

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: ANALIZA INSTRUMENTALNA CHODU

D.3 Interpretacja biomechanicznej analizy chodu w przypadkach patologicznych



D.3 Jak interpretować raport z analizy instrumentalnej biomechaniki w przypadku patologii chodu?

I. Cele

II. Biomechaniczne zaburzenia chodu u osób po wymianie stawów

III. Biomechaniczne zmiany chodu u osób po udarze mózgu

IV. Kluczowe idee

V. Bibliografia

D.3 Jak interpretować raport z analizy instrumentalnej biomechaniki w przypadku patologii chodu?

I. Cele



I. Cele

1. Poznanie zaburzeń chodu poprzez ocenę biomechaniczną w różnych patologiach.

2. Określenie, co oznaczają zmiany parametrów biomechanicznych chodu w różnych patologiach.

3. Rozpoznanie zmienionego wzorca chodu poprzez techniki oceny biomechanicznej.

D.3 Jak interpretować raport z analizy instrumentalnej biomechaniki w przypadku patologii chodu?

II. Biomechaniczne upośledzenie chodu u osób po wymianie stawów

II. BIOMECHANICZNE UPOŚLEDZENIE CHODU PRZY WYMIANIE STAWÓW



- Zarówno choroba zwyrodnieniowa stawów kończyn dolnych, jak i wymiana stawów, która jest wykonywana w celu zapewnienia terapeutycznej odpowiedzi na uszkodzenie stawów, mogą w różny sposób wpływać na chód pacjentów.

Rycina 1 - Przykład wymiany kończyny dolnej w zakresie biodra i kolana.

II. BIOMECHANICZNE UPOŚLEDZENIE CHODU PRZY WYMIANIE STAWÓW

Parametr przestrzenno-czasowy

Czy wartości rejestrowane u pacjentów są podobne do wartości rejestrowanych u zdrowych uczestników?

II. BIOMECHANICZNE UPOŚLEDZENIE CHODU PRZY WYMIANIE STAWÓW

Parametr przestrzenno-czasowy

Tabela 1: Przestrzenno-czasowe wyniki analizy chodu u pacjentów z wymianą stawu.

| Wymiana stawu biodrowego | | | Wymiana stawu kolanowego | |
|--|--|--------------------------------------|--|---------------------|
| | Pacjent | Grupa kontrolna | Pacjent | Grupa kontrolna |
| Prędkość (m/s) | 0.70, 0.92 ¹ | 1.31, 1.34 ¹ | 1.01, 1.05 ³ 0.74, 0.77 ⁵ | 1.04 ⁵ |
| Długość kroku (m) - Stride length (m) | 1.3 ² 0.97, 1 m ⁵ | 1.5 ² 1.2 ⁵ | 1.18, 1.20 m ³ 0.90, 0.75 ⁶ | 1.16 ⁶ |
| Długość kroku (m) - Step length (m) | 0.47, 0.49 ⁵ | 0.52 ⁵ | 0.45, 0.54 ⁴ | - |
| Kadencja (kroki/min) | 91.3, 93.9 | 103.2 | 102.19, 105.19 ³ 99.25, 93.96 ⁶ | 100.21 ⁶ |

Tabela 1 - Spatiotemporalne wartości chodu dla całkowitej wymiany stawu biodrowego oraz całkowitej i jednoramiennej artroplastyki stawu kolanowego. 1Ewen A. et al. 2012. 2Beaulieu M. et al. 2010. 3Hyodo K. et al. 2020. 4Agarwal A. et al. 2019. 5Temporiti F. et al. 2019. 6Temporiti F. et al. 2019.

II. BIOMECHANICAL GAIT IMPAIRMENT IN JOINT REPLACEMENT

Parametr kinematyczny: wymiana stawu biodrowego

Morfologia krzywej kinematycznej

Czy u pacjentów występuje taka sama krzywa ruchów stawu jak u zdrowych osób?

Zakres ruchu i wartość szczytowa

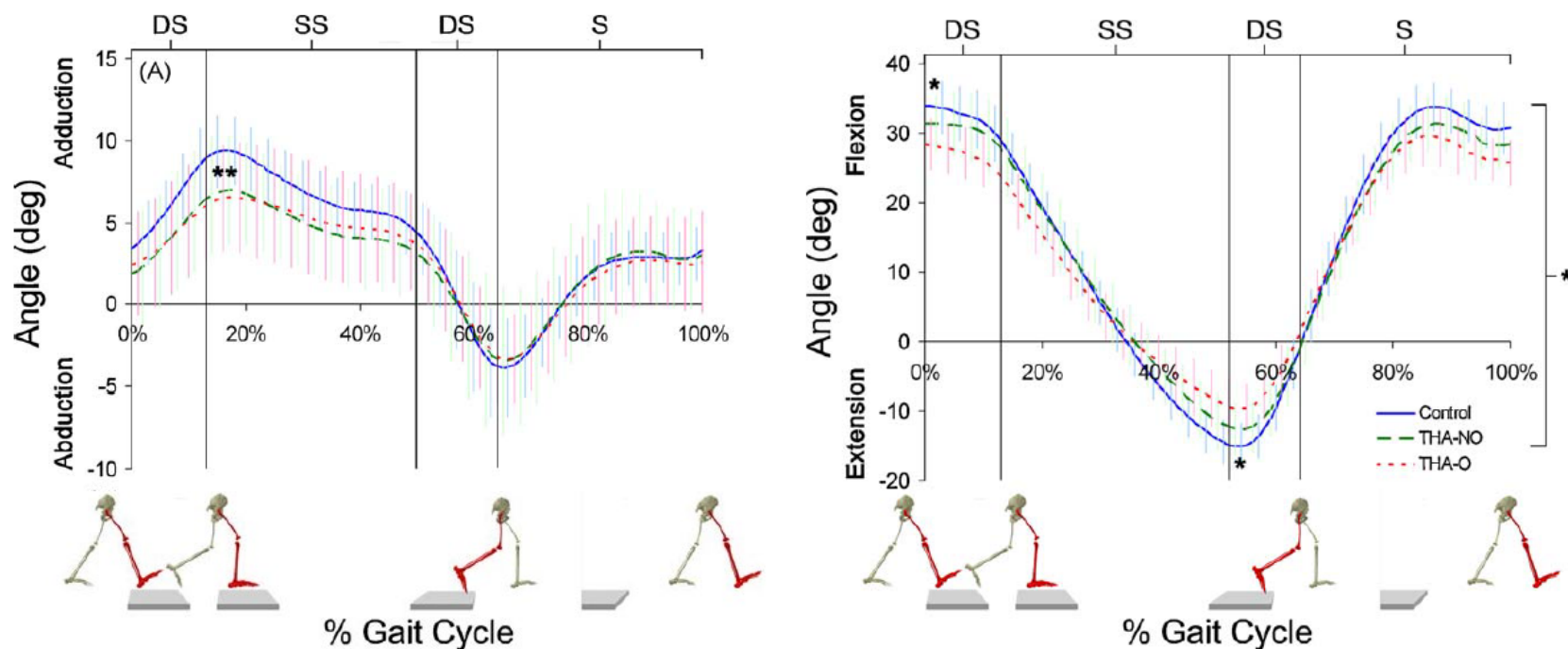
Czy pacjenci wykonują taki sam zakres ruchów jak osoby zdrowe?
Czy pacjenci osiągają szczytowe wartości ruchu stawu takie same jak zdrowe osoby?

Prędkość kątowna

Czy pacjenci poruszają się z taką samą prędkością jak zdrowe osoby?

II. BIOMECHANICZNE UPOŚLEDZENIE CHODU PRZY WYMIANIE STAWÓW

Parametr kinematyczny: wymiana stawu biodrowego



Ryc. 2 - Ruch przywodzenia/addukcji i zgięcia/wyprostu biodra z badania Beaulieu M. et al. 2010.

