obiektywnego wykrywania nielegalnych kroków na podstawie analizy chodu z wykorzystaniem czujników inercyjnych.



Rysunek 4 - Umieszczenie IMU (pomarańczowe sondy) na sportowcu podczas procedury eksperymentalnej. Obraz z Taborri et al. 2018.

## II.2 PRZYDATNOŚĆ W NAUKACH SPORTOWYCH

### Analiza chodu w gestach sportowych

Przykład



Kontrola poprzez obserwację

Utrata kontaktu



Knee-bent

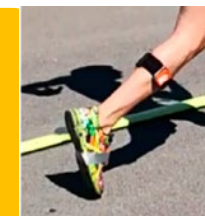


Prawidłowy chód

Utrata kontaktu

Zgięcie kolan

Przyspieszenie liniowe



## II.2 PRZYDATNOŚĆ W NAUKACH SPORTOWYCH

### *Analiza chodu w celu zbadania warunków urazu*

Przykład

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

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

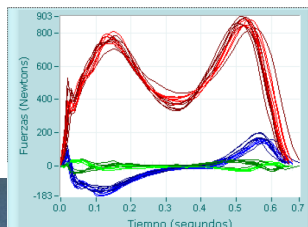
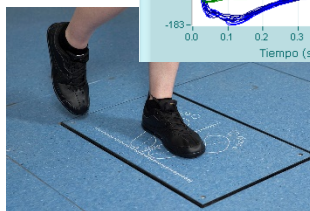
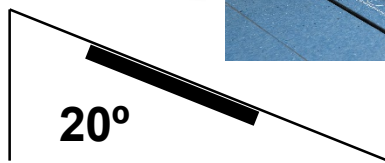
<sup>1</sup>Western Illinois University, Macomb, IL; and <sup>2</sup>Willamette University, Salem, OR



## II.2 PRZYDATNOŚĆ W NAUKACH SPORTOWYCH

### Analiza chodu w celu zbadania warunków urazu

Przykład



Z kijkami: redukcja momentów w każdym z połączeń

Z kijkami: zmniejszenie absorpcji energii dla kostki i kolana.

Pakiety skutkowały jedynie większą generacją mocy na biodrze.