II. BIOMECHANICZNE UPOŚLEDZENIE CHODU PRZY WYMIANIE STAWÓW

Parametr kinematyczny: wymiana stawu biodrowego

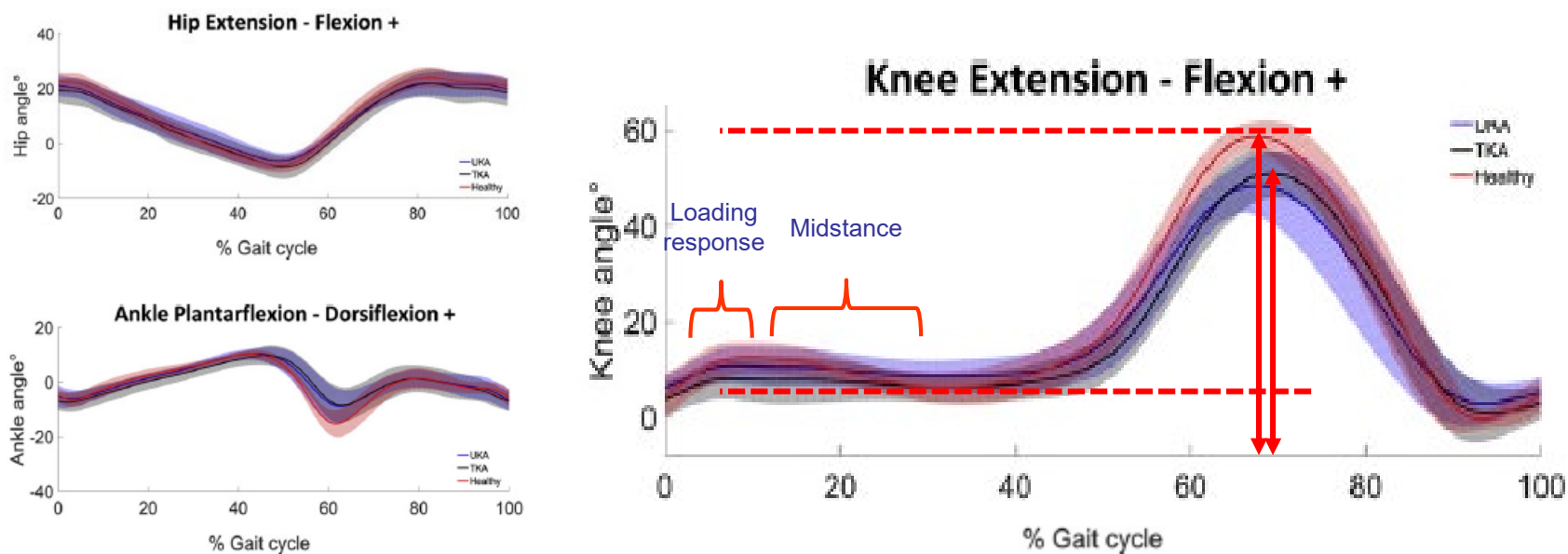
Tabela 2: Parametry kinematyczne podczas cyklu chodu u pacjentów z protezą stawu biodrowego

| | Pacjent | Grupa kontrolna |
|----------------------------|---|---|
| Flexion-extension ROM (°) | 23.1° to 40.7° ¹ 40.7° ² | 31° to 51° ¹ 51.0° ² |
| Flexion Peak (°) | 28.4° ² | 33.9° ² |
| Extension Peak (°) | -10.1° ² | -15.1° ² |
| Adduction Peak (°) | 7.6° ² | 9.8° ² |
| External rotation Peak (°) | 0.6° ² | -3.5° ² |

Tabela 2 - wartości chodu kinematycznego dla całkowitej wymiany stawu biodrowego. 1Ewen A. et al. 2012. 2Beaulieu M. i wsp. 2010.

II. BIOMECHANICAL GAIT IMPAIRMENT IN JOINT REPLACEMENT

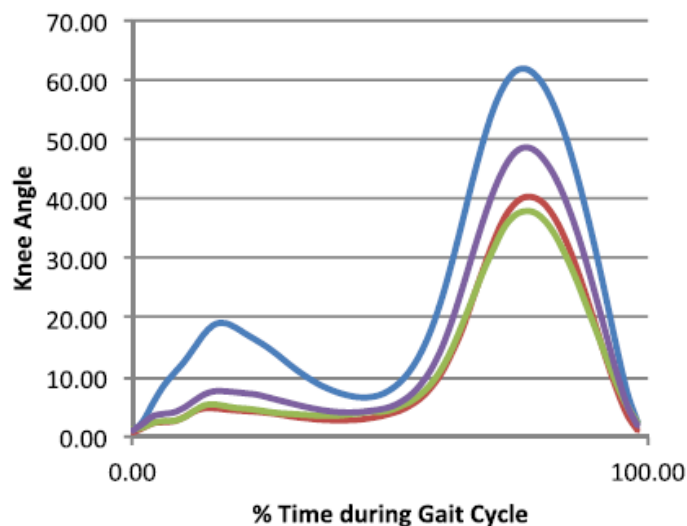
Parametr kinematyczny: wymiana stawu biodrowego



Ryc. 3. Ruch w płaszczyźnie strzałkowej dla stawu biodrowego, skokowego i kolanowego po roku od całkowitej artroplastyki kolana (TKA) i unicondylarnej artroplastyki kolana (UKA) w porównaniu z osobami zdrowymi. De Vroey H. et al. 2019.

II. BIOMECHANICZNE UPOŚLEDZENIE CHODU PRZY WYMIANIE STAWÓW

Parametr kinematyczny: wymiana stawu biodrowego



Ryc. 4. Pacjenci po całkowitej artroplastyce kolana przed operacją oraz w 8- i 52-tygodniowym okresie pooperacyjnym. Rahman J. et al. 2015.

Tabela 3: Parametry kinematyczne podczas cyklu chodu u pacjentów z protezą stawu biodrowego

| | Pacjent | Grupa kontrolna |
|--|---|--|
| Flexion-extension ROM (°) | 23.1° to 40.7° ¹ 49.3, 56.1 ² 41.49, 46.58 ⁴ | 31° to 51° ¹ 60.7 ² |
| Flexion Peak during loading response (°) | 10.8, 17.8 ² 10.98, 6.86 ³ | 19.0 ² 13.43 ³ |
| Flexion Peak during swing (°) | 47.3, 55.6 ² 49.82, 47.56 ³ 47.92, 51.01 ⁴ | 61.7 ² 59.87 ³ |
| Extension Peak (°) | -0.7, 0.1 ² 7.63, 5.31 ³ 7.17, 3.96 ⁴ | 2.2 ² 6.12 ³ |

Tabela 3 - wartości chodu kinematycznego dla protez stawu kolanowego. 1Ewen A. i wsp. 2012. 2Esposito F. et al. 2020. 3De Vroey H. 2019. 4Coll A. et al. 2019.

II. BIOMECHANICAL GAIT IMPAIRMENT IN JOINT REPLACEMENT

Parametr kinematyczny: wymiana stawu biodrowego

Morfologia krzywej siły reakcji podłoża

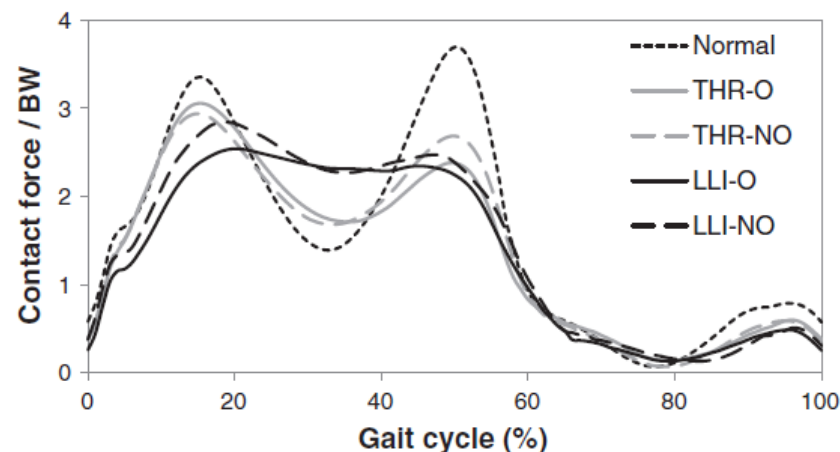
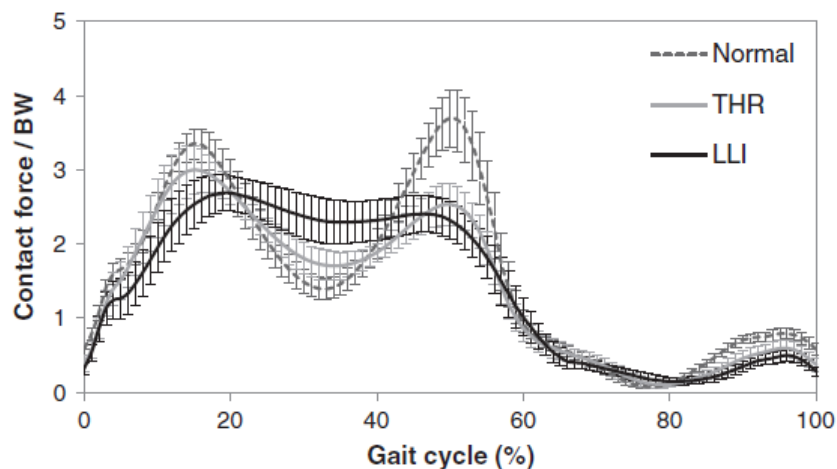
Czy pacjenci wykazują krzywą siły reakcji podłoża o takiej samej morfologii jak osoby zdrowe?

Wartości sił reakcji podłoża

Czy pacjenci osiągają takie same wartości siły reakcji podłoża co osoby zdrowe?

II. BIOMECHANICZNE UPOŚLEDZENIE CHODU PRZY WYMIANIE STAWÓW

Parametr kinematyczny: wymiana stawu biodrowego



Ryc. 5 - Pionowa siła reakcji podłoża podczas cyklu chodu osób z całkowitą wymianą stawu biodrowego (THR), z całkowitą wymianą stawu biodrowego i nierównością długości (LLI) oraz zdrowych osób z grupy kontrolnej. Po prawej stronie: Siła pionowa dla pacjentów z LLI w porównaniu do osób zdrowych i pacjentów z THR. Po lewej: Siła pionowa lub kończyny operowanej (O) i nieoperowanej (NO) u osób z LLI i THR. Wyniki za Li J. i wsp. 2015. Przetłumaczono z www.DeepL.com/Translator (wersja darmowa)

II. BIOMECHANICAL GAIT IMPAIRMENT IN JOINT REPLACEMENT

Parametr kinetyki - nacisk na stopę

Maksymalne wartości nacisku na stopę

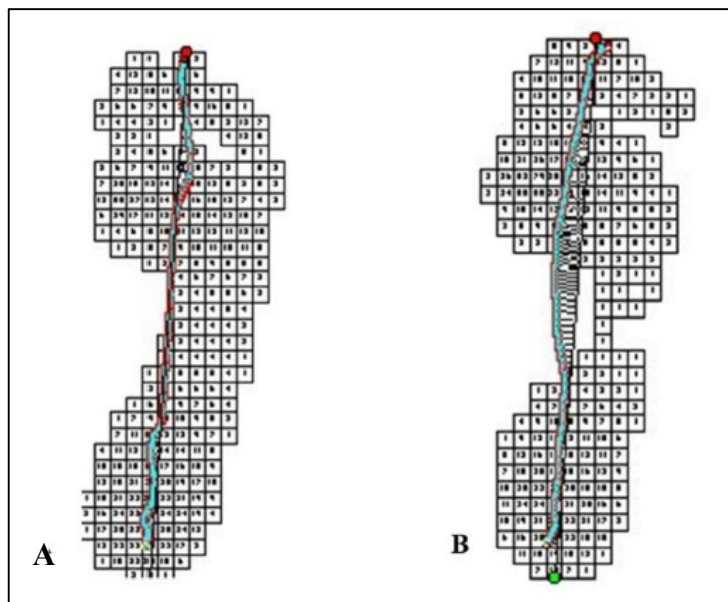
Czy pacjenci wykonują takie same naciski na stopę podczas chodu jak osoby zdrowe?

Wzór środka nacisku

Czy przesunięcie środka nacisku stopy u chorych ma podobny przebieg jak u osób zdrowych?

II. BIOMECHANICZNE UPOŚLEDZENIE CHODU PRZY WYMIANIE STAWÓW

Parametr kinetyki - nacisk na stopę



Czas fazy stania:

Przed zabiegiem: 987 ms

Po operacji: 801,5 ms

Średnie całkowite ciśnienie podeszwowe:

Przed zabiegiem: 1257,75 N / cm²

Po operacji: 1436,0 N / cm²

COP:

Przed zabiegiem: lokalizacja boczna

Po zabiegu: lokalizacja przyśrodkowa

Rysunek 6 -. Krzywa przedstawia średnią ewolucję przestrzenną COP podczas całej fazy postawy chodu przed (a) i po (b) całkowitej alloplastyce stawu kolanowego u tego samego pacjenta.

II. BIOMECHANICAL GAIT IMPAIRMENT IN JOINT REPLACEMENT

Rozumowanie kliniczne

Czy pacjenci chodzą wolniej z powodu bólu? Czy może boją się chodzić normalnie z protezą?

Czy pacjenci mają mniejszy zakres ruchu w stawie z powodu właściwości protezy? Czy też z powodu deficytu mięśni po operacji? Czy też z powodu bólu?

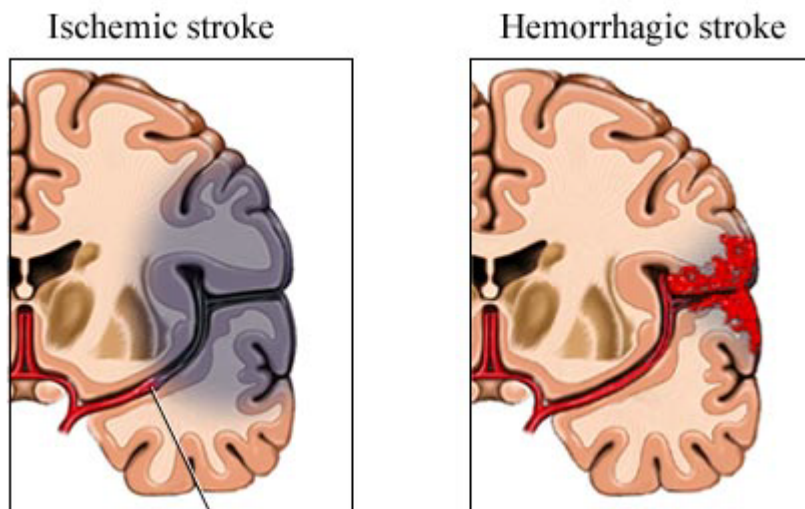
Czy u pacjentów występują zmiany w sile reakcji podłoża ze względu na fakt, że obciążenie nie jest normalnie podtrzymywane na operowanej nodze, czy tylko dlatego, że zmniejsza się prędkość?

Czy pacjenci po operacji mają większy nacisk na stopę, ponieważ normalnie podpierają nogę po stronie z wymianą stawu?

D.3 Jak interpretować raport z analizy instrumentalnej biomechaniki w przypadku patologii chodu?

III. Biomechaniczne zmiany chodu u osób po udarze mózgu

III. BIOMECHANICZNE ZMIANY CHODU U OSÓB PO UDARZE MÓZGU



Rysunek 1 - Rodzaje udaru mózgu. W udarze niedokrwiennym mózgu skrzep blokuje przepływ krwi do pewnego obszaru mózgu. W udarze krwotocznym krwawienie występuje wewnątrz lub wokół tkanki mózgowej. Obraz z www.braingait.com

- Udar mózgu jest główną przyczyną poważnej, długotrwałej niepełnosprawności.
- Dysfunkcja chodu występuje u ponad 80% osób, które przeżyły udar.
- 25% wszystkich osób po udarze ma resztkowe upośledzenie chodu.
- Upośledzenie chodu powoduje trudności w wykonywaniu czynności życia codziennego i poruszaniu się.