Z kijkami

Bez kijków

Bez opakowania

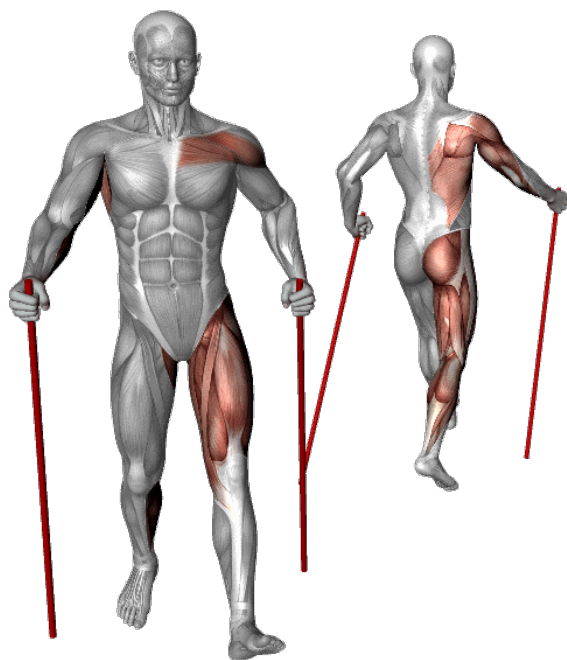
Opakowanie 15% BW

Opakowanie 30% BW

## II.2 PRZYDATNOŚĆ W NAUKACH SPORTOWYCH

### *Analiza chodu w celu oceny efektywności aktywności fizycznej i sportu*

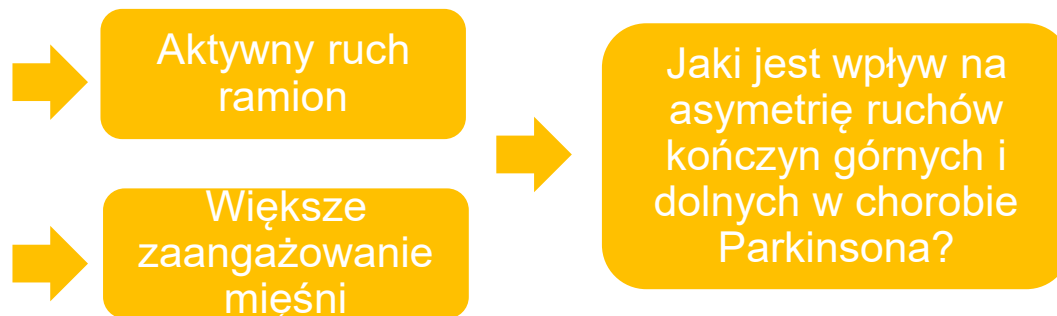
Przykład



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>



Ryc. 5 - Animacja zaangażowania mięśni w rozwój Nordic Walking (zdjęcie ze strony <http://b.nw.free.fr>)

## II.2 PRZYDATNOŚĆ W NAUKACH SPORTOWYCH

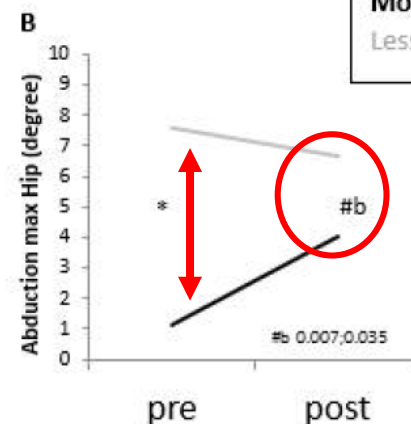
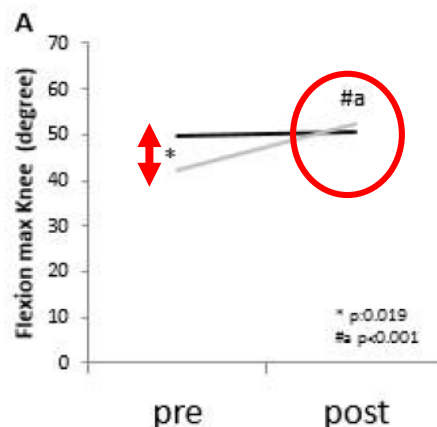
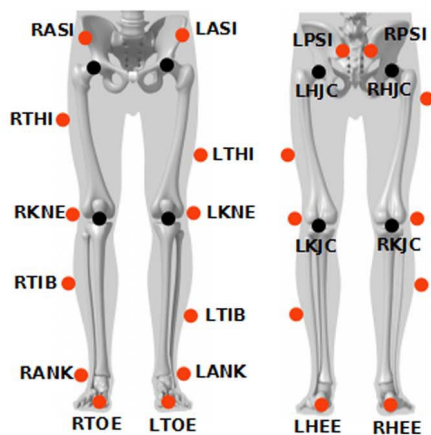
### *Analiza chodu w celu oceny efektywności aktywności fizycznej i sportu*

Przykład

14 uczestników

11 tygodni / dwie cotygodniowe sesje NW

System analizy ruchu 3D



More Affected  
Less Affected

Rysunek 6 - Plug-in-Gait Full-Body z trzydziestoma pięcioma landmarkerami. (Obraz z Baudet et al. 2014)

Rysunek 7 - Wyniki z Kocur et al. 2019



## **D.4 W jakich przypadkach i w jaki sposób instrumentalna analiza biomechaniczna może być przydatna?**

# **II. SPIS TREŚCI**

## **II.3 Ergonomiczne implikacje analizy chodu z użyciem przyrządów biomechanicznych**

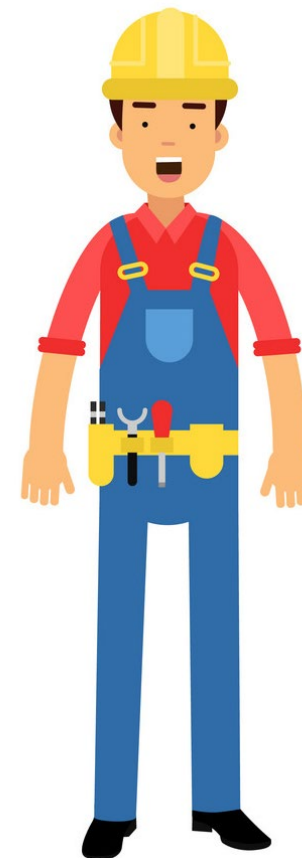
## II.3 WPŁYW NA ERGONOMIĘ

### Ergonomia

Jest dyscypliną naukową zajmującą się zrozumieniem interakcji pomiędzy ludźmi i innymi elementami systemu, a także zawodem, który stosuje teorię, zasady, dane i metody do projektowania w celu optymalizacji dobrostanu człowieka i ogólnej wydajności systemu.

Wymagania fizyczne i ryzyko mierzone za pomocą narzędzi biomechanicznych.

Chodzenie i stanie jest istotną częścią wielu zawodów.



## II.3 WPŁYW NA ERGONOMIĘ

### Przykład

*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¶

70% spowodowanych pracą dni wolnych od pracy dotyczy urazów stawu skokowego lub przeciążenia nogi, kolana i dolnej części pleców.

Zwiększona częstotliwość występowania w obszarach usługowych na zewnątrz budynków

Zbadanie obciążenia biomechanicznego kończyn dolnych i dolnej części pleców podczas świadczenia usług cateringowych w różnych typach obuwia.