III. BIOMECHANICZNE ZMIANY CHODU U OSÓB PO UDARZE MÓZGU

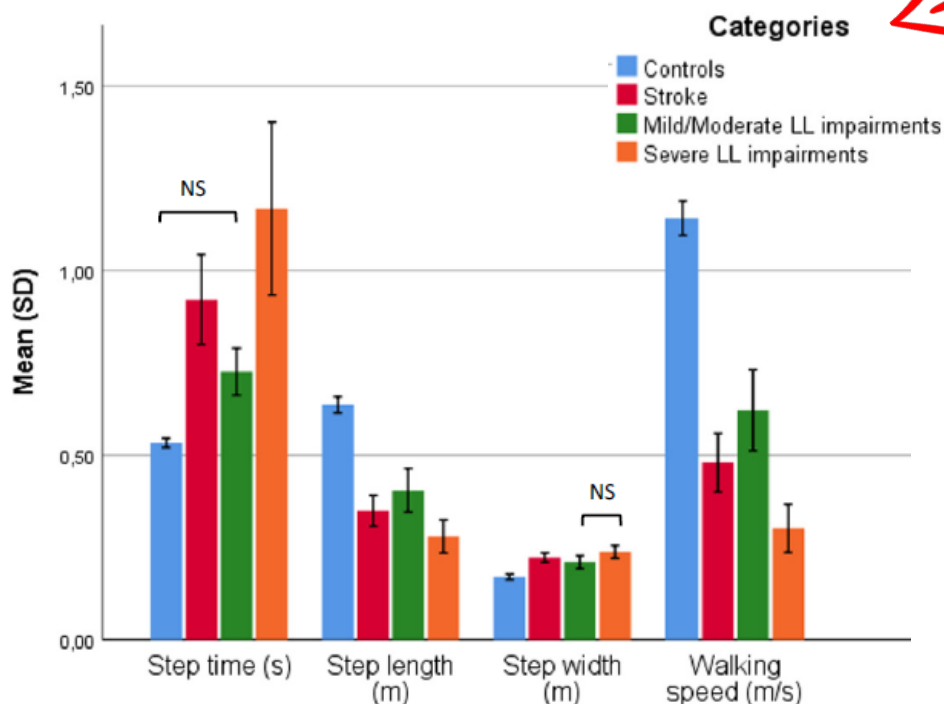
Parametry przestrzenno-czasowe

| Table 1: Parametry przestrzenno-czasowe | | |
|---|------------------------|--------|
| | Hemoplazja (n = 42) | Zdrowy |
| Prędkość (m.s-1) | 0.82 | 1.25 |
| Długość kroku Stride length (m) | 1.03 | 1.31 |
| Długość kroku Step length (m) | 0.52 | 0.65 |
| Szerokość kroku (s) | 19.3 | 15.2 |
| Kadencja (kroki/min) | 93.1 | 114.3 |
| Czas kroku (s) | 1.32 | 1.06 |
| Czas trwania fazy stania (%GC) | 59.8 | 60.4 |
| Czas trwania fazy wymachu (%GC) | 40.2 | 39.6 |
| Czas trwania podwójnego wsparcia (%GC) | 27.1 | 20.6 |

Tabela 1 - Średnia wartość parametrów przestrzenno-czasowych u pacjentów z przewlekłą hemoplacją (udar > 6 miesięcy) i zdrowych osób z grupy kontrolnej. Wyniki za Boudarham J. i wsp. 2013 r.

III. BIOMECHANICZNE ZMIANY CHODU U OSÓB PO UDARZE MÓZGU

Parametry przestrzenno-czasowe



Lower limb impairments.

| Strength | | | |
|--|--|----------|----------|
| 5 | Complete RoM, max resistance | Normal | |
| 4 | Complete RoM, min resistance | | |
| 3 | Complete RoM, against gravity | Moderate | |
| 2 | Complete RoM, no gravity | | |
| 1 | Palpable contraction | Severe | |
| 0 | No contraction | | |
| Tone | | | |
| 0 | No increase in resistance | Normal | |
| 1 | Slight increase, catch and release | Moderate | |
| 2 | Marked increase, easily moved | | |
| 3 | Considerable increase, difficult to move | Severe | |
| 4 | No movement possible | | |
| Mobility | | | |
| 0 | Total RoM | Normal | |
| 1 | Decrease of less than 1/2 of RoM | Moderate | |
| 2 | Decrease of more than 1/2 of RoM | Severe | |
| Lower limb impairments: total score of strength, tone and mobility | | | |
| | Normal | | Mild |
| | Normal | | |
| | Moderate | | |
| | Normal | | Moderate |
| | Moderate | | |
| | Moderate | | |
| Severe | Severe | Severe | Severe |
| Normal | Moderate | Normal | |
| Normal | Moderate | Moderate | |

Ryc. 2. Parametry przestrzenno-czasowe w odniesieniu do upośledzeń kończyn dolnych (na podstawie siły mięśniowej, napięcia mięśniowego i mobilności). Wyniki z Tamaya V.C. et al. 2020.

III. BIOMECHANICAL GAIT IMPAIRMENT AFTER STROKE

Parametry przestrzenno-czasowe

Zmniejszenie długości kroku i prędkości chodzenia.

Zwiększa się czas kroku.

Zmniejszenie fazy stania i wydłużenie fazy wymachu po stronie niedowładnej.

III. BIOMECHANICZNE ZMIANY CHODU U OSÓB PO UDARZE MÓZGU

Asymetria parametrów przestrzenno-czasowych

- Różnica pomiędzy bokami jest prostym sposobem na określenie symetrii, gdzie różnica 0 oznacza idealną symetrię.
- **Wartość surowa wskaźnika symetrii:** znak wartości wskazuje na kierunek asymetrii.
- **Wartości bezwzględne wskaźnika symetrii:** określają amplitudę asymetrii.
- **Współczynnik zmienności**

$$\frac{V_{paretic} - V_{nonparetic}}{0.5 (V_{paretic} + V_{nonparetic})} \times 100$$

$$\frac{\text{Standar desviation}}{\text{Average}}$$

III. BIOMECHANICAL GAIT IMPAIRMENT AFTER STROKE

Asymetria parametrów przestrzenno-czasowych

Tabela 2: Wskaźnik symetrii bezwzględnej wyników przestrzenno-czasowych

| Speed groups | Step length | | Stance time | | Swing time | | Double support | |
|--------------|-------------|----------|-------------|----------|------------|----------|----------------|----------|
| | Patients | Controls | Patients | Controls | Patients | Controls | Patients | Controls |
| 0.5–1.4 | 29.27 | 7.99 | 14.14 | 2.51 | 43.94 | 6.96 | 27.52 | 9.78 |
| 1.5–2.4 | 17.38 | 4.55 | 12.55 | 2.28 | 29.09 | 4.39 | 16.95 | 9.80 |
| 2.5–3.4 | 13.41 | 4.08 | 10.44 | 2.35 | 20.21 | 5.33 | 17.69 | 8.93 |
| 3.5–4.4 | 6.56 | 3.06 | 4.30 | 1.93 | 9.81 | 2.28 | 13.46 | 10.99 |
| 4.5–5.5 | 6.21 | 3.49 | 4.35 | 2.43 | 7.92 | 1.91 | 13.40 | 10.74 |

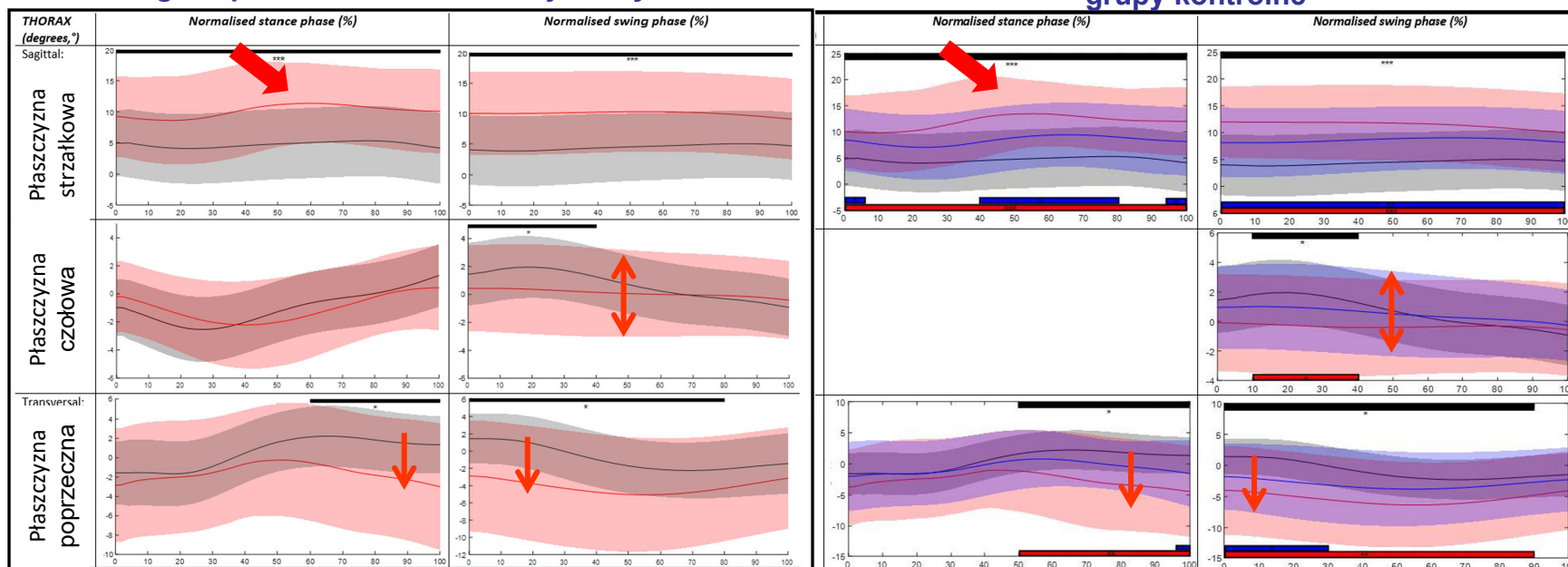
Tabela 2 - Wartość bezwzględna symetrycznego indeksu głównych parametrów przestrzenno-czasowych chodu u osób po udarze mózgu (n=130) i zdrowych osób z grupy kontrolnej (n=130). Wyniki za Wang Y. i wsp. 2019.