## II.3 WPŁYW NA ERGONOMIĘ

### Przykład



16 doświadczonych kelnerów

### Trzy rodzaje podłoża

wybrukowana

żwir

PVC

### Trzy rodzaje obuwia

Zwykłe

Neutralne

Funkcjonalne



Rysunek 7 - Oprzyrządowanie z Kersting U. et al. 2015

Powierzchniowe EMG

Przyspieszeniometer zamocowany w przedniej części piszczele każdej nogi

Wykonany na zamówienie goniometr wewnątrz buta

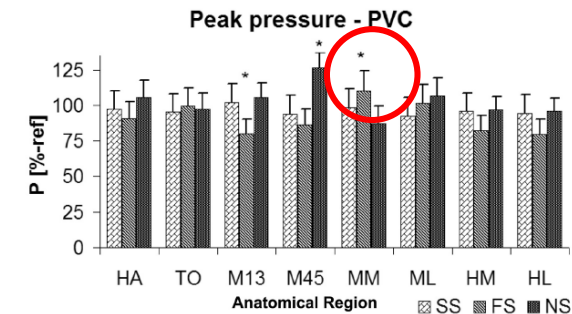
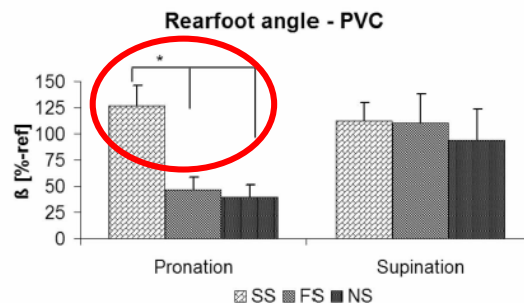
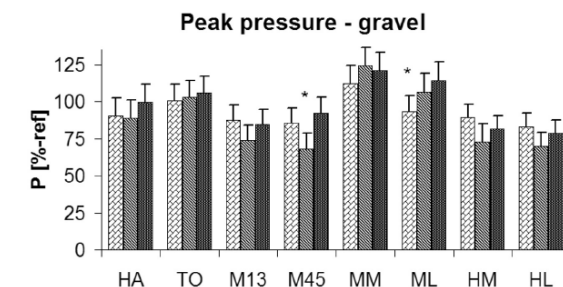
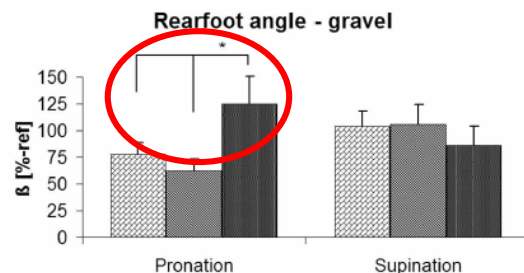
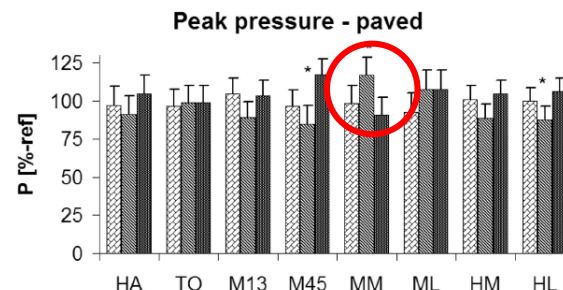
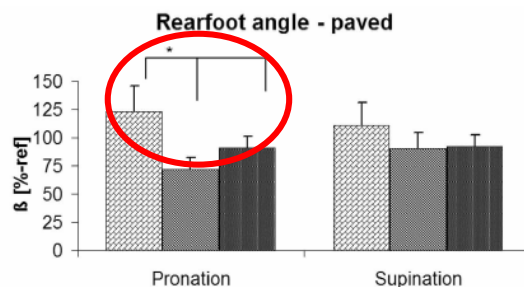
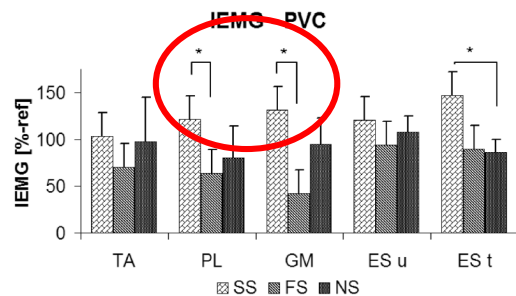
Nacisk na stopę w bucie (99 czujników na wkładkę i 50 Hz)

## II.3 WPŁYW NA ERGONOMIĘ

Przykład

Buty i nawierzchnia mają wpływ na chód

Różnice między obuwiem zwiększają się w sytuacjach krytycznych



## **D.4 W jakich przypadkach i w jaki sposób instrumentalna analiza biomechaniczna może być przydatna?**

# **II. SPIS TREŚCI**

## **II.4. biomechaniczna analiza chodu z wykorzystaniem przyrządów wspomagających medycynę sądową**

## II.4 POMOC W ZAKRESIE MEDYCyny PRACY

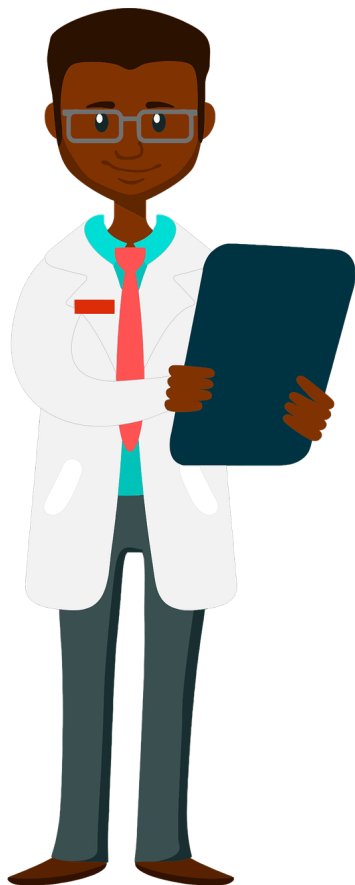
### Symulowanie

Jest to fałszowanie lub głębokie wyolbrzymianie choroby (fizycznej lub psychicznej) w celu uzyskania zewnętrznych korzyści, takich jak unikanie pracy lub odpowiedzialności, poszukiwanie narkotyków, unikanie procesu (prawa), poszukiwanie uwagi, unikanie służby wojskowej, zwolnienie ze szkoły, płatne zwolnienie z pracy, między innymi.