III. BIOMECHANICZNE ZMIANY CHODU U OSÓB PO UDARZE MÓZGU

Parametry kinematyczne: tułów

Udar mózgu w porównaniu do zdrowej osoby

Udar z ciężkim upośledzeniem, udar z lekkim/umiarkowanym upośledzeniem i zdrowe grupy kontrolne

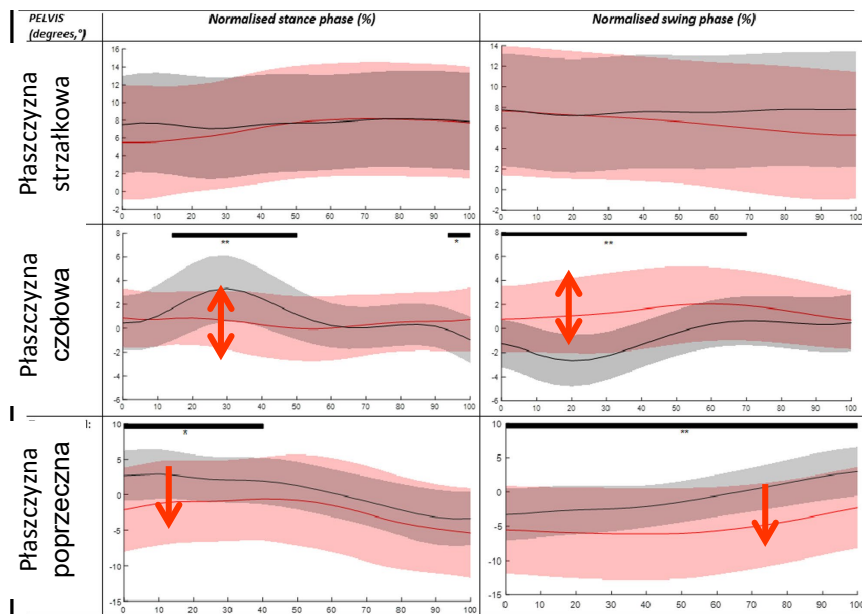


Rycina 3 - Średni kąt i odchylenia standardowe ruchu tułowia w płaszczyźnie strzałkowej, czołowej i poprzecznej. Linia czarna: kontrole, niebieska: udar łagodny/umiarkowane upośledzenie kończyn dolnych, czerwona: udar z ciężkim upośledzeniem kończyn dolnych. Wyniki na podstawie Tamaya V.C. et al. 2020.

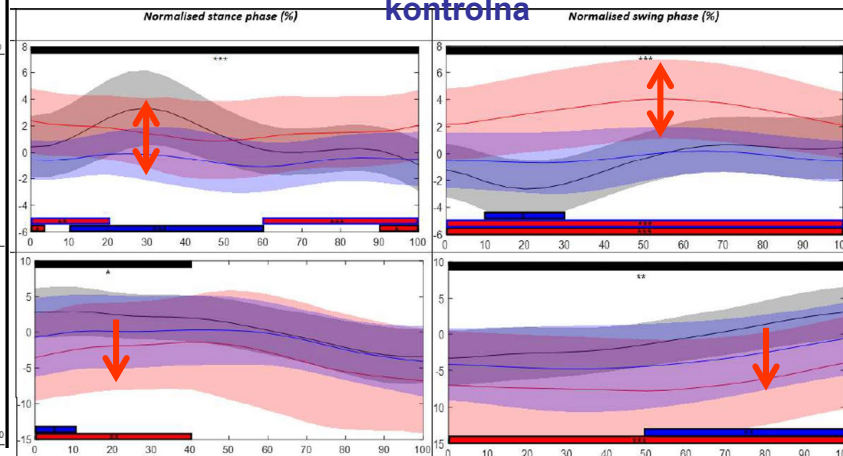
III. BIOMECHANICZNE ZMIANY CHODU U OSÓB PO UDARZE MÓZGU

Parametry kinematyki: miednica

Udar mózgu a zdrowe kontrole



Udar z ciężkimi zaburzeniami, udar z łagodnymi / umiarkowanymi zaburzeniami i zdrowa grupa kontrolna

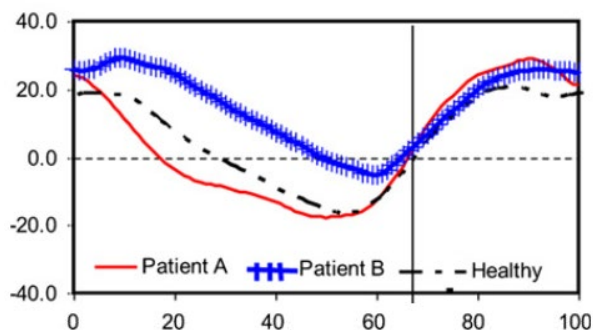


Rysunek 4 - Średni kąt i odchylenia standardowe ruchu miednicy w płaszczyźnie strzałkowej, czołowej i poprzecznej. Czarna linia: kontrola, niebieska: udar z łagodnym / umiarkowanym uszkodzeniem kończyn dolnych, czerwona: udar z ciężkim uszkodzeniem kończyn dolnych. Wyniki badania Tamaya V.C. et al. 2020.

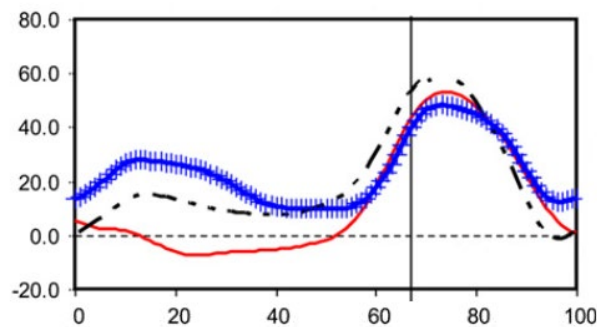
III. BIOMECHANICZNE ZMIANY CHODU U OSÓB PO UDARZE MÓZGU

Parametry kinematyczne: biodro, kolano i kostka

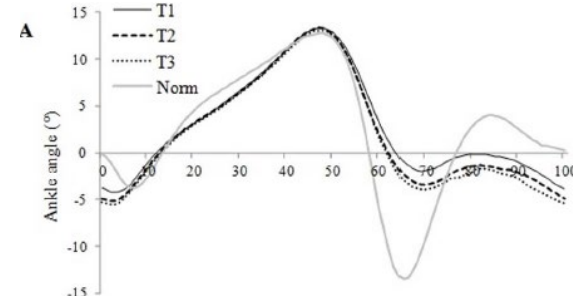
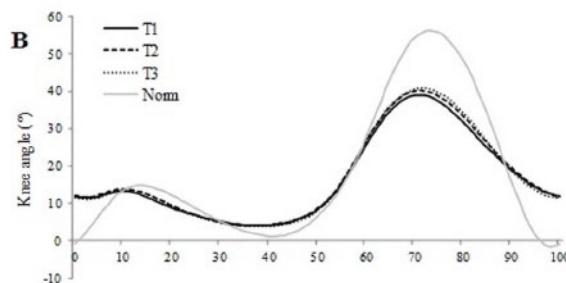
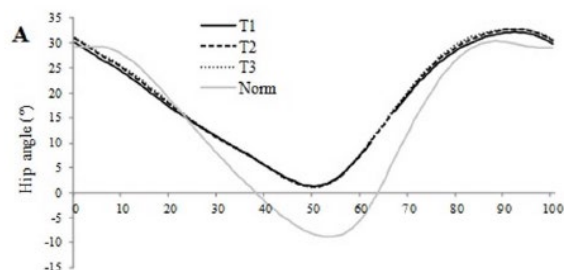
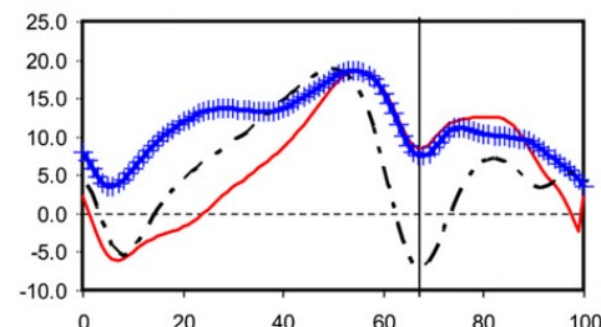
Zgięcie i wyprost biodra



Zgięcie kolana



Zgięcie i wyprost kostki

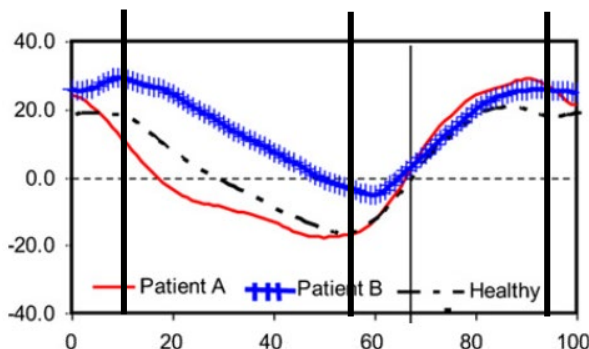


Rysunek 5 –Górne krzywe odpowiadają wynikom Nadeau S. et al. 2013. Niższe krzywe odpowiadają wynikom Boudarham J. et al. 2013.

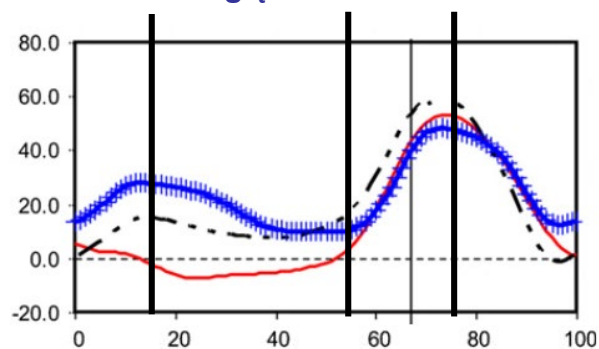
III. BIOMECHANICZNE ZMIANY CHODU U OSÓB PO UDARZE MÓZGU

Parametry kinematyczne: biodro, kolano i kostka

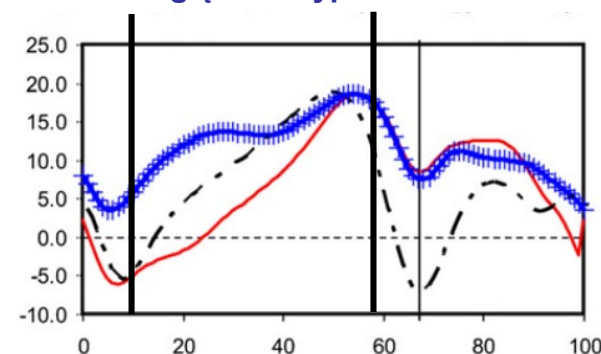
Zgięcie i wyprost biodra



Zgięcie kolana



Zgięcie i wyprost kostki



Zmniejszenie zgięcia
biodra

Zwiększenie zgięcia
biodra

Zwiększenie wyprost
biodra

Zwiększenie zgięcia
kolana

Nadmierny wyprost
kolan

Zmniejszenie zgięcia
kolana

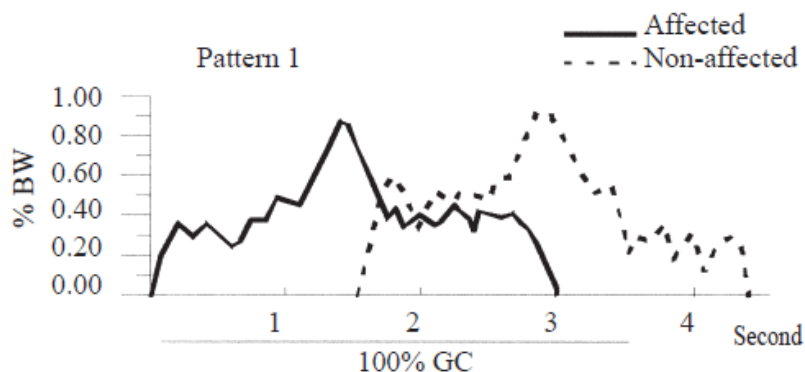
Zwiększenie zgięcia
podeszwowego

Brak zgięcia
podeszwowego

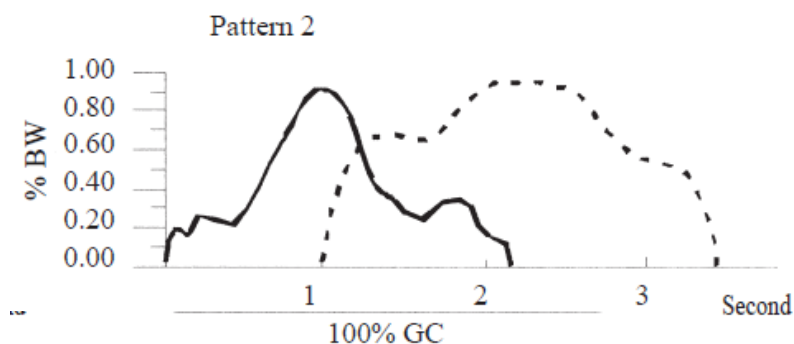
III. BIOMECHANICZNE ZMIANY CHODU U OSÓB PO UDARZE MÓZGU

Parametry kinetyczne: siła reakcji podłoża

Wzór I o nieregularnym kształcie



Wzór II z nieregularnym kształtem odwróconej litery V

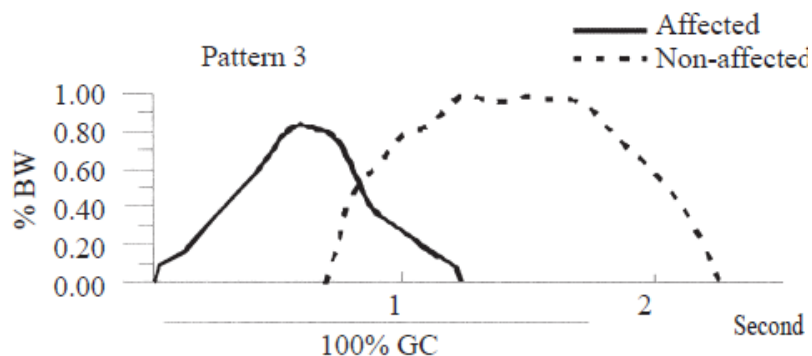


Rycina 6 - Pionowy wzorek siły reakcji podłoża u osób z jednostronnym niedowładem połowicznym spowodowanym udarem półkuli mózgu (średni czas od wystąpienia udaru wynosił 10,3 miesiąca). Wyniki za Chung-Yao Chen i wsp. 2007. Wzór I odpowiada krzywym o nieregularnym kształcie. Wzór II odpowiada krzywym o nieregularnym kształcie odwróconej litery V.