Nie jest zaburzeniem psychiatrycznym!



## II.4 POMOC W ZAKRESIE MEDYCYNY PRACY



Sposoby symulowania

- Spowodowana choroba
- Domniemana choroba
- Choroba uśpiona
- Wyolbrzymiona choroba
- Przypisana choroba
- Ukryta choroba



## II.4 POMOC W ZAKRESIE MEDYCZYNY PRACY

### Przykład 1



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Gait & Posture

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



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>

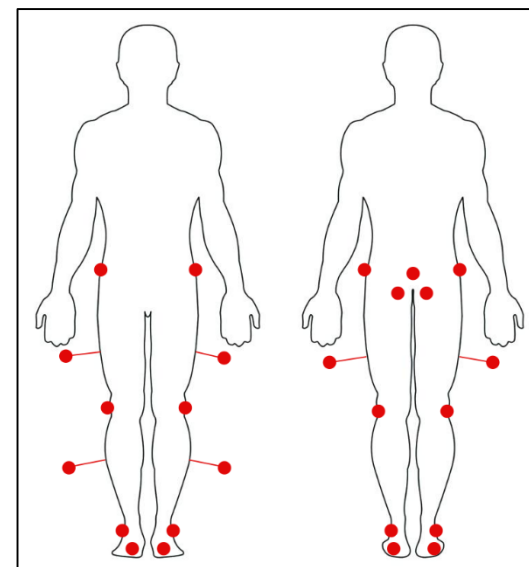
Omówienie źródeł odchyżeń chodu podczas analizy chodu w celu obiektywnej identyfikacji symulacji u pacjenta.