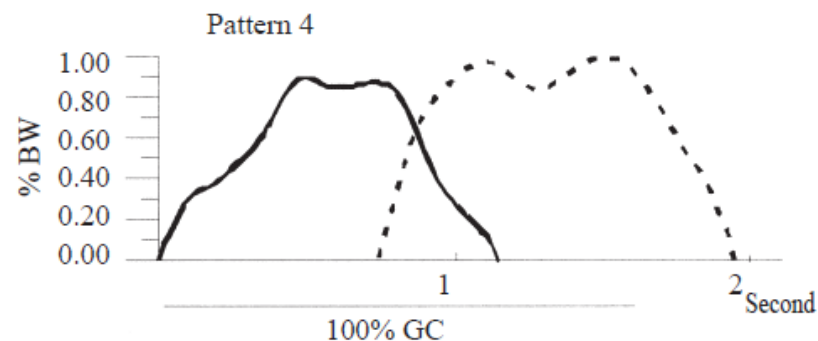
III. BIOMECHANICZNE ZMIANY CHODU U OSÓB PO UDARZE MÓZGU

Parametry kinetyczne: siła reakcji podłoża

Wzór III o kształcie odwróconej litery V lub odwróconej litery U



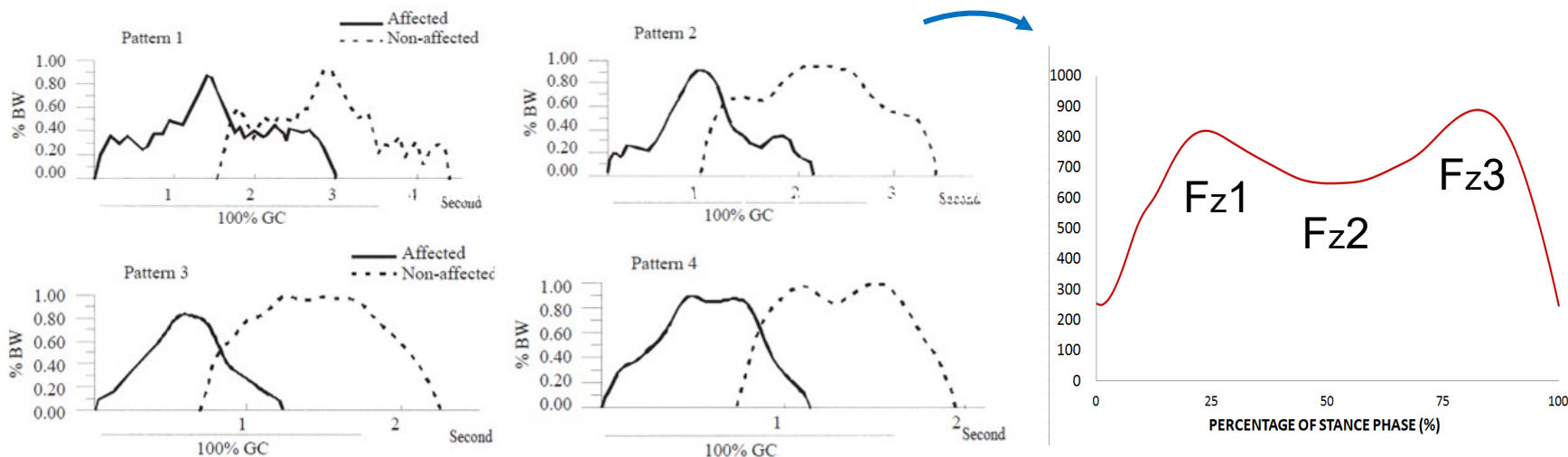
Wzór IV z bimodalnym kształtem litery M



Rycina 7 - Pionowy wzorzec siły reakcji podłoża u osób z jednostronnym niedowładem połowicznym spowodowanym udarem półkuli mózgu (średni czas od wystąpienia udaru wynosił 10,3 miesiąca). Wyniki za Chung-Yao Chen i wsp. 2007. Wzorzec III odpowiada krzywym o kształcie odwróconej litery V lub odwróconej litery U. Wzór IV odpowiada krzywym o bimodalnym kształcie M.

III. BIOMECHANICZNE ZMIANY CHODU U OSÓB PO UDARZE MÓZGU

Parametry kinetyczne: siła reakcji podłoża



U pacjentów po udarze mózgu nie występuje typowa morfologia sił reakcji podłoża na osi z podczas cyklu chodu.

Wielkość sił osiągniętych przez pacjentów również nie jest taka, jaką obserwuje się u zdrowego wzorca.

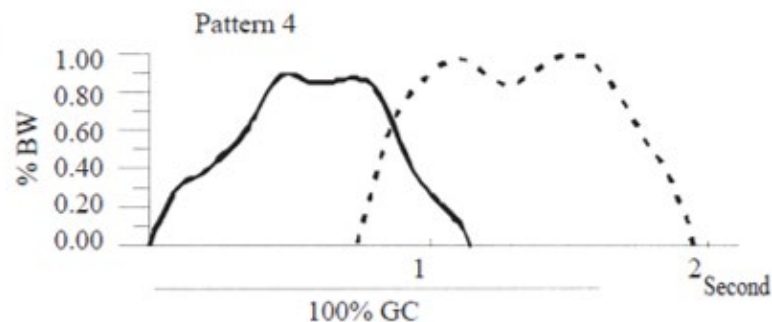
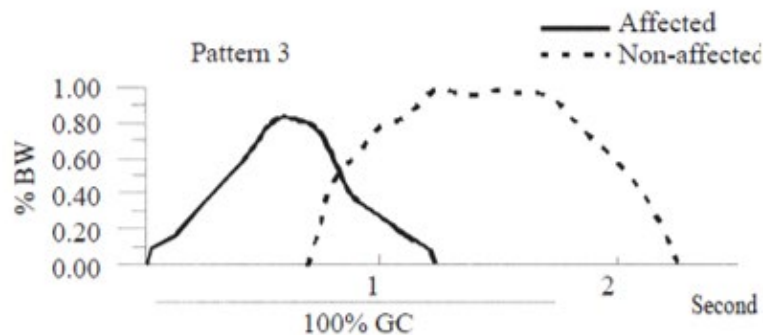
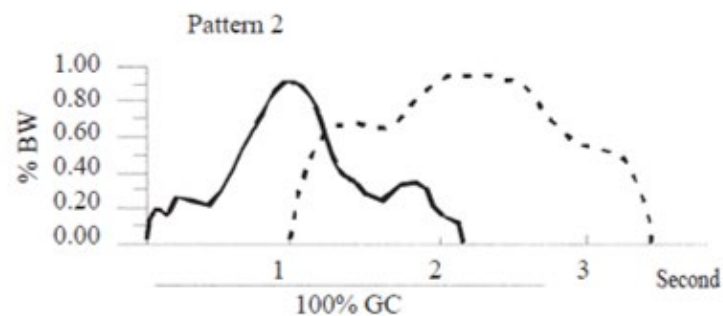
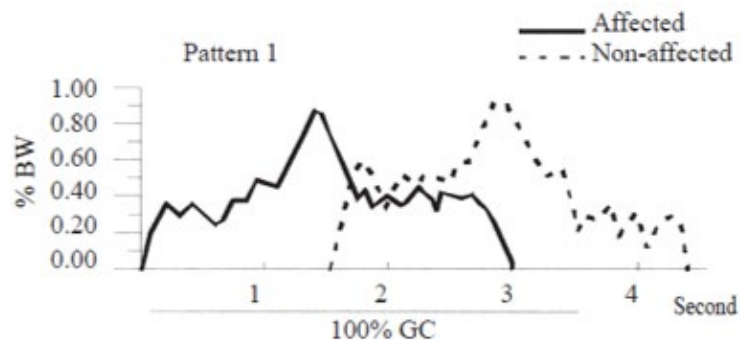
Fz 1: 1.2 siła/ masa ciała

Fz 2: 0.7 siła/ masa ciała

Fz 3: 1.2 siła/ masa ciała

III. BIOMECHANICZNE ZMIANY CHODU U OSÓB PO UDARZE MÓZGU

Parametry kinetyczne: siła reakcji podłoża



D.3 Jak interpretować raport z analizy instrumentalnej biomechaniki w przypadku patologii chodu? analysis' report in a case of gait pathology?

IV. Kluczowe idee

IV. KLUCZOWE IDEE

1. Kiedy analizujemy biomechaniczny profil chodu w patologii, porównujemy wyniki pacjentów z wynikami osób zdrowych, dopasowanych pod względem takich cech jak wzrost, płeć i waga. Z drugiej strony, możemy oprzeć to porównanie na wartościach normalności podawanych przez literaturę.
2. Interpretacja nieprawidłowego wzorca chodu opiera się na szeregu kryteriów, które musimy obserwować: zmierzone wartości średnie, morfologia krzywych danych zarejestrowanych w całym cyklu chodu, wartości szczytowe osiągnięte w kluczowych punktach.
3. W populacjach z patologią, badanie i analiza zapisu biomechanicznego będzie uwarunkowana stopniem ciężkości badanej patologii. Taka subklasyfikacja może obejmować analizę według zakresów prędkości chodu czy też analizę etapów pogorszenia stanu zdrowia.
4. Informacje biomechaniczne wspierają ocenę kliniczną i pomagają zrozumieć i zdefiniować wydajność chodu u pacjentów z różnymi patologiami, a tym samym pomagają pracownikom medycznym w podejmowaniu decyzji dotyczących leczenia.

D.3 Jak interpretować raport z analizy instrumentalnej biomechaniki w przypadku patologii chodu? analysis' report in a case of gait pathology?

V. Bibliografia



V. Bibliografia

Część 1

R. Rivas, G. Garavito, and J.A. Salazar. Ortopedia. 2016. [Image]. Available: <https://ciamhcg.com/ciam/2020/web/programa.php?modulo=23&leng=1>

A.J. Metcalfe, C.J. Stewart, N.J. Postans, P.R. Biggs, G.M. Whatling, C.A. Holt, and A.P. Roberts, “Abnormal loading and functional deficits are present in both limbs before and after unilateral knee arthroplasty”, *Gait & Posture*, vol. 55, pp. 109–115, June 2017.

A.M. Ewen, S. Stewart, A.S.C. Gibson, S.N. Kashyap, and N. Caplan, “Post-operative gait analysis in total hip replacement patients—A review of current literature and meta-analysis”, *Gait & Posture*, vol. 36, pp. 1–6, May 2012.

K. Hyodo, A. Kanamori, H. Kadone, T. Takahashi, M. Kajiwara, and M. Yamazaki, “Gait Analysis Comparing Kinematic, Kinetic, and Muscle Activation Data of Modern and Conventional Total Knee Arthroplasty”, *Arthroplasty Today*, vol. 6, no. 3, pp. 338-342, September 2020.

A. Agarwal, S. Miller, W. Hadden, L. Johnston, W. Wang, G. Arnold, and R.J. Abboud. “Comparison of gait kinematics in total and unicondylar knee replacement surgery”, *Annals of Royal College of Surgeons of England*, vol. 101, no.6, pp. 391–398, July 2019.

V. Bibliografia

Część 1

F. Temporiti, G. Zanotti, R. Furone, S. Molinari, M. Zago, M. Loppini, M. Galli, G. Grappiolo, and R. Gatti, “Gait analysis in patients after bilateral versus unilateral total hip arthroplasty”, *Gait & Posture*, vol. 72, pp. 46–50, July 2019.

H. De Vroey, F. Staes, E. Vereecke, J. Vanrenterghem, J. Deklerck, G. Van Damme, H. Hallez, and K. Claeys, “Lower extremity gait kinematics outcomes after knee replacement demonstrate arthroplasty-specific differences between unicondylar and total knee arthroplasty: A pilot study”, *Gait & Posture*, vol. 73, pp. 299–304, September 2019.

J. Li, A.B. McWilliams, Z. Jin, J. Fisher, M.H. Stone, A.C. Redmon, and T.D. Steward, “Unilateral total hip replacement patients with symptomatic leg length inequality have abnormal hip biomechanics during walking”, *Clinical Biomechanics*, vol. 30, no 5, pp. 513–519, Juny 2015.

A.M. Ewen, S. Stewart, A.S.C. Gibson, S.N. Kashyap, and N. Caplan, “Post-operative gait analysis in total hip replacement patients—A review of current literature and meta-analysis”, *Gait & Posture*, vol. 36, no 1, pp. 1–6, May 2012.

M.L. Beaulieu, M. Lamontagne, and P.E. Beaulé, “Lower limb biomechanics during gait do not return to normal following total hip arthroplasty”, *Gait & Posture*, vol. 32, no. 2, pp. 269–273, Juny 2010.

V. Bibliografia

Część 1

F. Esposito, M. Freddolini, M. Marcucci, Leonardo Latella, and Andrea Corvi, “Biomechanical analysis on total knee replacement patients during gait: Medial pivot or posterior stabilized design?” *Clinical Biomechanics*, vol. 78, no. 105068, August 2020.

I.Sentürk, U. Kanatli, B. Ataoglu, and E. Esen, “Gait analysis after total knee arthroplasty: comparison of pre and postoperative characteristics”, *Cukurova Medical Journal*, vol. 42, no. 1, pp. 92-96, March 2017.

J. Rahman, Q. Tang, M. Monda, J. Miles and I. McCarthy, “Gait assessment as a functional outcome measure in total knee arthroplasty: a cross-sectional study”, *BMC Musculoskeletal Disorders*, vol. 16, pp. 66, March 2015.

V. Bibliografia

Część 2

J. Boudarham, N. Roche, D. Pradon, C. Bonnyaud, D. Bensmail, and R. Zory, "Variations in Kinematics during Clinical Gait Analysis in Stroke Patients", PLoS One, vol. 8, no. 6, pp. e66421, Juny 2013.

V.C. Tamaya, S. Wim, N. Herssens, P. Van de Walle, D.H. Willem, T. Steven, and H. Ann, "Trunk biomechanics during walking after sub-acute stroke and its relation to lower limb impairments", Clinical Biomechanics, vol. 75, no. 105013, May 2020.

Y. Wang, M. Mukaino, Kei Ohtsukad, Y. Otaka, H. Tanikawa, F. Matsuda, K. Tsuchiyama, J. Yamada, and E. Saitoh, "Gait characteristics of post-stroke hemiparetic patients with different walking speeds", International journal of rehabilitation research, vol. 43, no. 1, pp.69-75, March 2020.

S. Nadeau, M. Betschart, and F. Bethoux, "Gait Analysis for Poststroke Rehabilitation. The Relevance of Biomechanical Analysis and the Impact of Gait Speed", Physical medicine and rehabilitation clinics of North America, vol. 24, no. 2, pp. 265-76, May 2013.

S. Li, G.E. Francisco and P. Zhou, "Post-stroke Hemiplegic Gait: New Perspective and Insights", Frontiers in physiology, vol. 2, no. 9, pp.1021, August 2018.

V. Bibliografia

Część 2

D.H. Lee, W.N. Chang, and H.J. Jeon, “Comparison of ground reaction force during gait between the nonparetic side in hemiparetic patients and the dominant side in healthy subjects”, *Journal of exercise rehabilitation*, vol. 16, no. 4, pp. 344-350, August 2020.

M. Wakida, K. Ohata, Y. Hashiguchi, K. Mori, K. Hase, and S. Yamada, “Immediate Effect on Ground Reaction Forces Induced by Step Training Based on Discrete Skill during Gait in Poststroke Individuals: A Pilot Study”, *Rehabilitation research and practice*, vol. 2020, no. 2397374, May 2020.

C.Y. Chen, P.W.H. Hong, C.L. Chen, S.H. Chou, C.Y. Wu, P.T. Cheng, F.T. Tang, and H.C. Chen, “Ground Reaction Force Patterns in Stroke Patients with Various Degrees of Motor Recovery Determined by Plantar Dynamic Analysis”, *Chang gung medical journal*, vol. 30, no. 1, pp. 62-72, January-February 2007.

S.J. Olney, and C. Richards, “Hemiparetic gait following stroke. Part I: Characteristics”, *Gait and posture*, vol. 4, no. 2, pp. 136-148, April 1996.

J.M. Belda, M.J. Vivas-Broseta, S. Mena del Horno, M.L. Sánchez-Sánchez, M. Matas, and E. Viosca, “Functional Data Analysis for Gait Analysis after Stroke”, in *International Conference on Neuro Rehabilitation*, January 2012.



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 jakiegokolwiek wykorzystanie informacji w niej zawartych.