Odchylenie chodu spowodowane błędem eksperymentalnym

Prawdziwe odchylenie chodu jest godną zaufania nieprawidłowością

Pacjent symuluje zamierzone lub nie nawykowe odchylenia chodu

Pacjent z ciężką chorobą zwyrodnieniową stawów



Rysunek - Konfiguracja zestawu markera Helen Hayes

## II.4 POMOC W ZAKRESIE MEDYCYNY PRACY

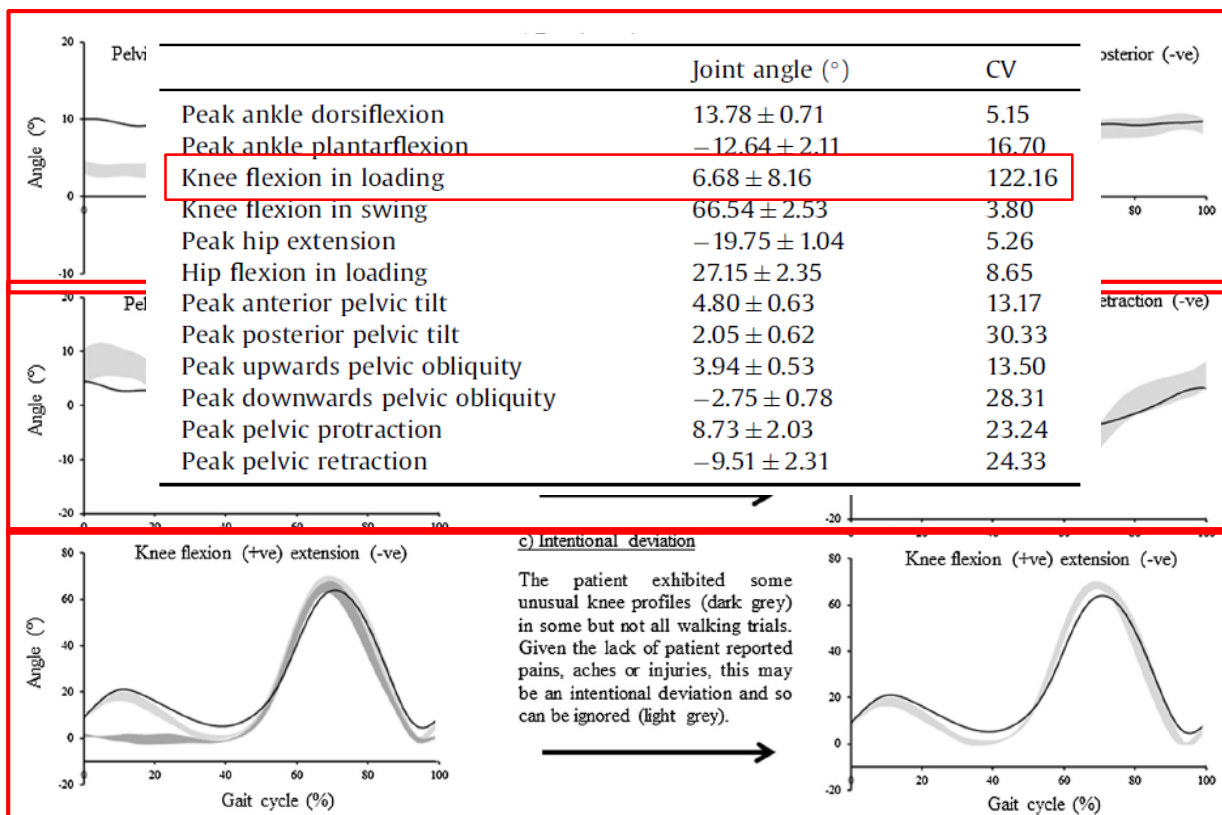
### Przykład 1

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

CV → coefficient of variation

$\sigma$  → standard deviation

$\mu$  → mean



Rysunek - Wyniki z King S. et al. 2017

# Przyrządowa analiza chodu - zastosowanie kliniczne

## III. KLUCZOWE IDEE

### III. KLUCZOWE IDEE

- 1) Oprzyrządowana biomechaniczna ocena chodu jest przydatna w medycynie, ponieważ pozwala na scharakteryzowanie populacji, wsparcie diagnostyki medycznej i procesu podejmowania decyzji oraz ocenę skuteczności medycznych i rehabilitacyjnych metod leczenia chodu.
- 2) W dziedzinie sportu, oprzyrządowana biomechaniczna ocena chodu pozwala na analizę gestów sportowych, warunków wykonania, które mogą powodować kontuzje oraz wpływu samej aktywności sportowej na populację. Informacje te są przydatne w takich sportach jak chód sportowy, turystyka piesza czy nordic walking.
- 3) W dziedzinie ergonomii, oprzyrządowana biomechaniczna ocena chodu pozwala na analizę wpływu warunków pracy na kończyny dolne i kręgosłup lędźwiowy, umożliwiając wyraźną identyfikację zmian w ubiorze pracownika lub w elementach towarzyszących pracy, takich jak rodzaj podłoża lub najbardziej wymagające czynności.
- 4) W ramach medycyny prawnej, instrumentalna biomechaniczna ocena chodu pozwala na identyfikację nieprawidłowych i niespójnych wzorców ruchowych, związanych z symulacją, które zazwyczaj charakteryzują się dużą zmiennością rejestrowanych powtórzeń.

# Przyrządowa analiza chodu - zastosowanie kliniczne

## IV. BIBLIOGRAFIA

## IV. BIBLIOGRAFIA

- 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. BIBLIOGRAFIA

- 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 Segur 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.



Wsparcie Komisji Europejskiej dla produkcji tej publikacji nie stanowi poparcia dla treści, które odzwierciedlają jedynie poglądy autorów, a Komisja nie może zostać pociągnięta do odpowiedzialności za jakiekolwiek wykorzystanie informacji w niej zawartych.

